สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประมวลผลภาพมุมกว้างเพื่อการนับกระดาษลูกฟูก

PANORAMIC IMAGE PROCESSING FOR CORRUGATED BOARD COUNTING

T148236

ฐิติวัชร์ ศิริอมรรัตน์
THITIWAT SIRIAMORNRAT

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ลายพิมพ์.....
เลขทะเบียน 148236
วัน.เดือน.ปี 0 ต.ค. 2560
b.12879 ค
l.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559
KMITL-2016-EN-M-060-205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PANORAMIC IMAGE PROCESSING FOR CORRUGATED BOARD COUNTING

THITIWAT SIRIAMORNRAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-EN-M-060-205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKARABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประมวลผลภาพมุมกว้างเพื่อการนับกระดาษลูกฟูก
Thesis Title Panoramic Image Processing for Corrugated Board Counting
นักศึกษา นายฐิติวัชร์ ศิริอมรรัตน์
รหัสประจำตัว 55611711
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-060-205

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.ยุทธพงศ์	ทัพผดุง	
รศ.ดร.วิทยา	ทิพย์สุวรรณพร	
รศ.วิริยะ	กองรัตน์	
รศ.ดร.สุพรรณ	กุลพาณิชย์	
รศ.ดร.ทวีพล	ซื่อสัตย์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2559 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประมวลผลภาพมุมกว้างเพื่อการนับกระดาษลูกฟูก
นักศึกษา	นายฐิติวัชร์ ศิริอมรรัตน์
รหัสประจำตัว	55611711
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ทวีพล ชื่อสัตย์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประมวลผลภาพแบบมุมกว้างในการนับจำนวนกระดาษลูกฟูกสำหรับควบคุมคุณภาพในโรงงานผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก โดยอาศัยการถ่ายภาพด้านข้างในแนวดิ่งหลายภาพถ่ายต่อเนื่องกันจากกล้องแบบ USB แล้วนำภาพที่ได้มาประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม MATLAB โดยนำภาพมาเชื่อมต่อกันให้ได้ภาพมุมกว้างหรือพาโนรามา จากนั้นนำภาพที่ได้มาปรับปรุงภาพและทำการแยกส่วนของภาพให้เป็นภาพไบนารี่ ขั้นตอนสำคัญคือการนับจำนวน ในงานวิจัยนี้ใช้หลักการของสถิติในการเฉลี่ยค่าพิกเซลของภาพพาโนรามาไบนารี่ในแนวตั้ง ซึ่งในการทดลองมีการสร้างเงื่อนไขในการนับจำนวนโดยนับค่าความแตกต่างของค่าพิกเซลเฉลี่ย โดยค่าพิกเซล 0 คือ ช่องว่างระหว่างแผ่นกระดาษลูกฟูก และค่าพิกเซล 1 คือ แผ่นกระดาษลูกฟูก จากนั้นคำนวณผลลัพธ์ของจำนวนที่นับได้ โดยทดสอบจากกระดาษลูกฟูกลอน BC มีความหนา 6 มม. และลอน C มีความหนา 3.5 มม. จากผลการทดลองพบว่าการนับจำนวนได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง มีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 1% ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในการใช้งาน ดังนั้นระบบต้นแบบนี้จึงสามารถพัฒนาเป็นเครื่องนับกระดาษลูกฟูกแบบอัตโนมัติสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Panoramic image processing for corrugated board counting
Student	Mr. Thitiwat Siriamornrat
Student ID.	55611711
Degree	Master of Engineering
Program	Instrumentation Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Taweepol Suesut

ABSTRACT

This thesis presents panoramic image processing of the corrugated board counting technique for control quality in corrugated board factory. The USB camera was used to acquired multiple images in vertical direction then merge all images into a panorama image. The MATLAB image processing tools were applied to enhance the image and to segment into binary image. The counting method using the statistical analysis separates the layer of the card board by detecting the maximum changing edge of the corrugated board. The counting algorithms was performed by checking the pixel value of 1 as the layer of corrugated board and the pixel value of 0 as the gap between corrugated boards. And then the amount of board can be computed. In this experiment, corrugated board BC flute, with thickness of 6 mm. and C flute, with thickness of 3.5 mm. were used as the samples. The experiment result can be acceptable to use in industrial that the error less than 1%. Therefore, this prototype system could be benefit to design the automatic counting industrial as well.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมและบริษัทไทยคอนเทนเนอร์ (ทีซีซี) โรงงานปทุมธานี ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ในการศึกษา เจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมและบัณฑิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน

ขอกราบขอบพระคุณพ่อ แม่ และญาติพี่น้อง รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนช่วยเหลือในทุกด้านทั้งเรื่องการเรียน การเงิน และเรื่องส่วนตัวจนทำให้ผู้เขียนสามารถทำงานวิจัยได้ลุล่วง

สุดท้ายนี้คุณประโยชน์อันที่พึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านและขอให้ทุกท่านจงมีแต่ความสุขตลอดไป

ฐิติวัชร์ ศิริอมรรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การใช้เซนเซอร์นับจำนวนจากเครื่องผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก	4
2.2 การวัดความสูงจากตั้งกระดาษแล้วเฉลี่ยด้วยความสูงต่อแผ่น	5
2.3 การสร้าง template ตามจำนวนของกระดาษลูกฟูกแล้ววัดทีละชั้น	5
2.4 การประมวลผลภาพจากค่าความสูงของตั้งกระดาษผ่านกล้องถ่ายภาพ	6
2.5 การพัฒนาการใช้กล้อง Line scan	8
2.6 ระบบการวัดแบบแมชชีนวิชั่น	11
2.7 เปรียบเทียบระบบการนับจำนวนกระดาษลูกฟูกแบบต่างๆ	11
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	12
3.1 กระดาษลูกฟูกเกิดขึ้นได้อย่างไร	12
3.2 กระดาษลูกฟูก (Corrugated Board)	16
3.3 การประมวลผลภาพ (Image Processing)	17
3.4 ความรู้เบื้องต้นทางสถิติ	22
3.5 ภาพพาโนรามา (Panorama Image)	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การออกแบบการศึกษาวิจัยการอ่านภาพด้วยความเข้มแสงที่มีผลต่อการประมวลผลการนับกระดาษลูกฟูก 27
4.1 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 27
4.2 ส่วนประกอบของระบบในการทดลอง 28
4.3 หลักการทางสถิติที่ใช้ในการทดลอง 28
4.4 การออกแบบติดตั้งการทดลอง 30
4.5 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ 31
4.6 ไดอะแกรมขั้นตอนการประมวลผลภาพ 33
4.7 อัลกอริทึมวิธีการนับจำนวนกระดาษลูกฟูก 33

บทที่ 5 การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 40
5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 40
5.2 วัตถุที่ใช้ในการทดสอบ 42
5.3 ผลการทดลองและวิจารณ์ 42
5.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง 51

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 52
6.1 สรุปผลการวิจัย 52
6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อ 52

เอกสารอ้างอิง 53
ภาคผนวก ก ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์ 55
ภาคผนวก ข SOURCE CODE โปรแกรม MATLAB ที่ใช้ในการทดลอง 62
ประวัติผู้เขียน 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 รูปแบบและขนาดความหนาของกระดาษลูกฟูก..... 14

5.1 การทดลองแสดงค่าขีดแบ่งของกระดาษลูกฟูกลอน C..... 42

5.2 การทดลองแสดงค่าระยะห่างของกระดาษลูกฟูกกับกล้องของกระดาษลูกฟูกลอน C..... 43

5.3 การทดลองแสดงค่าขีดแบ่งของกระดาษลูกฟูกลอน BC..... 44

5.4 การทดลองแสดงค่าระยะห่างของกระดาษลูกฟูกกับกล้องของกระดาษลูกฟูกลอน BC..... 45

5.5 ผลการทดลองการนับจำนวนตัวอย่างกระดาษลูกฟูก ลอน C..... 46

5.6 ผลการทดลองการนับจำนวนตัวอย่างกระดาษลูกฟูก ลอน BC..... 48

5.7 ผลการทดลองการนับจำนวนตัวอย่างกระดาษลูกฟูกลอน C โดยภาพพาโนรามา..... 49

5.8 ผลการทดลองการนับจำนวนตัวอย่างกระดาษลูกฟูกลอน BC โดยภาพพาโนรามา..... 50

5.9 สรุปค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองอัลกอริทึมการทดลองลอน C และ BC ด้านตัด (Cut-off)..... 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 กระดาษลูกฟูกแบบสามชั้น (Single wall)	1
1.2 กระดาษลูกฟูกแบบห้าชั้น (Double wall)	1
2.1 ภาพจำลองการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกขณะผลิต	4
2.2 รูปจำลองตั้งกระดาษและการนับแบบวัดความสูง	5
2.3 รูปจำลองตั้งกระดาษและการนับแบบ template	5
2.4 การออกแบบการประมวลผลภาพ	6
2.5 การรับภาพในส่วนของภาพรวมและรายละเอียด	6
(ก) ภาพโดยรวม	
(ข) ส่วนของภาพละเอียด	
2.6 อัลกอริทึมขั้นแรกในการรับภาพ	7
(ก) ภาพระบบสีเทา	
(ข) Gaussian Filter	
(ค) ภาพระบบขาวดำ	
2.7 Absolute value of the filtered Fourier transform	7
2.8 Vector of number of sheets divided in stacks	8
2.9 ภาพประกอบการทดลองการหาจำนวนกระดาษลูกฟูกแบบ Blob Analysis	8
2.10 ชุดทดสอบระบบตรวจสอบอัตโนมัติกับกล้อง Line Scan แบบเวลาจริง	9
2.11 อัลกอริทึมที่ใช้ทดสอบ	9
2.12 ภาพด้านรอยตัดก่อนและหลังการจัดแสง	9
2.13 การหาขอบโดยอนุพันธ์อันดับหนึ่ง	10
2.14 ตัวอย่างผลการทดสอบการหาจำนวนกระดาษลูกฟูกด้าน Slitter	10
2.15 เครื่องนับกระดาษลูกฟูกบริษัท Opsigal	11
3.1 ลักษณะของโรงงานผลิตกระดาษลูกฟูก	12
3.2 เครื่องจักรผลิตกระดาษลูกฟูก	13
3.3 กระดาษม้วนที่ใช้ในการผลิต	13
3.4 ขั้นตอนการใส่กระดาษม้วนเพื่อผลิตกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว	14
3.5 รูปสาธิตการทำกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว	14
3.6 การตัดแบบด้านตามลอนหรือด้าน Slitter	15
3.7 การตัดแบบด้านหน้าตัดลอนหรือด้าน Cut-off	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 กระดาษลูกฟูกที่เรียงซ้อนกันเป็นตั้ง	15
3.9 ลักษณะของกระดาษลูกฟูก	16
3.10 ตัวอย่างภาพดิจิตอล	20
3.11 ตัวอย่างภาพขาวดำจากลอนกระดาษลูกฟูก	21
3.12 ตัวอย่างภาพระดับสีเทาจากลอนกระดาษลูกฟูก	21
3.13 ลักษณะการถ่ายภาพพาโนรามา	25
3.14 ภาพกระดาษลูกฟูกแบบพาโนรามา	26
4.1 แสดงขั้นตอนของระบบการตรวจสอบจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก	27
4.2 กล้องรุ่น Microsoft® Life Cam VX-2000 High-speed USB compatible with the USB 2.0	28
4.3 ค่าพิกเซลจากภาพขาวดำ	29
4.4 กราฟจากพล็อตค่าพิกเซลของภาพไบนารี่	29
4.5 ภาพจำลองการทดลองที่ใช้ในการนับแผ่นกระดาษลูกฟูก	30
4.6 ภาพการทดลองที่ใช้ในการนับแผ่นกระดาษลูกฟูก	30
4.7 โปรแกรม MATLAB GUI ที่ใช้ในการทดลองนับกระดาษลูกฟูกแบบเวลาจริง (Real time)	31
4.8 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลภาพและนับจำนวนลอน BC แบบเวลาจริง (Real time)	31
4.9 โปรแกรม MATLAB GUI ที่ใช้ในการทดลองนับกระดาษลูกฟูกแบบชั่วขณะ (Non-real time)	32
4.10 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลภาพและนับจำนวนลอน C แบบเวลาชั่วขณะ (Non-Real time)	32
4.11 ไดอะแกรมแสดงกระบวนการทำงานตั้งแต่การรับภาพจากกล้องจนถึงกระบวนการนับ	33
4.12 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ	34
(ก) แสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ	
(ข) แสดงภาพที่ได้จากขั้นตอนต่าง ๆ	
4.13 ขั้นตอนการรับภาพจากกล้องเวบแคมผ่านโปรแกรม MATLAB	35
4.14 ขั้นตอนการทำภาพเป็นแบบพาโนรามา	35
4.15 กระบวนการปรับปรุงภาพผ่านโปรแกรม MATLAB	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 ภาพกระดาษลูกฟูกหลังจากปรับปรุงภาพ	36
(ก) ภาพระดับสีเทา Gray Scale	
(ข) ภาพระดับสีเทาและระบบขาวดำ Binary ที่ ROI แล้ว	
4.17 ตัวอย่างของกราฟค่าพิกเซลที่ได้จากภาพตัวอย่างแบบ Binary	37
4.18 ตัวอย่างของกราฟค่าพิกเซลที่ได้จากภาพตัวอย่างแบบ Binary เทียบกับภาพ Binary	37
4.19 ตัวอย่างของโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน C	38
4.20 ตัวอย่างของโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน BC	39
5.1 กล้องรุ่น Microsoft® Life Cam VX-2000 High-speed USB compatible with the USB 2.0	40
5.2 การทดลองระบบการนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกแบบใช้กล้อง USB	41
5.3 การทดลองระบบการนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกแบบใช้กล้อง USB และกล้องจากไอโฟน 5	41
5.4 กระดาษลูกฟูกลอน C และลอน BC ตามลำดับ	42
5.5 ตัวอย่างการทดลองกระดาษลอน C แบบด้านลอน	43
5.6 กราฟแสดงค่าพิกเซลของภาพไบนารี่กระดาษลอน C	44
5.7 ตัวอย่างการทดลองกระดาษลอน BC แบบด้านลอน	45
5.8 กราฟแสดงค่าพิกเซลของภาพไบนารี่กระดาษลอน BC	46
5.9 ตัวอย่างการนับกระดาษลูกฟูกโดนการใช้โปรแกรม MATLAB กับฟังชั่นก์ GUI	47
5.10 แสดงกราฟค่าความผิดพลาดจากการนับแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน C	47
5.11 ตัวอย่างการนับกระดาษลูกฟูกโดนการใช้โปรแกรม MATLAB กับฟังชั่นก์ GUI	48
5.12 แสดงกราฟค่าความผิดพลาดจากการนับแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน BC	49
5.13 การทดลองนับกระดาษลูกฟูกลอน C แบบพาโนรามาจากกล้องไอโฟน 5	50
5.14 การทดลองนับกระดาษลูกฟูกลอน BC แบบพาโนรามาจากกล้องไอโฟน 5	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

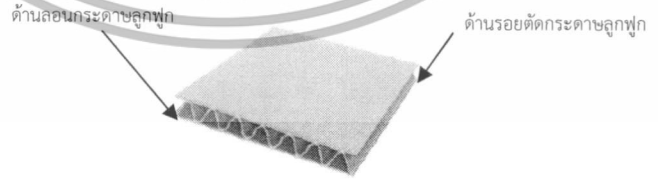
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

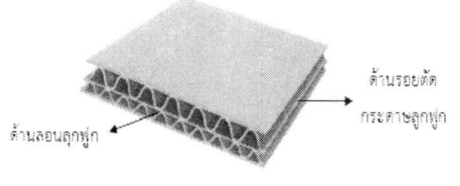
ในโรงงานผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก การผลิตกระดาษลูกฟูกออกมาตามจำนวนที่ต้องการเป็นสิ่งที่ควบคุมได้ค่อนข้างยากอาจเนื่องมาจากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น จากแผ่นกระดาษที่เสียหายแล้วมีพนักงานท้ายไลน์ดึงออก เกิดจากความผิดปกติของเครื่องผลิตที่ผิดพลาด หรือแม้กระทั่งการวางแผนการผลิตที่ผิดพลาด ฉะนั้นการตรวจสอบจำนวนของแผ่นกระดาษลูกฟูกที่ถูกต้องตามจำนวนที่ลูกค้าหรือกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไปจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะถ้าเกิดความผิดพลาดของจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกก็อาจจะทำให้ลูกค้าขาดความเชื่อถือในด้านการผลิตที่ขาดมาตรฐานและอาจเกิดความสูญเสียด้านอื่นๆในการผลิต เช่น ต้องมีการผลิตซ้ำซ้อนถ้ากรณีแผ่นกระดาษไม่ครบตามจำนวนทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน เวลา และต้นทุนการผลิต สำหรับลักษณะของแผ่นกระดาษลูกฟูกจะมีสองด้านที่จะนำมาใช้ในการนับจำนวน ด้านแรก คือ ด้านลอนกระดาษลูกฟูกและอีกด้านเป็นด้านรอยตัดของกระดาษตามขนาดที่ต้องการ ตามตัวอย่างดังรูปที่ 1

การตรวจสอบจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกมีด้วยกันหลายวิธีที่ถูกนำมาใช้ในโรงงาน เช่น การชั่งน้ำหนัก พบว่ามีความผิดพลาดสูงเนื่องจากส่วนประกอบของกระดาษมีการเปลี่ยนแปลงสูงทำให้น้ำหนักผิดเพี้ยนสูง ส่วนอีกวิธีเป็นการตรวจนับโดยการใช้ความสูงของตั้งกระดาษ ด้วยเครื่องมือการวัดหลายประเภท ทั้งตลับเมตร เซนเซอร์ แต่ก็ยังมีความผิดพลาดที่ยังยอมรับไม่ได้อยู่

ดังนั้นการตรวจนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกจึงเป็นการตรวจสอบด้านคุณภาพที่สำคัญด้านหนึ่งที่ทางแผนกควบคุมคุณภาพต้องตระหนักเพื่อให้เกิดความพึงพอใจกับลูกค้า และสร้างความเชื่อถือของบริษัทอย่างไรก็ตามการเข้มงวดตามความต้องการในเรื่องคุณภาพและปริมาณของลูกค้าก็เป็นสิ่งที่รับประกันในด้านบริการอีกด้วย ลักษณะของกระดาษลูกฟูก ดังนี้



รูปที่ 1.1 กระดาษลูกฟูกแบบสามชั้น (Single wall) [1]



รูปที่ 1.2 กระดาษลูกฟูกแบบห้าชั้น (Double wall) [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือในการตรวจสอบจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกที่สามารถใช้งานได้จริง โดยมีความถูกต้องที่สูง ความผิดพลาดน้อย และสามารถใช้งานได้ง่าย โดยใช้หลักการของการประมวลผลด้วยภาพถ่าย ทั้งนี้ยังรวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่น้อยลงด้วย

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การศึกษาการนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก เพื่อจะออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมด้านคุณภาพของโรงงานผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก ดังนั้นจึงต้องศึกษากระบวนการผลิตและลักษณะด้านกายภาพของแผ่นกระดาษลูกฟูกเพื่อสามารถนำไปใช้ในการทดลอง ส่วนประกอบที่สำคัญของการทดลองมีกล้อง USB ที่สามารถหาได้ทั่วไปนำติดตั้งที่ชุดทดลอง ปรับตำแหน่งของแต่ละกล้องให้อยู่ในตำแหน่งที่ภาพแต่ละภาพต่อกันได้พอดี เพื่อให้ภาพนั้นออกมาเป็นภาพแบบพาโนรามา ในการประมวลผลทั้งภาพและจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก จะใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งการคำนวณจำนวนแผ่นกระดาษนั้นจะใช้หลักการทางสถิติในการคำนวณ

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.4.1 สามารถประดิษฐ์เครื่องมือพิเศษที่ใช้ในการวัดจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก เพื่อเพิ่มความเชื่อถือในด้านคุณภาพของจำนวนผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก

1.4.2 ลดเปอร์เซ็นของเสียและของคืน เพื่อเพิ่มเปอร์เซ็นผลผลิตของบริษัท

1.4.3 ลดพลังงานและค่าใช้จ่ายในการผลิตกระดาษซ้ำ

1.4.4 เพื่อปฏิบัติตาม KPI ของบริษัทในการเพื่อประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษางานวิจัยนี้เพื่อหาวิธีการและเครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพด้านจำนวนของการผลิตของโรงงานผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก โดยจะมีลักษณะของกระดาษลูกฟูกอยู่ 2 แบบ ดังนี้

1.5.1 กระดาษลูกฟูกแบบ 3 ชั้น ลอน C เกรดกระดาษ KI125/CS110/KI125 มีความหนาที่ 3.5 มม. ดังแสดงในรูปที่ 1.1

1.5.2 กระดาษลูกฟูกแบบ 5 ชั้น BC เกรดกระดาษ KT125/3CS110/CA125 มีความหนาที่ 6 มม .ดังแสดงในรูปที่ 1.2

ซึ่งในการศึกษางานวิจัยนี้จะทดลองที่กลุ่มตัวอย่างของกระดาษลูกฟูกที่ระบุดังกล่าว และมีการควบคุมการทดลองด้วยแหล่งกำเนิดแสงที่806ลูเมน ทิศทางแสงส่องจากด้านบนกับกลุ่มตัวอย่าง โดยสภาพแวดล้อมต้องไม่มีสิ่งรบกวนใดๆ ในบริเวณการถ่ายภาพ เพื่อให้ได้ความถูกต้องแม่นยำและค่าความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกัน มีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการวิจัย และรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการนับจำนวนกระดาษลูกฟูกที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและจากงานวิจัยทั้งไทยและต่างประเทศ

บทที่ 3 กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนการผลิตกระดาษลูกฟูก การเก็บข้อมูลภาพ หลักการทางสถิติที่นำมาใช้ในงานวิจัย รวมถึงหลักการพาโนรามา

บทที่ 4 กล่าวถึงการออกแบบการศึกษาวิจัยการอ่านภาพด้วยความเข้มแสงที่มีผลต่อการประมวลผลการนับกระดาษลูกฟูก ขั้นตอนทดลองเพื่อวัด

บทที่ 5 กล่าวถึงขั้นตอนของการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง การนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก โดยใช้กล้องถ่ายภาพแบบ USB และกล้องจากโทรศัพท์มือถือ รวมถึงรายละเอียดในการคำนวณและวัดผล โดยใช้โปรแกรม MATLAB 7.14 R2012a

บทที่ 6 กล่าวถึงบทสรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะและแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

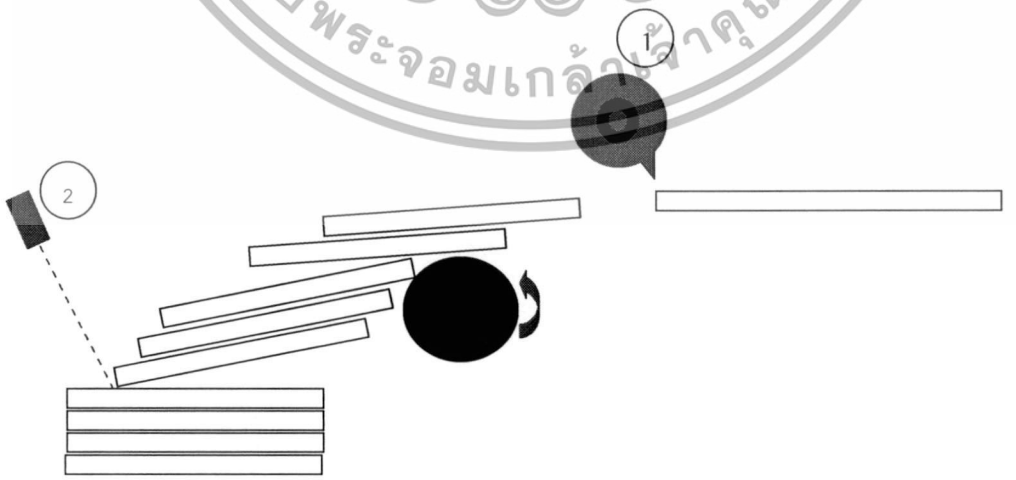
เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการวัดค่าจำนวนกระดาษลูกฟูก ที่ใช้จริงในโรงงานอุตสาหกรรมปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะใช้วิธีที่ง่ายและไม่เสียค่าใช้จ่าย แต่ยังไม่เกิดความแม่นยำเพียงพอและยังเสียค่าใช้จ่ายในด้านการผลิตอื่นที่มาจากผลของการนับจำนวนกระดาษที่ผิดพลาด

วิธีการที่แตกต่างของการนับจำนวนกระดาษลูกฟูกเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด จึงมีวิธีที่ตามที่ได้ศึกษามา ดังนี้

1 การใช้เซนเซอร์นับจำนวนจากเครื่องผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก
2 การวัดความสูงจากตั้งกระดาษแล้วเฉลี่ยด้วยความสูงต่อแผ่น
3 การสร้าง template ตามจำนวนของกระดาษลูกฟูก แล้ววัดทีละขั้น
4 การประมวลผลภาพจากค่าความสูงของตั้งกระดาษ
5 การใช้เครื่องมือทางอิเล็คทรอนิคส์จากต่างประเทศ โดยใช้กล้องแบบ Line scan
6 การพัฒนาการใช้กล้อง Line scan กับการพัฒนาของนักศึกษาไทย

2.1 การใช้เซนเซอร์นับจำนวนจากเครื่องผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก

ระบบนี้เป็นการพัฒนาเพิ่มเติมจากเครื่องผลิต โดยติดตั้งเซนเซอร์และเอ็นโคดเดอร์เพื่อนับจำนวนไว้สองจุด คือ จากใบมีดตัดแผ่นกระดาษเพื่อให้เป็นแผ่นกระดาษลูกฟูกและติดตั้งไว้ที่จุดจัดเรียงแผ่นกระดาษ ให้นับจำนวนในขณะที่แผ่นกระดาษกำลังจะเรียงตัวกันเป็นชั้นๆ จากนั้นใช้ตัวเลขจาก2จุดมานับจำนวนและแสดงผลในโปรแกรม PLC



รูปที่ 2.1 ภาพจำลองการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกขณะผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การวัดความสูงจากตั้งกระดาษแล้วเฉลี่ยด้วยความสูงต่อแผ่น

ระบบนี้เป็นการวัดความสูงทั้งหมดของตั้งกระดาษที่ออกมาจากเครื่องจักรผลิต แล้วใช้พื้นที่บนรางลูกกลิ้งเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการนับจำนวน โดยมีพนักงานใช้ตลับเมตรวัดความสูงของตั้งกระดาษและวัดความหนาของแผ่นกระดาษ 1 แผ่น จากนั้นนำความสูงทั้งหมดหารค่าของความหนาของแผ่นกระดาษ จะได้จำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกทั้งหมด

จะได้สมการว่า

$$CB = \frac{H}{t} \qquad (2.1)$$

เมื่อกำหนดให้

CB = จำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก

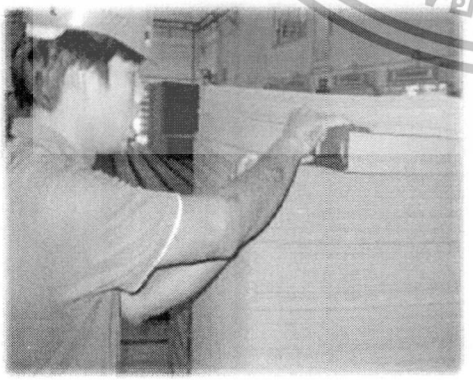
H = ค่าความสูงทั้งหมดของตั้งกระดาษ

t = ค่าความหนาของแผ่นกระดาษหนึ่งแผ่นซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดลอน

รูปที่ 2.2 รูปจำลองตั้งกระดาษและการนับแบบวัดความสูง

2.3 การสร้าง template ตามจำนวนของกระดาษลูกฟูก แล้ววัดทีละชั้น

การวัดในลักษณะนี้เป็นการวัดแบบใช้เทมเพลทที่ผลิตขึ้นมาตามชนิดของลอนกระดาษลูกฟูกแล้วนำมาทาบกับตั้งกระดาษเพื่อเช็คจำนวนทั้งหมดของตั้งกระดาษ



จะได้สมการว่า

ลอน C

$$CB = 20 \times templatecount \qquad (2.2)$$

ลอน BC

$$CB = 10 \times templatecount \qquad (2.3)$$

เมื่อกำหนดให้

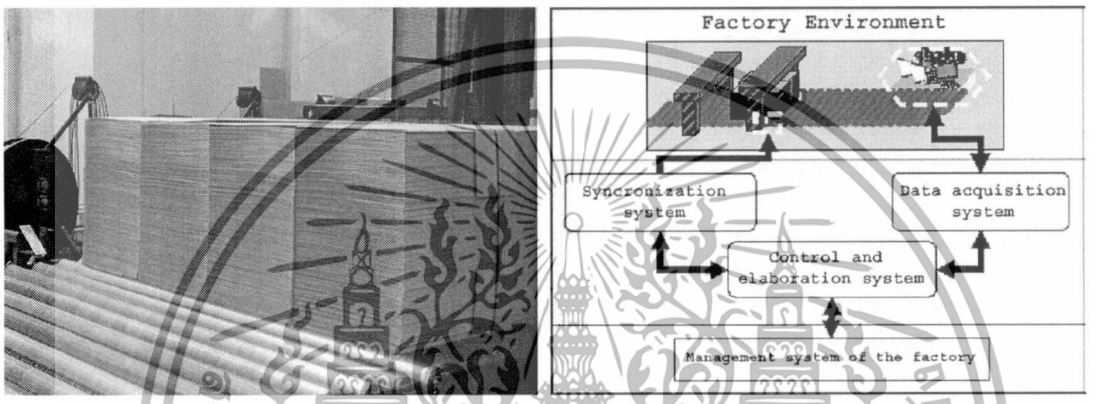
CB = จำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก

รูปที่ 2.3 รูปจำลองตั้งกระดาษและการนับแบบ template [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การประมวลผลภาพจากค่าความสูงของตั้งกระดาษผ่านกล้องถ่ายภาพ

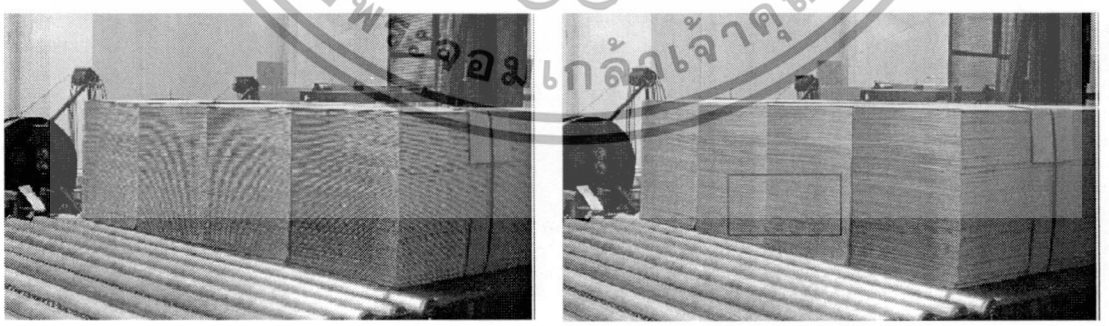
งานวิจัยนี้ Aldo Balestrino และคณะ[2] ได้ร่วมกันออกแบบและคิดค้นระบบนับจำนวนกระดาษลูกฟูกในโรงงานผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก โดยใช้กล้องถ่ายจับภาพ ณ ตำแหน่งหน้างานเพื่อนับจำนวน โดยระบบนี้ถูกออกแบบเป็น 3 ส่วนหลักด้วยกัน คือ 1) ระบบรับภาพจากกล้องในแบบอุตสาหกรรม 2 กล้อง ซึ่งกล้องแรกจะรับภาพโดยรวมและอีกกล้องจะรับภาพในรายละเอียด ของตั้งกระดาษลูกฟูก 2) การสื่อสารเชื่อมต่อการรับภาพไปสู่ระบบการนับจำนวน รวมถึงระบบเซนเซอร์เพื่อตรวจสอบตั้งกระดาษมาถึงจุดตรวจวัด 3) ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลการนับจำนวน



(ก) ตั้งกระดาษลูกฟูก (ข) วงจรอุปกรณ์การประมวลผล

รูปที่ 2.4 การออกแบบการประมวลผลภาพ [2]

การรับภาพของการทดลองจะถ่ายภาพรวมของระบบ และกล้องที่สองจะถ่ายในส่วนของรายละเอียดบางส่วน

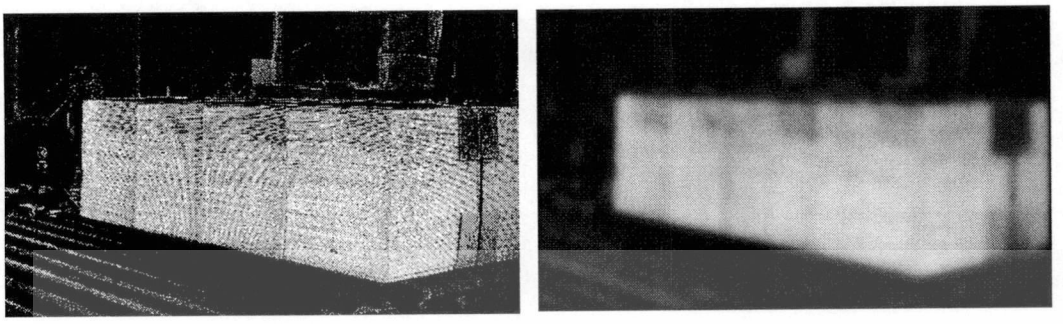


(ก) ภาพโดยรวม (ข) ส่วนของภาพละเอียด

รูปที่ 2.5 การรับภาพในส่วนของภาพรวมและรายละเอียด [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการประมวลผลนั้นจะรับภาพและแปลงภาพเป็นระบบสีเทาและปรับภาพฟิลเตอร์โดยทฤษฎี Gaussian และมีการปรับสมูทภาพโดยค่าเส้นแบ่งแล้วแปลงภาพเป็นภาพระบบขาวดำ

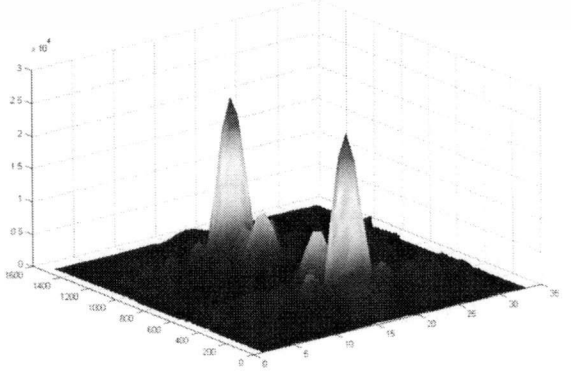


(ก) ภาพระบบสีเทา (ข) Gaussian Filter

(ค) ภาพระบบขาวดำ

รูปที่ 2.6 อัลกอริทึมขั้นแรกในการรับภาพ [2]

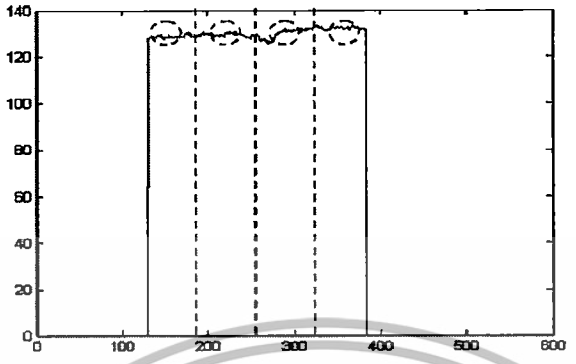
ในส่วนการรับภาพแบบละเอียดจะใช้หลักการ Fourier transforms มาคำนวณค่าพิกเซลของกระดาษลูกฟูกแผ่นเดียว โดยค่าที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ 4 พิกเซล แต่กระดาษลูกฟูกในภาพละเอียดนั้นจะแทนด้วยค่าพิกเซลที่ 30 พิกเซล โดยความถี่ที่น้อยกว่า f = IVS/h [2] (h แทนความสูงของกระดาษลูกฟูก และ IVS คือภาพรายละเอียดในแนวตั้ง ซึ่งค่าทั้งสองจะถูกวัดในค่าจำนวนพิกเซล) จะถูกกำจัดออก ค่าความถี่จะพบที่ค่า Absolute ที่สูงสุดก็คือกระดาษลูกฟูก



รูปที่ 2.7 Absolute value of the filtered Fourier transform [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้ในวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการนับจำนวนกระดาษลูกฟูกจะใช้ประมาณความสูงของตั้งกระดาษที่ได้จากภาพที่ปรับปรุงแล้วหารด้วยค่าประมาณของความหนากระดาษลูกฟูก 1 แผ่นที่ได้จาก อัลกอริทึมขั้นที่สอง



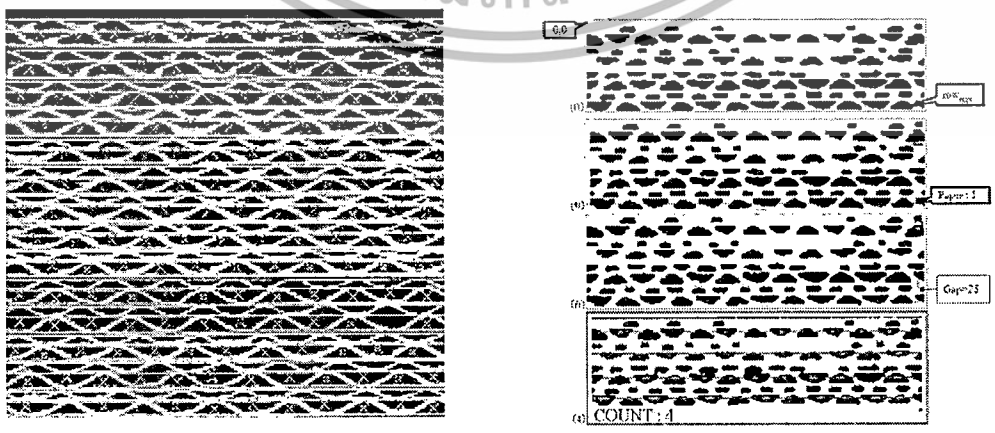
รูปที่ 2.8 Vector of number of sheets divided in stacks [2]

ผลการทดลองพบว่าในตัวอย่างทดลอง 45 ตัวอย่าง ในรูปแบบของลอน EB, C และ B ค่าสัมบูรณ5เฉลี่ยของข้อผิดพลาดเท่ากับ 1.18% ข้อผิดพลาดนี้ไม่เกินเกณฑ์ของ 2% และก็มักจะติดลบ [2]

2.5 การพัฒนาการใช้กล้อง Line scan

มีนา รัตนากร และคณะ [3] ได้ศึกษาระบบนี้โดยใช้หลักการการตรวจหาพื้นที่ลอนของกระดาษลูกฟูกโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพจากกล้อง Line scans แล้วนำภาพที่ได้มาประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมที่ได้ศึกษามา ประมวลผลในโปรแกรม MATLAB การศึกษาโดยการตรวจหาพื้นที่หรือเรียกว่า Blob Analysis [3]

2.5.1 ศึกษาวิธีการออกแบบอัลกอริทึมเพื่อนับกระดาษลูกฟูกด้านลอนของกระดาษลูกฟูก (Cut-Off)

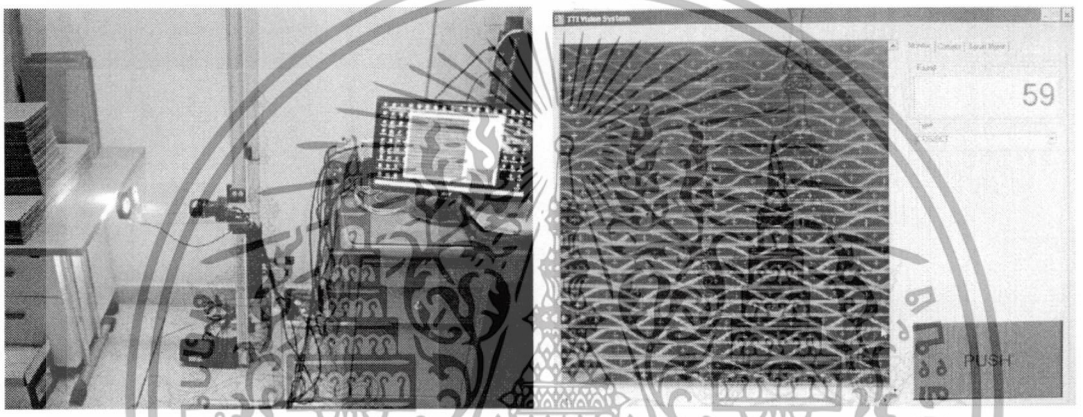


รูปที่ 2.9 ภาพประกอบการทดลองการหาจำนวนกระดาษลูกฟูกแบบ Blob Analysis [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

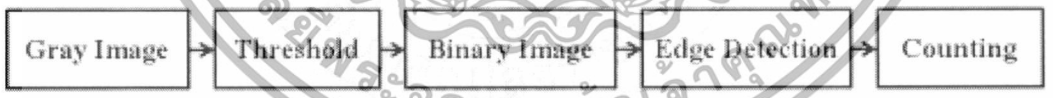
โดยมีขั้นตอนการนับกระดาษลูกฟูกดังนี้

1. หาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวัตถุโดยวิธี Blob analysis
2. หาตำแหน่งสูงสุดของลอนกระดาษที่มีตำแหน่งแถวเท่ากับตำแหน่งแถวสูงสุดหรือตำแหน่งแถวของกระดาษลูกฟูกที่มีความคลาดเคลื่อนจากแถวสูงสุดไม่เกิน 10% จุดภาพต่อจากนั้นทำการตรวจสอบจำนวนลอนกระดาษลูกฟูกว่ามีมากกว่า 50% หรือไม่ ถ้ามีมากกว่า 50% แสดงว่าบริเวณนั้นเป็นตำแหน่งของกระดาษลูกฟูก 1 แผ่น
3. ทำการหาตำแหน่งของแถวถัดไปโดยที่ผลต่างของค่าแถวสูงสุดจุดใหม่กับจุดเก่าต้องมากกว่าค่า gap ซึ่งค่า gap เป็นระยะของจุดศูนย์กลางของกระดาษลูกฟูก
4. ทำกระบวนการซ้ำไปเรื่อยๆ จนครบตามจำนวนลอน ผลที่ได้คือจำนวนกระดาษลูกฟูก

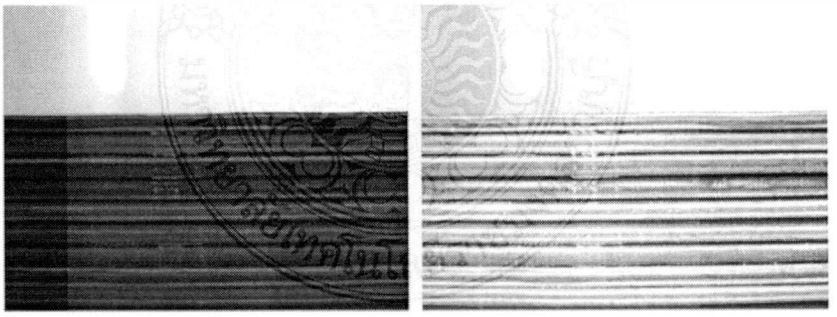


รูปที่ 2.10 ชุดทดสอบระบบตรวจสอบอัตโนมัติกับกล้อง Line Scan แบบเวลาจริง [3]

2.5.1 ศึกษาวิธีการออกแบบอัลกอริทึมเพื่อนับกระดาษลูกฟูกด้านรอยตัดของกระดาษลูกฟูก (Slitter)



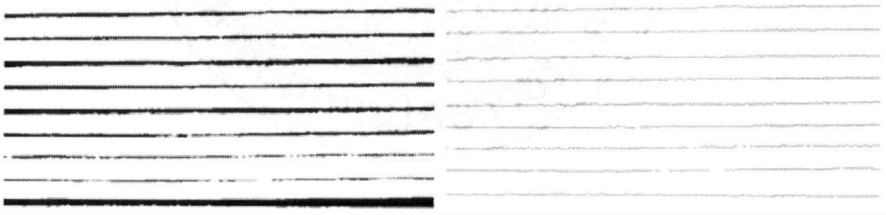
รูปที่ 2.11 อัลกอริทึมที่ใช้ทดสอบ [3]



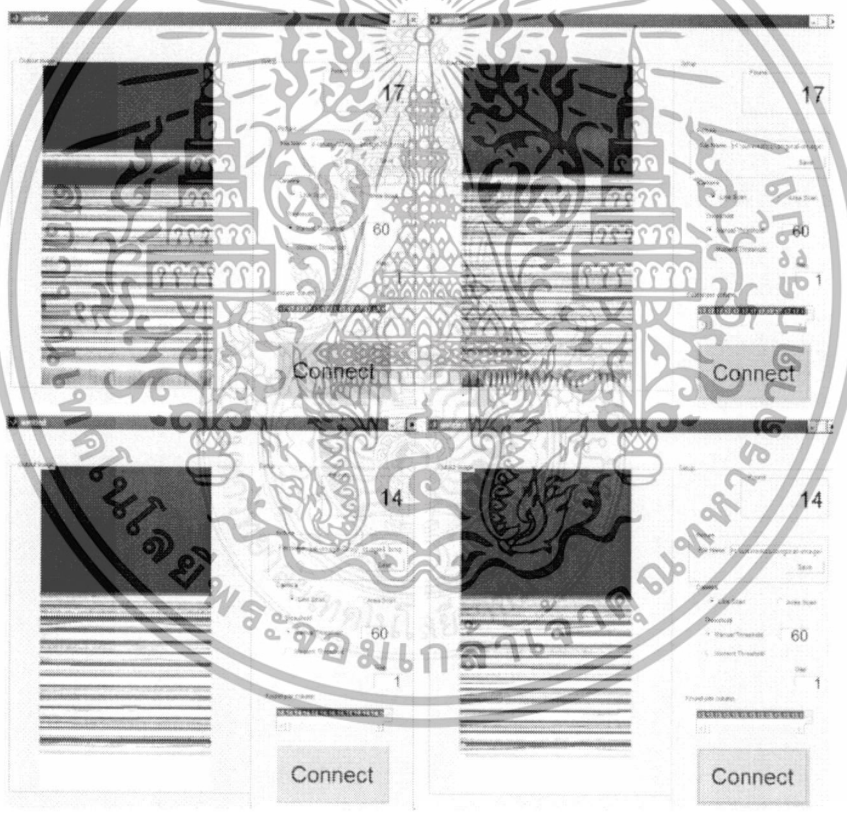
รูปที่ 2.12 ภาพด้านรอยตัดก่อนและหลังการจัดแสง [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการทดลองในด้านแนวตัดนี้ได้ใช้หลักการของอนุพันธ์อันดับ 1 ในการหาขอบภาพหรือ Edge Detection



รูปที่ 2.13 การหาขอบโดยอนุพันธ์อันดับหนึ่ง [3]

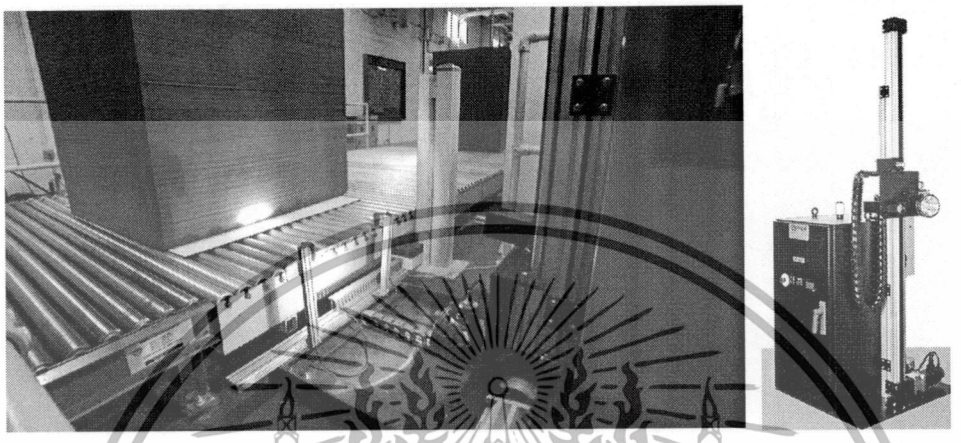


รูปที่ 2.14 ตัวอย่างผลการทดสอบการหาจำนวนกระดาษลูกฟูกด้าน Slitter [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ระบบการวัดแบบแมชชีนวิชั่น

บริษัท Opsigal ได้ออกแบบเครื่องนับกระดาษลูกฟูก ซึ่งเป็นเครื่องนับกระดาษลูกฟูกแบบใช้หลักการพิกเซลผ่านกล้องถ่ายภาพแบบถ่ายจากด้านล่างตั้งกระดาษจนถึงแผ่นบนสุดของตั้ง โดยใช้หลักการประมวลผลภาพ โดยมีจุดเด่นที่สามาถนับค่าได้แม้กระทั่งแผ่นกระดาษลูกฟูกไม่เรียงต่อเนื่องกัน ผลของการวัดได้ค่าที่แม่นยำ



รูปที่ 2.15 เครื่องนับกระดาษลูกฟูกบริษัท Opsigal [13]

2.6 เปรียบเทียบระบบต่าง ๆ

เมื่อกล่าวถึงการนับจำนวนกระดาษลูกฟูกในการนับแบบเวลาจริง (Real time) ยังไม่เป็นการแพร่หลายในโรงงานอุตสหกรรมผลิดกระดาษ โดยส่วนใหญ่จะใช้หลักการเซนเซอร์ในการนับ ใช้การเผื่อจำนวนขึ้นอยู่จำนวนผลิตในแต่ละออเดอร์การผลิต โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นค่าเผื่อ และการใช้การวัดส่วนสูงของตั้งกระดาษแล้วนำความหนากระดาษลูกฟูกต่อหนึ่งแผ่นมาหารความสูงของตั้งกระดาษ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นจำนวนกระดาษลูกฟูก แต่ในบางครั้งอาจเกิดของเสียในการผลิตเยอะเกินไปหรือบางครั้งยังเกิดการผลิตที่ไม่ครบตามจำนวนที่ต้องการ ทำให้ต้องเกิดการผลิตซ้ำ ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียในหลายด้าน

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการใช้การนับจำนวนในปัจจุบันซึ่งส่วนใหญ่จะใช้การวัดความสูงหารความหนาของกระดาษหนึ่งแผ่น กับการวัดโดยการใช้หลักการทางการประมวลผลภาพ ความแม่นยำในการวัดแบบความสูงจะค่อนข้างต่ำ เพราะเมื่อกระดาษลูกฟูกซ้อนกันจำนวนมากโดยปกติประมาณ 1.8-2.0 เมตร อาจทำให้แผ่นที่อยู่ด้านล่างถูกกดทับความหนาจะผิดเพี้ยนไป ทำให้เกิดการนับที่ผิดเพี้ยนไปได้ ส่วนการวัดแบบการใช้กล้องถ่ายภาพแบบต่างๆ โดยใช้อัลกอริทึมต่างๆกันไป โดยมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน แต่การประมวลภาพจะได้ผลลัพธ์ได้ค่อนข้างแม่นยำ

ในการศึกษางานวิจัยเหล่านี้ ได้นำระบบการใช้กล้องถ่ายภาพ (Image Processing) นำมาประยุกต์ใช้ในงานตรวจสอบคุณภาพในงานอุตสาหกรรมมากขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีปัจจุบันได้มีการพัฒนามากยิ่งขึ้น ทำให้เกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้นด้วย ก็เป็นทางเลือกเพื่อพัฒนาระบบการนับกระดาษลูกฟูกให้เกิดไอเดียใหม่ๆ เกิดขึ้นต่อไป

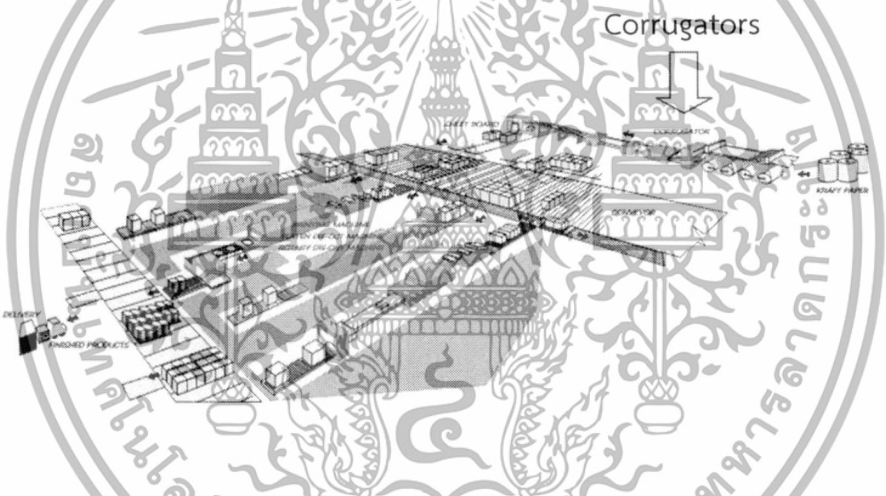
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวกับงานวิจัยและชิ้นงานที่ทดลอง รวมถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ โดยการวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงลักษณะรูปแบบต่างๆของกระดาษลูกฟูก รวมถึงกระบวนการนับจำนวนที่เกิดจากสถานที่จริง รวมถึงเทคนิคการประมลวผลภาพและการนับจำนวนกระดาษลูกฟูก

3.1 กระดาษลูกฟูกเกิดขึ้นได้อย่างไร

กระบวนการผลิตกระดาษลูกฟูกนั้น จะใช้เครื่องจักรที่นำเข้าจากต่างประเทศ แต่ใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่จากในประเทศ รายละเอียดการผลิตสามารถอธิบายได้ ดังนี้

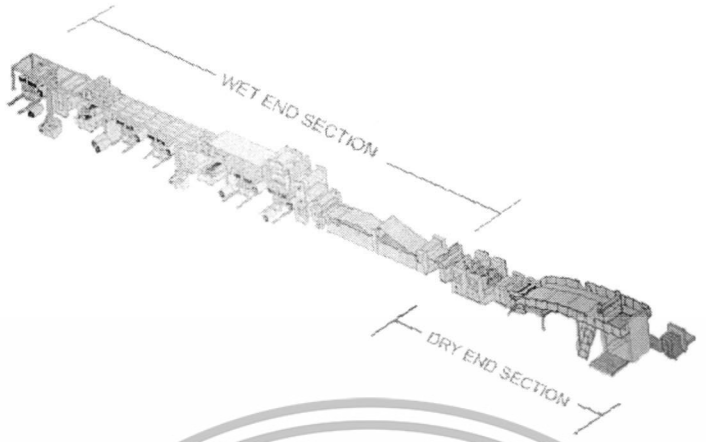


รูปที่ 3.1 ลักษณะของโรงงานผลิตกระดาษลูกฟูก [1] (ที่มา: http://www.thaicontainers.co.th)

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าโรงงานผลิตกระดาษลูกฟูกมีอยู่หลายขั้นตอนแต่ในงานวิจัยนี้จะศึกษากระบวนการผลิตในส่วนของกระดาษลูกฟูกหรือ Corrugators โดยจะศึกษาขั้นตอนการนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกจากเครื่องจักรและศึกษาการปรับปรุงระบบการตรวจเช็คจำนวนกระดาษลูกฟูก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านคุณภาพของโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 เครื่องจักรผลิตกระดาษลูกฟูก



รูปที่ 3.2 เครื่องจักรผลิตกระดาษลูกฟูก [1]

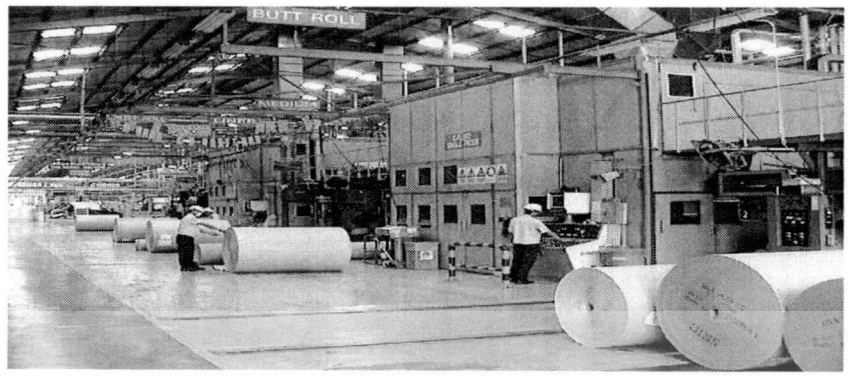
โดยกระบวนการผลิตกระดาษลูกฟูกนั้นจะเริ่มจากการรับกระดาษม้วนหรือ Paper Mill จากโรงงานต้นน้ำ แล้วมาเข้ากระบวนการผลิตในเครื่องจักร ดังนี้

1 Paper Roll โดยการรับมาจากโรงงานผลิตกระดาษคราฟท์

รูปที่ 3.3 กระดาษม้วนที่ใช้ในการผลิต [1]

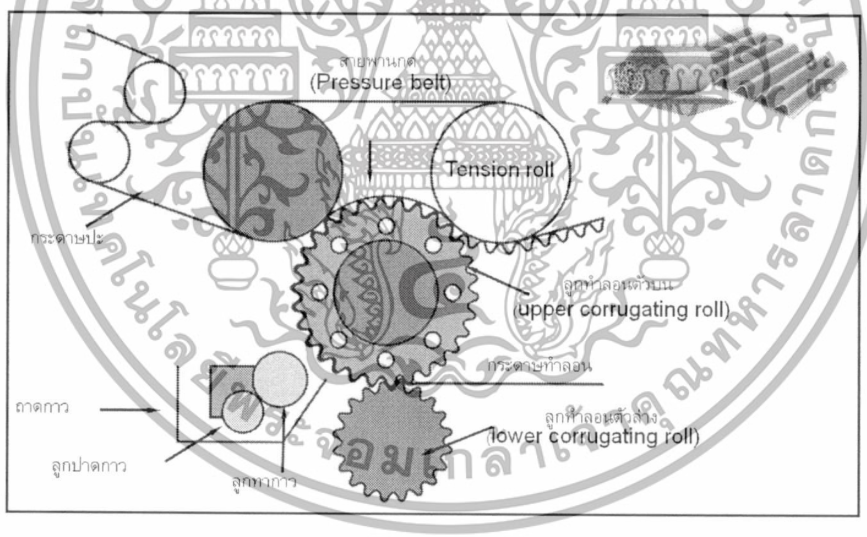
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 การผลิตกระดาษลูกฟูกแบบหน้าเดียว หรือ Single Facer



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการใส่กระดาษม้วนเพื่อผลิตกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว [1]

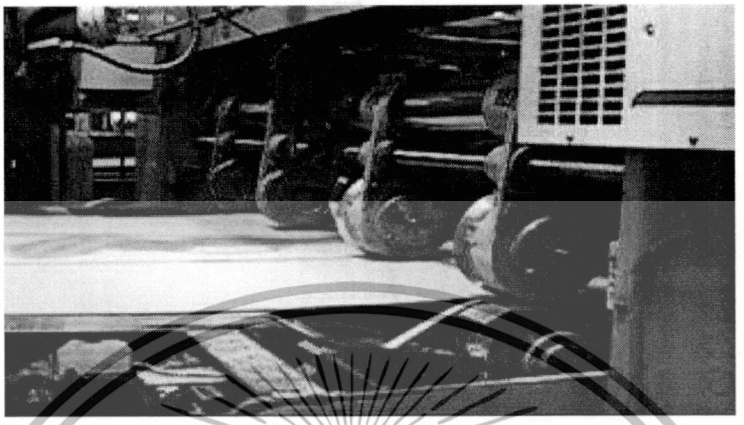
กระดาษคราฟท์ม้วนจะถูกนำไปผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อให้เกิดลอนและทากาวเพื่อให้เกิดกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว โดยจะมีลูกลอนกดทับให้เกิดขนาดของลอนต่างๆ ดังรูปที่ 3.5



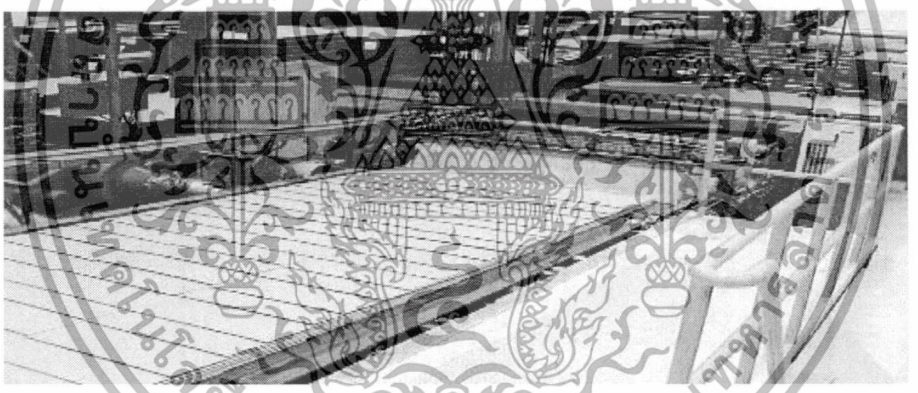
รูปที่ 3.5 รูปสาธิตการทำกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว [1] (ที่มา: http://www.thaicontainers.co.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

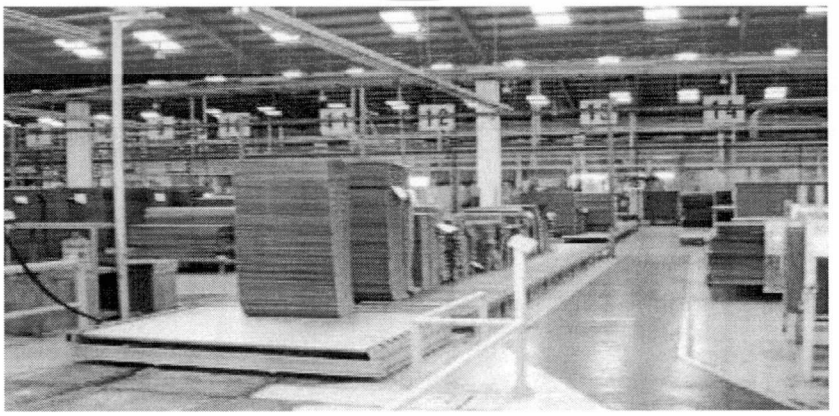
3 หลังจากที่ได้กระดาษลูกฟูกหน้าเดียว จะถูกนำไปประกบกับกระดาษลูกฟูกอีกครั้งเพื่อให้ได้กระดาษลูกฟูกตามแต่ละประเภท และผ่านการตัดตามไซด์ที่ต้องการด้านตามลอนและด้านตัด



รูปที่ 3.6 การตัดแบบด้านตามลอนหรือด้าน Slitter [1] (ที่มา: http://www.thaicontainers.co.th)



รูปที่ 3.7 การตัดแบบด้านหน้าตัดลอนหรือด้าน Cut-off [1]
(ที่มา: http://www.thaicontainers.co.th)



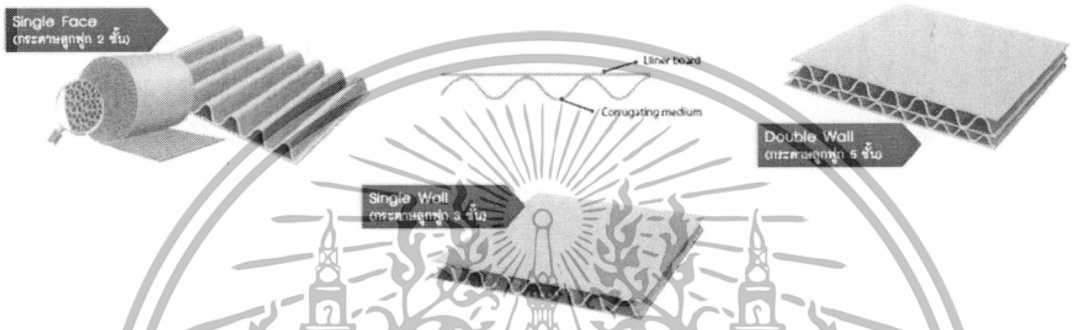
รูปที่ 3.8 กระดาษลูกฟูกที่เรียงซ้อนกันเป็นตั้ง [1] (ที่มา: http://www.thaicontainers.co.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 กระดาษลูกฟูก (Corrugated Board)

ในการศึกษางานวิจัยนี้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของกระดาษลูกฟูก เพื่อเป็นพื้นฐานที่จะนำไปสู่ความเข้าใจของการวิเคราะห์ ดังนี้

กระดาษลูกฟูก เกิดจากการนำกระดาษหลายชั้นมาประกอบกัน แบ่งเป็นกระดาษสำหรับทำผิวกล่อง (Liner Board) และกระดาษสำหรับทำลอนลูกฟูก (Corrugated Medium) [1] เรียงประกบติดสลับชั้นกันทำให้มีโครงสร้างแข็งแรง สามารถนำไปออกแบบและผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ได้หลากหลายรูปแบบ



รูปที่ 3.9 ลักษณะของกระดาษลูกฟูก [1] (ที่มา: http://www.thaicontainers.co.th)

นอกจากนี้การเลือกใช้กล่องกระดาษลูกฟูกยังต้องคำนึงถึงเรื่องของลอน ซึ่งลอนแต่ละประเภทจะมีขนาดและความสูงของลอนไม่เท่ากัน จึงเหมาะกับการใช้งานแตกต่างกันไป โดยทั่วไปลอนลูกฟูกที่มีขนาดใหญ่กว่า จะมีความแข็งแรงมากกว่า และสามารถรองรับแรงกระแทกได้มากกว่า ในขณะที่ลอนลูกฟูกขนาดเล็กกว่าจะมีพื้นที่ผิวที่เรียบเนียนกว่า ทำให้งานพิมพ์บนกล่องมีความสวยงาม อีกทั้งพับขึ้นรูปได้ง่ายและได้มุมที่มีความเฉียบคมมากกว่า

กระดาษที่มีลักษณะเป็นลอนลูกคลื่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับน้ำหนัก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.550-2528 [4] ได้แบ่งชนิดของกระดาษลูกฟูกได้ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รูปแบบและขนาดความหนาของกระดาษลูกฟูก

ชนิดของลอน	จำนวนลอนต่อเมตร	ความสูงของลอน mm
A	104 ถึง 125	4.2 ถึง 4.7
B	150 ถึง 184	2.1 ถึง 2.6
C	120 ถึง 145	3.3 ถึง 3.8
E	275 ถึง 310	0.9 ถึง 1.4
F	407 ถึง 437	0.6 ถึง 0.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือ การนำภาพมาประมวลผลโดยการแยกแยะส่วนที่ต้องการหรือสนใจออกจากพื้นหลังหรือสิ่งรบกวนต่างๆ การเปลี่ยนแปลงค่าสีของภาพ การหาขอบภาพ การกรอง (Filter) การประมวลผลเชิงตัวเลข ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวนี้จะถูกนำมาคิดคำนวณและประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ การคิดคำนวณนั้นมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีประโยชน์แตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นการคิดคำนวณในแต่ละพิกเซล (Pixel) หรือการคิดคำนวณเป็นบริเวณหลายๆจุดรวมกัน (Area) เช่นการดูลวดลาย (Pattern) การวิเคราะห์หารูปร่าง (Shape) และการวิเคราะห์แบบอื่นๆ

การประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล (Digital format) ซึ่งสามารถที่จะนำเอาข้อมูลนี้จัดการผ่านกระบวนการต่างๆด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ภาพดิจิตอลเป็นภาพที่ประกอบด้วยจุดภาพเล็กๆจำนวนมากเรียกว่า พิกเซล (pixel) โดยใช้ตัวเลขแทนค่าของระดับสีหรือระดับความสว่างของแต่ละพิกเซล ซึ่งสามารถปรับแต่งเพื่อการแสดงผลภาพตามต้องการได้ ดังนั้นภาพดิจิตอลจึงมีข้อดีคือสามารถนำมาประมวลผลปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลด้วยกระบวนการต่างๆด้วยคอมพิวเตอร์ได้

3.3.1 ลักษณะและความหมายของพิกเซล

พิกเซล[5]ถือเป็นหน่วยเล็กที่สุดของรูปภาพเป็นจุดเล็กๆที่รวมกันทำให้เกิดภาพขึ้น ภาพหนึ่งจะประกอบด้วยพิกเซลหรือจุดมากมาย ซึ่งแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของจุดหรือพิกเซลเหล่านี้แตกต่างกันไป ความหนาแน่นของจุดนี้เป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ โดยมีหน่วยเป็นพีพีไอ (Pixel Per Inch : ppi) คือจำนวนจุดต่อนิ้ว พิกเซลมีความสำคัญต่อการสร้างภาพของคอมพิวเตอร์มาก เพราะทุกส่วนของกราฟิก เช่น จุด เส้น แบบลายและสีของภาพนั้นเริ่มจากพิกเซลทั้งสิ้น เมื่อขยายภาพจะเห็นเป็นภาพจุด โดยปกติแล้วภาพที่มีความละเอียดสูงหรือคุณภาพดีควรจะมีค่าความละเอียด 300 x 300 ppi ขึ้นไป ยิ่งค่าพีพีไอสูงขึ้นเท่าไร ภาพก็จะมีความละเอียดคมชัดมากขึ้นเท่านั้น ขณะเดียวกันจุดหรือพิกเซล แต่ละจุดก็จะแสดงคุณสมบัติทางสีให้แก่ภาพด้วย โดยแต่ละจุดจะเป็นตัวสร้างสีประกอบกันเป็นภาพรวม ซึ่งอาจมีขนาดความเข้มและสีแตกต่างกันได้ ทำให้เกิดเป็นภาพที่มีสีสันต่างๆ การแสดงผลของอุปกรณ์แสดงผล (Output Devices) ไม่ว่าจะเป็นเครื่องพิมพ์แบบดอทเมตริกหรือแบบเลเซอร์รวมทั้งจอภาพ จะเป็นการแสดงผลแบบอาศัยการรวมกันของพิกเซลออกมาเป็นรูปภาพ (Raster Devices)

3.3.2 ภาพบิตแมท (Bitmap)

บิตแมพ[5]เป็นภาพแปรผันตามความละเอียดแบบรีโซลันดิเพนเดนท์ (Resolution Dependent) ประกอบขึ้นด้วยจุดสีต่างๆ ที่มีจำนวนคงที่ตายตัวตามการสร้างภาพที่มีความละเอียดของภาพต่างกันไป หากขยายภาพบิตเมพ ก็จะพบว่ามีลักษณะเป็นตารางเล็กๆ ซึ่งแต่ละบิตคือ ส่วนหนึ่งของข้อมูลคอมพิวเตอร์ เนื่องจากบิตแมพมีค่าพิกเซลจำนวนคงที่จึงทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องการขยายขนาดภาพ การเปลี่ยนขนาดภาพทำโดยเพิ่มหรือลดจำนวนพิกเซลจากที่มีอยู่เดิม เมื่อขยายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148236

ให้ใหญ่ขึ้น ความละเอียดของภาพจึงลดลง และถ้าเพิ่มค่าความละเอียดมากขึ้นก็จะทำให้ไฟล์มีขนาดใหญ่ขึ้น ความละเอียดของภาพจึงลดลง และถ้าเพิ่มค่าความละเอียดมากขึ้นก็จะทำให้ไฟล์มีขนาดใหญ่และเปลืองเนื้อที่หน่วยความจำมากขึ้นตามไปด้วย ภาพที่ขยายโตขึ้นจะมองเห็นเป็นตารางสี่เหลี่ยมเรียงต่อกันไฟล์ภาพแบบบิตแมพในระบบวินโดวส์คือไฟล์ที่มีนามสกุล .bmp, .pcx , .tif, .jpg, .msp, .pcd เป็นต้น

3.3.3 รูปร่างของภาพ (Image Shape)

ในศาสตร์ของการประมวลผลภาพนั้น การกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยม [5] (Rectangular image model) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากทำให้การอ่านภาพ การจัดเก็บข้อมูลในหน่วยความจำ และการแสดงภาพออกทางอุปกรณ์ต่างๆ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปรแถวลำดับ (Array) โดยค่าในแต่ละช่องของตัวแปรแถวลำดับแสดงถึงคุณสมบัติของพิกเซลและตำแหน่งของช่องแถวลำดับเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพ ปกติแล้วในการเก็บข้อมูลภาพโดยเครื่องมือต่างๆจะเก็บตามมาตรฐานของโทรทัศน์ซึ่งมีอัตราส่วน x ต่อ y เท่ากับ 4:3 สำหรับเครื่องมือเก็บข้อมูลภาพที่ไม่เป็นไปตามอัตราส่วน 4:3 เมื่อนำภาพนี้ไปแสดงในจอภาพมาตรฐานจะทำให้ภาพที่แสดงนั้นมีขนาดของจุดภาพไม่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส

จำนวนสีสูงสุดที่เป็นไปได้ของและจุดภาพขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ เมื่อมีการกำหนดให้ขนาดของบิตต่อจุดมากขึ้นจะทำให้จำนวนของสีมากขึ้นด้วย สำหรับการแสดงข้อมูลภาพที่มีขนาด 1 บิต และ 8 บิตนั้นจะมีการทำงานที่จะใกล้เคียงกันเนื่องจากหน่วยประมวลผลจะไม่สามารถจัดการกับข้อมูลที่เป็นบิตเดี่ยวๆได้ดังนั้นในการแสดงข้อมูลออกทางจอภาพตัวโปรเซสเซอร์จะทำการก็อปปี้ข้อมูลทั้ง 8 บิต (1 ไบต์) ส่งให้กับจอภาพซึ่งในกรณีที่พิกเซลมีขนาด 1 บิต เมื่อโปรเซสเซอร์จะทำงานกับบิตแรกที่ต้องการแล้วก็จะทำสำเนาข้อมูลชุดใหม่ทันทีโดยที่ไม่เกี่ยวกับข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือ ส่วนในกรณีพิกเซลที่มีขนาด 8 บิต ปรเซสเซอร์จะทำการก็อปปี้ข้อมูลชุดใหม่ก็ต่อเมื่อโปนเซสเซอร์ทำงานกับทุกบิตแล้ว

3.3.4 ความหมายของการประมวลผลภาพดิจิตอล

การประมวลผลภาพ[6] หมายถึง การเรียกใช้ขั้นตอนหรือกรรมวิธีใดๆ มากระทำกับภาพโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพ ให้ได้ภาพใหม่ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่นความคมชัดหรือการประหยัดพื้นที่ในการเก็บข้อมูล หรือใช้สำหรับการประมวลผลในระดับสูง เช่นการจดจำรูปร่างลักษณะได้อย่างแม่นยำ โดยทั่วไปแล้ววัตถุประสงค์ของการประมวลผลภาพคือ

- การประมวลผลภาพ: นำเข้ารูปภาพ ส่งรูปภาพออก วิธีนี้จะใช้กระบวนการประมวลผลภาพเพื่อทำให้ได้ภาพออกมา เช่น การตกแต่งภาพด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop เป็นต้น

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถทำได้โดยนำภาพที่ได้มาจากกล้องหรือจากหน่วยความจำในเครื่องต่างๆ ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก แล้วนำมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีลักษณะเป็นรหัสเชิงตัวเลข 0,1 ที่สามารถใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการคำนวณและการประมวลผลข้อมูลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ได้ต่อไป

การประมวลผลภาพแบ่งเป็น 2 ระดับคือ

3.3.4.1 การประมวลผลภาพระดับต่ำ (Low Level Image Processing)

เป็นการประมวลผลภาพขั้นแรกสุดก่อนที่จะนำไปสู่การประมวลผลภาพระดับสูงต่อไป นั่นคือหลังจากที่ได้ภาพมา ภาพที่ได้ก็จะประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆมากมาย รวมถึงสิ่งที่ไม่ต้องการด้วย ในที่นี้จะเรียกว่าสัญญาณรบกวน (Noise) ซึ่งทำให้ภาพที่ได้มีคุณภาพไม่ดี ยังไม่สามารถที่จะนำไปใช้ประมวลผลได้ ดังนั้นการประมวลผลภาพในระดับต่ำจึงประกอบไปด้วยการกำจัดสัญญาณการทำภาพให้ชัด (High Pass Filter) การหาขอบภาพ (Edge Detection) การแปลงรูปภาพไบนารี การแบ่งแยกรูปร่างวัตถุ (Image Segmentation) เป็นต้น เพื่อหาค่าตัวแปรต่างๆมาอธิบายข้อมูลภาพ และมีวัตถุประสงค์ที่จะนำตัวแปรเหล่านี้มาใช้ในการประมวลผลภาพในระดับสูงต่อไป

3.3.4.2 การประมวลผลภาพระดับสูง (High Level Image Processing)

เป็นการทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักและเข้าใจภาพนั้นได้ เช่น การจดจำใบหน้าคนหรืออาจจะเป็นการจดจำตัวอักษร เป็นต้น ความแตกต่างของการประมวลผลภาพระดับต่ำและระดับสูง คือข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวลผลระดับต่ำจะใช้ค่าความสว่าง หรือความเข้มของแสงโดยตรง ส่วนการประมวลผลภาพระดับสูง ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวลผลจะถูกแสดงในรูปแบบสัญลักษณ์ โดยสัญลักษณ์เหล่านี้จะแสดงถึงสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในภาพ และการใช้ตัวแปรที่ได้จากการประมวลผลภาพระดับต่ำมาอธิบายถึงสัญลักษณ์เหล่านี้ การประมวลผลภาพระดับสูงนั้นส่วนใหญ่มักใช้ทฤษฎีต่างๆเข้ามาใช้เป็นตัวช่วยในการทำงาน หรือเป็นหัวใจของโปรแกรม เช่น ทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

3.3.5 ภาพดิจิตอล (Digital Image)

ภาพดิจิตอลเป็นฟังก์ชันของข้อมูล 2 มิติ ซึ่งมีการอ้างอิงค่าตามตำแหน่งของพิกเซล โดยค่าที่อ้างอิงในแต่ละตำแหน่งของพิกเซลส่วนใหญ่อยู่ในรูปของค่าความเข้มแสง และสี ซึ่งค่าของพิกเซลสามารแทนได้ในหลายรูปแบบตามประเภทของภาพ

3.3.5.1 องค์ประกอบของภาพดิจิตอล

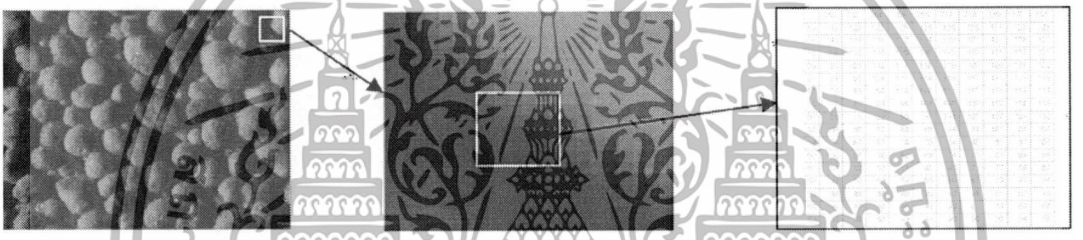
ภาพดิจิทัลสามารถนิยามเป็นฟังก์ชันสองมิติ f(x,y) โดยที่ x และ y เป็นพิกัดของภาพ และแอมพลิจูดของ f ที่พิกัด (x,y) ใดๆภายในภาพคือค่าความเข้มแสงของภาพ (Intensity) ที่ตำแหน่งนั้นๆ และเมื่อ (x,y) และแอมพลิจูดของ f เป็นค่าจำกัด (Finite value) จึงเรียกรูปภาพนี้ว่าเป็นภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิจิทัล (Digital Image) และถ้ากำหนดให้ภาพ f(x,y) มีขนาด M แถวและ N คอลัมน์ และพิกัดของจุดกำเนิด (Origin) ของภาพคือที่ตำแหน่ง (x,y) = (0,0) แล้ว จะสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปแบบเมตริก (Matrix) ได้ดังสมการที่ 2.1

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

ค่าในเมตริกแต่ละค่าจะเรียกว่า "องค์ประกอบภาพ"หรือพิกเซล (Pixel) โดยตำแหน่ง (0,0) จะอยู่ทางด้านซ้ายมือสุดด้านบนของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวาในแต่ละเส้นจุดและจัดลำดับของเส้นจุดจะเรียงจากบนลงล่าง แสดงตัวอย่างภาพดิจิตอลดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างภาพดิจิตอล

องค์ประกอบของภาพดิจิตอล มีดังนี้

- พิกเซล (Pixel)

พิกเซล[6]หรือ (x,y) ซึ่งเป็นพิกัดของภาพ เป็นส่วนที่เล็กที่สุดของภาพดิจิตอล ถ้านำพิกเซลหลายๆพิกเซลมาเรียงต่อกัน จะกลายเป็นภาพที่มีขนาดเท่ากับ จำนวนพิกเซลด้านกว้างคูณจำนวนพิกเซลด้านสูง เช่นรูปขนาด 600 x 900 พิกเซล หมายความว่ารูปนี้มีขนาดกว้าง 600 พิกเซลและสูง 900 พิกเซล

- ค่าความเข้มแสงของภาพ

ค่าความเข้มแสงของภาพ f(x,y) ในแต่ละจุดพิกเซลนั้นจะมีค่าตัวเลขกำกับไว้เพื่อบอกค่าระดับความเข้มแสงโดยใน 1 พิกเซลจะเป็นสีใดเพียงสีหนึ่งเท่านั้นจะมีอื่นไม่ได้ ค่าความเข้มแสงองภาพดิจิตอลนั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามประเภทของภาพดิจิตอล

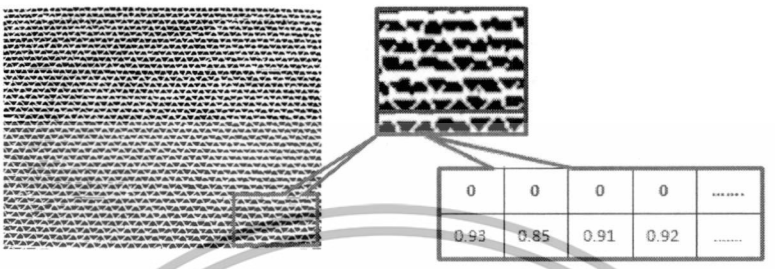
3.3.5.2 ประเภทของภาพดิจิตอล

ภาพดิจิตอลมีอยู่หลากหลายประเภท เช่นภาพไบนารี่ ภาพระดับสีเทา ภาพดัชนีและภาพสี โดยภาพแต่ละประเภทนั้นจะมีค่าความเข้มแสงของภาพที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาพขาวดำหรือภาพไบนารี (Binary Image or Black and White Image)

ค่าในแต่ละพิกเซลของภาพขาวดำหรือภาพไบนารี จะใช้แค่ 1 บิต ซึ่งจะมีค่าที่เป็นไปได้คือ 0 (สีดำ) และ 1 (สีขาว) เท่านั้น



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างภาพขาวดำจากลอนกระดาษลูกฟูก

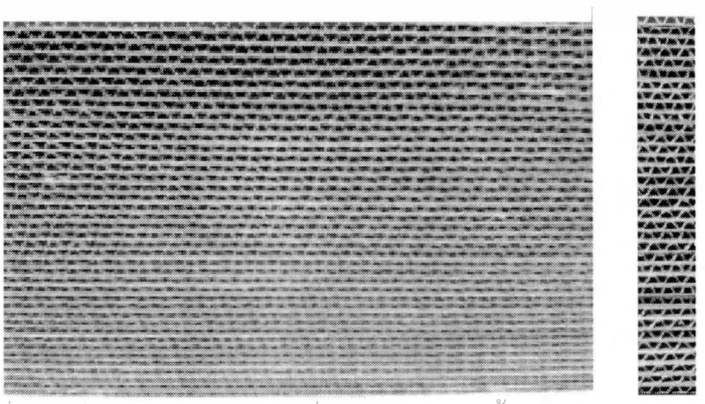
- ภาพสีเทา (Intensity Image or Gray Image)

ภาพระดับสีเทาเป็นภาพที่แสดงค่าความเข้มแสง ณ ตำแหน่งของจุดภาพภายในภาพ ซึ่งภาพจะมีลักษณะเป็นโทนสีเทา (Gray Scale) โดยค่าความเข้มแสงที่สามารถแสดงได้ จะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้แทนภาพในแต่ละภาพแสดงดังสมการ (2.2)

$$L=2^k \qquad (3.2)$$

โดยที่ L คือ ระดับสีเทา และ K คือค่าจำนวนบิตที่ใช้แทนภาพ เช่น ภาพระดับสีเทาขนาด 8 บิต สามารถแสดงค่าระดับสีเทาได้ทั้งหมด 256 ระดับ และค่าที่เป็นไปได้คือ 0 ถึง 255

ภาพระดับสีเทา หมายถึง ภาพที่มีค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพอยู่ในช่วงสีดำสีเทา เรื่อยไปจนถึงสีขาวซึ่งเป็นค่าความสว่างที่มากที่สุด สำหรับค่าของระดับสีเทานั้น ปกติแล้วจะเป็นกำลังของ 2 ซึ่งโดยทั่วไปที่ใช้จะเป็น 8 บิต (256 ระดับ) หรืออาจใช้จำนวนบิตมากหรือน้อยกว่านี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพที่ความต้องการว่ามากหรือน้อยเพียงใด



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างภาพระดับสีเทาจากลอนกระดาษลูกฟูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 ฮิสโตแกรม

ฮิสโตแกรม (Histogram) คือมาตรวัดที่ใช้ในการบอกการกระจายของค่าระดับสีเทาในภาพทั้งภาพ โดยการนำภาพสีที่มีอยู่มาทำการแปลงค่าของสีภาพเป็นระดับเทา เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์จากฮิสโตแกรมนี้ จะได้ผลออกมาเป็นกราฟแท่งที่บอกความสว่างในแต่ละช่วงของภาพ

3.3.7 กระบวนการทำเทรชโฮลด์ (Threshold)

วิธีการทำเทรชโฮลด์เป็นการลดสิ่งรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้นกับภาพและกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการก่อนการนำไปประมวลผลภาพโดยจะทำการตั้งค่าหนึ่งๆ เพื่อใช้ในการปรับค่าของระดับสีในภาพ ซึ่งโดยทั่วไปภาพขาวดำ จะมีค่าเกรย์เลเวล (Gray-level) ตั้งแต่ 0-255 การกำหนดค่าคงที่จะใช้เพื่อเปรียบเทียบค่าของเกรย์เลเวลในแต่ละพิกเซล ถ้าน้อยกว่าจะปรับให้เป็น 0 ถ้ามากกว่าจะปรับให้เป็น 255 เทรชโฮลด์มี 2 ลักษณะคือ

- การกำหนดค่าล่วงหน้า (Pre assigned Threshold Value) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดโดยจะเลือกค่าคงที่ขึ้นมาค่าหนึ่งโดยทั่วไปมักเป็นค่ากลางของภาพ

- การเทรชโฮลด์จากค่ากลาง (Mid-Range Threshold Value) แตกต่างจากวิธีแรกตรงที่จะทำการคำนวณอัตโนมัติโดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องกำหนด โดยทั่วไปจะคำนวณโดยการหาค่ากลางหรือค่าเฉลี่ย

3.4 ความรู้เบื้องต้นทางสถิติ

ความหมายของชีวสถิติ[7] คือ ข้อมูลสถิติ(Statistical Data) ข้อมูลสรุปได้จากการประมวลหรือวิเคราะห์กลุ่มของข้อมูลเพื่อใช้ แสดงลักษณะข้อมูลของกลุ่มนั้น คือ สถิติศาสตร์ (Statistics) ศาสตร์ว่าด้วยการจัดกระทำต่างๆเกี่ยวกับข้อมูลเพื่อบรรยายลักษณะ ของสิ่งที่ศึกษาได้อย่างเที่ยงตรงและเชื่อถือได้นำเอาไปใช้คาดคะเนและการตัดสินใจต่างๆ

2.3.1 ประเภทของสถิติ

สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) วิธีการทางสถิติที่ใช้พรรณนาลักษณะ สิ่งต้องการศึกษาให้ อยู่ในรูปของตารางข้อมูลสรุป การน าเสนอแบบต่างๆเพื่อให้เข้าใจถึงข้อมูลที่รวบรวมมาได้ แต่ไม่สามารถ คาดคะเนนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ได้

สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) วิธีการทางสถิติที่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการอนุมาน ลักษณะของประชากรจากข้อมูลของตัวอย่างเช่นการศึกษาโรคขาดสารอาหารในเด็กวัยก่อนเรียนในภาคอีสาน ส่วนใหญ่จะสุ่มจากเด็กวัยก่อนเรียนมาบางส่วนเพื่อประเมินหาอัตราการขาดสารอาหาร เป็นต้น

2.3.2 ประเภทข้อมูล ข้อมูล (Data) หมายถึง ข้อเท็จจริงที่เก็บรวบรวมได้จากตัวอย่างหรือประชากร 1.3.1 แบ่งตามลักษณะข้อมูล ได้ 2 ประเภท ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) เป็นข้อมูลที่วัดค่าได้ว่ามากหรือน้อยในเชิงปริมาณ เช่น รายได้ อายุ ความสูงจ านวนสินค้า ฯลฯ ซึ่งแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1.1 ข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) หมายถึง ข้อมูลที่มีค่าต่อเนื่องกันในช่วงที่ กำหนด สามารถแจงสมาชิกในข้อมูลได้ เช่น ความสูง อายุ ระยะทาง เป็นต้น

1.2 ข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data) หมายถึง ข้อมูลที่มีค่าเป็นจำนวนเต็มหรือ จำนวนนับ เช่น จำนวนนักศึกษา จำนวนสมาชิกในครัวเรือน เป็นต้น

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) เป็นข้อมูลที่ไม่สามารถระบุค่าได้ว่ามากหรือ น้อย อาจแทนด้วยตัวเลขก็ได้โดยตัวเลขดังกล่าวไม่มีความหมายในเชิงปริมาณ เช่น เพศ ระดับการศึกษา อาชีพ ทัศนคติเป็นต้น

แบ่งตามแหล่งที่มาของข้อมูล ได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ผู้ใช้ไปเก็บรวบรวมข้อมูลเอง ข้อ มูลที่ได้จะมีความทันสมัยมีความถูกต้องน่าเชื่อถือ แต่การรวบรวมข้อมูลต้องใช้เวลานาน ต้องใช้กำลังคนมาก เสียค่าใช้จ่าย สูง ไม่สะดวกเท่าที่ควร

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมไว้แล้วผู้ใช้เป็นเพียงผู้ที่น าข้อมูลนั้นมาใช้จึงเป็นการประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย แต่บางครั้งจะเป็นข้อมูลที่ไม่ตรงกับความต้องการ หรือไม่ละเอียดพอ นอกจากนี้ผู้ใช้มักจะไม่ทราบถึงข้อผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งมีผลท าให้การวิเคราะห์ผลอาจจะผิดพลาดได้

ระเบียบวิธีทางสถิติแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูล 2. การนำเสนอข้อมูล 3. การวิเคราะห์ข้อมูล 4. การตีความหมาย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล (data collection) เป็นการรวบรวมข้อมูล จากแหล่งข้อมูล ตามที่ได้มีการวางแผนไว้ซึ่งอาจเป็น ได้ทั้ง ข้อมูลปฐมภูมิ หรือทุติยภูมิ

2. การนำเสนอข้อมูล (data presentation) เป็นการจัดท าข้อมูลที่รวบรวมได้ให้อยู่ในรูปแบบที่กะทัดรัด เช่น ตาราง กราฟ แผนภูมิ ข้อความ เป็นต้น เพื่อความสะดวกในการอ่านข้อมูลให้เข้าใจง่าย และเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ต่อไป

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) เป็นขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลซึ่งในการวิเคราะห์จ าเป็นต้องใช้สูตรทางสถิติต่างๆหรือใช้การ อ้าง อิงทางสถิติขึ้นกับวัตถุประสงค์ของงานนั้นๆ เช่น การวิเคราะห์แนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง การวัดการ กระจาย การทดสอบสมมติฐาน การประมาณค่า เป็นต้น

4. การแปลความหมาย (interpretation) เป็นขั้นตอนของการน าผลการวิเคราะห์มาอธิบายให้บุคคลทั่ว ไปเข้า ใจ อาจจำเป็น ต้องมีการ ขยายความในการอธิบาย เพื่อให้งานที่ศึกษาเป็นประโยชน์ต่อคนทั่ว ไปได้จากกระบวนการทางสถิติดังกล่าว เราสามารถจ าแนกเป็นสถิติศาสตร์ที่สอดคล้องกับขั้นตอนต่างๆ ได้2 ลักษณะคือ สถิติบรรยาย (หรือสถิติเชิง พรรณนา) และสถิติอ้างอิง (หรือสถิติเชิงอนุมาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการนำเสนอข้อมูลทั้งหมดข้างต้น ถ้ามีข้อมูลจำนวนมาก อาจทำให้ผู้อ่านหรือผู้ใช้เข้าใจได้ยาก จึงมี การนำเสนอค่าตัวแทนของข้อมูลเพื่อ ให้เห็นลักษณะของข้อมูลจากค่าตัวแทนของข้อมูลค่าใดค่าหนึ่ง ค่าตัว แทนของข้อมูล หรือการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางที่นิยมใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean, X) ค่ามัธยฐาน (median) และค่าฐานนิยม (mode)

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) [7] ค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นค่าเฉลี่ยที่นิยมใช้กันมากที่สุด จะแทนด้วย μ (มิว) เมื่อคำนวณจากข้อมูลทั้งประชากร และแทนด้วย เมื่อค านวณจากข้อมูลตัวอย่าง การคำนวณหาได้จากผลรวมของข้อมูลทุกค่าแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด สำรับการคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขาคณิตแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

- กรณีข้อมูลไม่มีการจัดหมวดหมู่

ข้อมูลประชากร
ถ้ามีข้อมูล X 1 ,..., X N รวม N ตัว

ข้อมูลตัวอย่าง
ถ้ามีข้อมูล X 1 ,..., X n รวม n ตัว

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N} \qquad \overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \tag{3.3}$$

ถ้าข้อมูล X1 ,...,XK มีความถี่ หรือปรากฏรวม f1 ,...,fK ครั้งตามลำดับ

ข้อมูลประชากร
ถ้ามีข้อมูล X 1 ,..., X N รวม N ตัว

ข้อมูลตัวอย่าง
ถ้ามีข้อมูล X 1 ,..., X n รวม n ตัว

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{K} f_i X_i}{\sum_{i=1}^{K} f_i} = \frac{\sum_{i=1}^{K} f_i X_i}{N} \qquad \mu = \frac{\sum_{i=1}^{K} f_i X_i}{\sum_{i=1}^{K} f_i} = \frac{\sum_{i=1}^{K} f_i X_i}{n} \tag{3.4}$$

- กรณีข้อมูลมีการจัดหมวดหมู่

ข้อมูลประชากร
ถ้ามีข้อมูล X 1 ,..., X N รวม N ตัว

ข้อมูลตัวอย่าง
ถ้ามีข้อมูล X 1 ,..., X n รวม n ตัว

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{K} f_i X_i}{\sum_{i=1}^{K} f_i} = \frac{\sum_{i=1}^{K} f_i X_i}{N} \qquad \mu = \frac{\sum_{i=1}^{K} f_i X_i}{\sum_{i=1}^{K} f_i} = \frac{\sum_{i=1}^{K} f_i X_i}{n} \tag{3.5}$$

ถ้าข้อมูล X 1 ,...,X K มีความถี่ หรือปรากฏรวม f 1 ,...,f K ครั้งตามลำดับ
เมื่อ K คือ จำนวนชั้นของข้อมูล
X_i คือ ค่ากึ่งกลางของชั้นที่ i เมื่อ I = 1, 2, 3, ... , K
f_i คือ ความถี่ของชั้นที่ i เมื่อ I = 1, 2, 3, ... , K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของค่าเฉลี่ย

1. เป็นตัวแทนข้อมูล ที่ใช้ข้อมูลทุกค่ามาทำการคำนวณหาขนาดของค่าเฉลี่ย

2. เนื่องจากมีการนำข้อมูลทุกค่ามาคำนวณตามหลักคณิตศาสตร์จึงสามารถใช้ในการวิเคราะห์สถิติขั้นสูงได้

3. เนื่องจากมีการใช้ข้อมูลทุกค่ามาคำนวณ ดังนั้นหากมีข้อมูลบางตัวที่มีขนาดใหญ่มากๆหรือเล็ก มากๆ ผิดปกติจะมีผลต่อการคำนวณขนาดของค่าเฉลี่ยด้วย

4. ข้อมูลที่มีมาตรวัดเป็นนามบัญญัติ (nominal scale) และเรียงอันดับ (ordinal scale) ไม่สามารถใช้คำนวณค่าเฉลี่ยได้

ในงานวิจัยนี้จะใช้หลักการของสถิติมาช่วยในการนับจำนวนของแผ่นกระดาษลูกฟูก โดยจะใช้หลักการหาค่าเฉลี่ยของค่าพิกเซลในภาพที่จัดแยกเรียบร้อยแล้วโดยค่าเฉลี่ยที่ได้ก็คือค่าของข้อมูลพิกเซลในแต่ละแถวทั้งหมดรวมกันหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมดทั้งคอลัม เขียนเป็นสูตรได้ว่า[9]

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (3.6)$$

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของพิกเซล

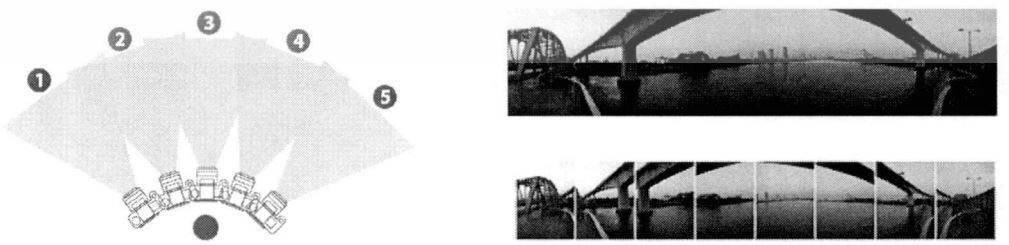
X คือ ค่าของข้อมูลพิกเซลในแต่ละแถวภาพ

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดทั้งคอลัมภาพ

i คือ แถวของภาพ

3.5 ภาพพาโนรามา (Panorama Image)

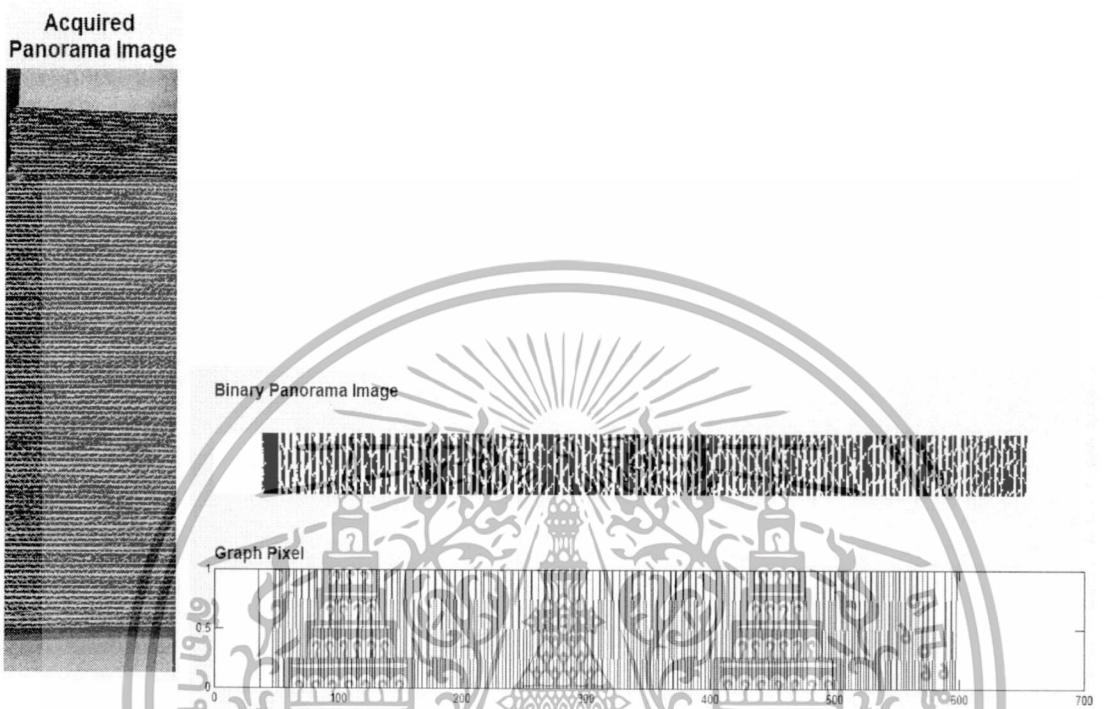
พาโนรามา หรือ แพนโนรามา (Panorama) คือ ภาพที่สร้างขึ้นโดยการนำภาพชุดหลายๆ ภาพมาต่อกันเป็นภาพใหญ่ภาพเดียว พูดอีกอย่างหนึ่ง คือ เป็นการสร้างภาพวิวที่เห็นสมบูรณ์เต็มตา ซึ่งไม่สามารถถ่ายได้ในครั้งเดียว ให้มาอยู่ในเฟรมเดียวกันได้ [8]



รูปที่ 3.13 ลักษณะการถ่ายภาพพาโนรามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแบบพาโนรามา เป็นการถ่ายต่อเนื่องกันในแนวตั้งหรือแนวนอน ภาพที่ถ่ายในมุมกว้างที่มีแนวภาพในแนวนอนกว้างกว่าแนวสูง มากกว่า 2 เท่าขึ้นไป นิยมถ่ายภาพที่ต้องการบันทึกพื้นที่กว้างของภาพมากกว่า การถ่ายตามปกติ



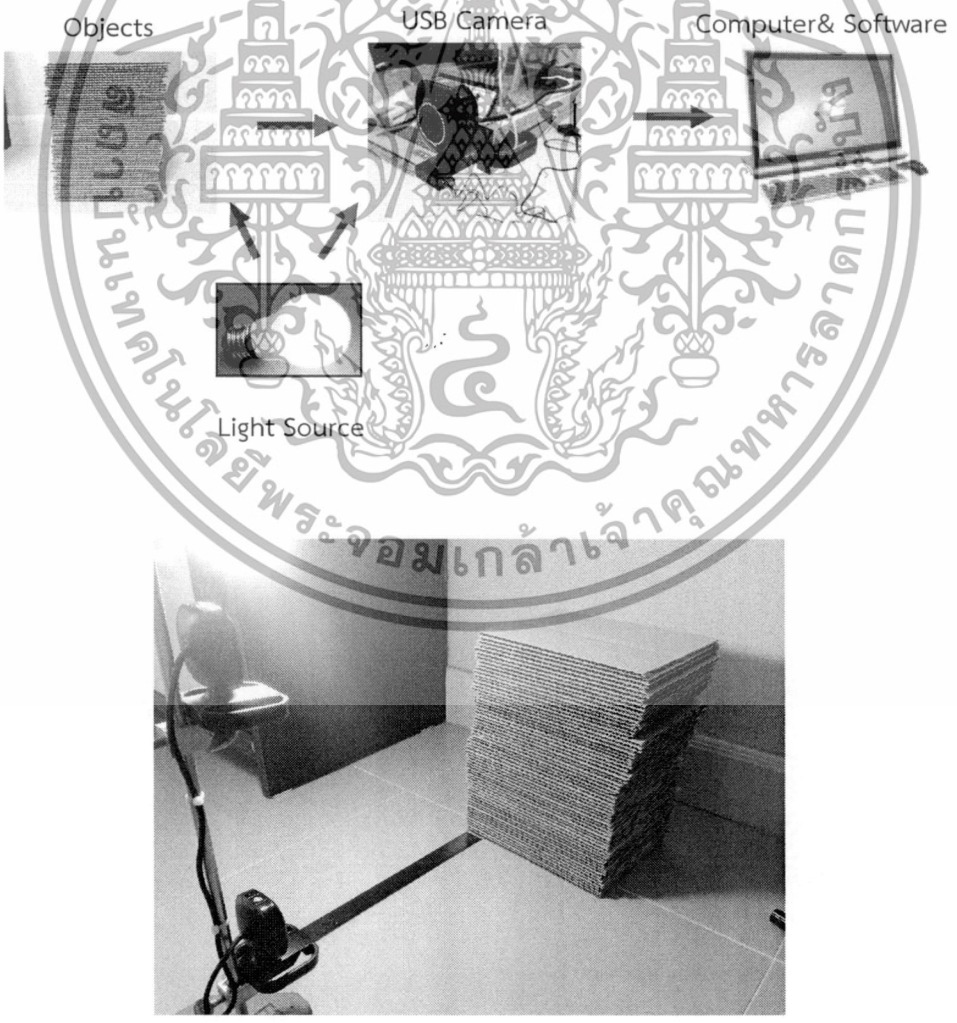
รูปที่ 3.14 ภาพกระดาษลูกฟูกแบบพาโนรามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบการศึกษาวิจัยการอ่านภาพด้วยความเข้มแสงที่มีผลต่อการประมวลผลการนับกระดาษลูกฟูก

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการศึกษาวิจัยและขั้นตอนการออกแบบการตรวจสอบจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก โดยจะศึกษาทดลองในกระดาษลูกฟูกด้านตัด (Cut-Off) [1] โดยใช้ทฤษฎีการปรับปรุงภาพที่ถูกถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ USB, ทฤษฎีพาโนรามา และหลักการทางสถิติเบื้องต้น จากนั้นจะประมวลผลมาในรูปแบบของตัวเลขของจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก โดยทั้งหมดในการทดลองและวิจัยนี้ใช้โปรแกรม MATLAB 7.14 R2012a [6] [10]

4.1 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนของระบบการตรวจสอบจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ส่วนประกอบของระบบในการทดลอง

วัตถุตัวอย่างในการทดลองจะนำมาจากโรงงานผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูกโดยตรง ซึ่งจะมี 2 ลักษณะด้วยกัน คือ แบบลอน C และ BC ส่วนของกล้องเวบแคมหรือกล้องUSB รุ่น Microsoft® Life Cam VX-2000 High-speed USB compatible with the USB 2.0 [11] โดยกล้องมีลักษณะ Digital pan, digital tilt, vertical tilt, and swivel pan, and 4x digital zoom และ Fixed focus from 0.4 m. to 2.0 m., ชุดเสาการทดลอง, ไฟส่องสว่าง 14 วัตต์ สุดท้ายจะเป็นชุดคอมพิวเตอร์และโปรแกรม MATLAB 7.14 R2012a

รูปที่ 4.2 กล้องรุ่น Microsoft® Life Cam VX-2000 High-speed USB compatible with the USB 2.0

ในการทดลองใช้กล้องรุ่น Microsoft® Life Cam VX-2000 เป็นอุปกรณ์จับภาพ ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของระบบ โดยการศึกษาวิจัยนี้จะเน้นการใช้งานที่ง่ายไม่ซับซ้อน รวมถึงราคาของอุปกรณ์ไม่สูงมาก ทางผู้วิจัยจึงเลือกใช้กล้องถ่ายภาพแบบ USB ในการศึกษาอัลกอริทึม เพื่อจะนำไปพัฒนาต่อยอดในอนาคต

4.3 หลักการทางสถิติที่ใช้ในการทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะใช้หลักการของสถิติมาช่วยในการนับจำนวนของแผ่นกระดาษลูกฟูก โดยจะใช้หลักการหาค่าเฉลี่ยของค่าพิกเซลในภาพที่จัดแยกเรียบร้อยแล้วโดยค่าเฉลี่ยที่ได้ก็คือค่าของข้อมูลพิกเซลในแต่ละแถวทั้งหมดรวมกันหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมดทั้งคอลัม เขียนเป็นสูตรได้ว่า[9]

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (4.1)$$

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของพิกเซล

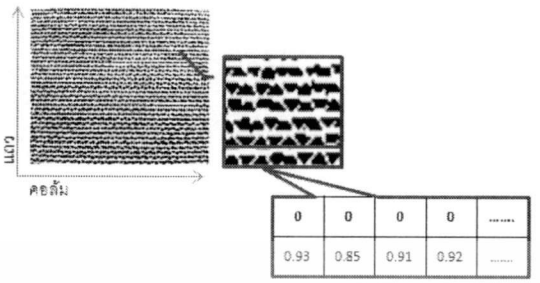
X คือ ค่าของข้อมูลพิกเซลในแต่ละแถวภาพ

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดทั้งคอลัมภาพ

i คือ แถวของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองจะใช้การปรับปรุงภาพที่ได้จากกล้อง ให้ได้ภาพที่จะนำไปวิเคราะห์เพื่อนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก ในกระบวนการสุดท้ายจะใช้ภาพในระบบขาวดำหรือไบนารี่ มาวิเคราะห์ค่าพิกเซล



รูปที่ 4.3 ค่าพิกเซลจากภาพขาวดำ

การคำนวณขึ้นอยู่กับขนาดของภาพ ในงานวิจัยนี้ใช้ภาพขนาด 640 x 480

แถวที่ 1

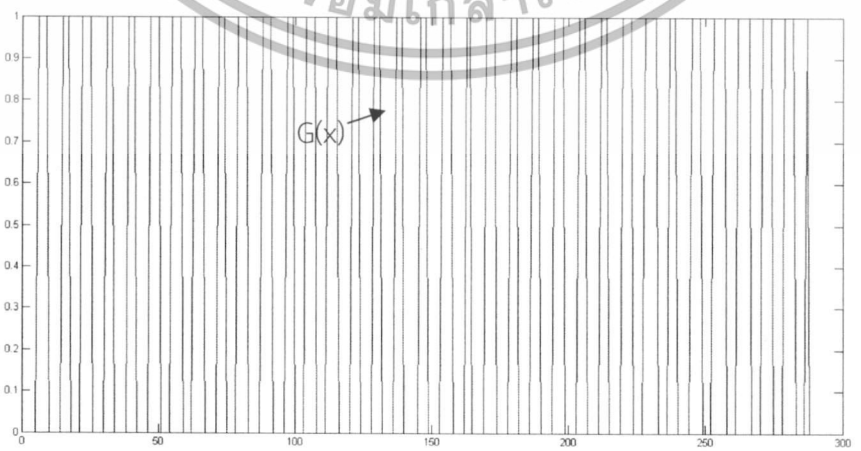
$$\bar{x} = \frac{1}{640} \cdot \sum_{i=1}^{640} x_1$$

แถวที่ 480

$$\bar{x} = \frac{1}{640} \cdot \sum_{i=1}^{640} x_{640}$$

ค่าพิกเซลที่ได้จะถูกนำมาพล็อตกราฟเพื่อแสดงค่าพิกเซลที่ได้จากการคำนวน โดยมีเงื่อนไขการนับว่า

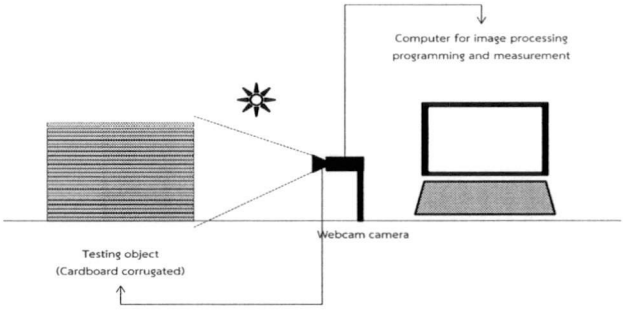
$$G(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } f(x) >= 0.5 \\ 0, & \text{if } f(x) < 0.5 \end{cases}$$



รูปที่ 4.4 กราฟจากพล็อตค่าพิกเซลของภาพไบนารี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

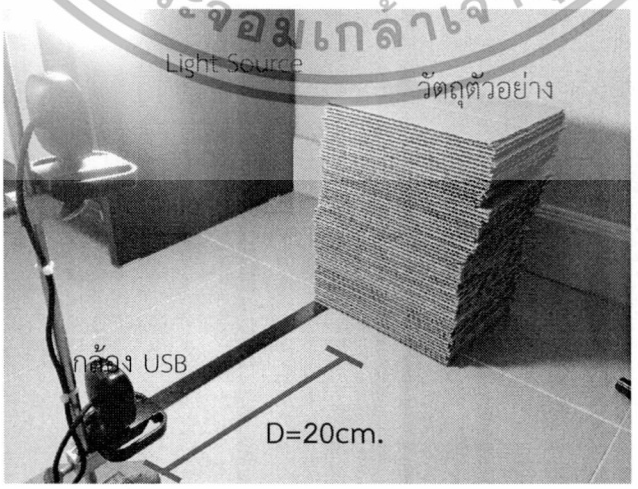
4.4 การออกแบบติดตั้งการทดลอง



รูปที่ 4.5 ภาพจำลองการทดลองที่ใช้ในการนับแผ่นกระดาษลูกฟูก

ระบบที่ออกแบบเพื่อใช้ในการนับกระดาษลูกฟูกแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งจะนำตัวอย่างกระดาษลูกฟูกจำนวนหนึ่งมาวางบนโต๊ะทดลองโดยมีการควบคุมแสงด้วยการเปิดไฟแสงสว่างในห้องปกติ จากนั้นจะใช้กล้องถ่ายภาพแบบเวบแคม Microsoft Life cam ความละเอียดในการจับภาพวิดีโอ 640x480 พิกเซล 1.3 ล้านพิกเซล วางในตำแหน่งที่สามารถเห็นวัตถุทั้งหมดได้ ในงานวิจัยนี้จะทำการเก็บบันทึกข้อมูลรูปภาพที่ได้อยู่ในรูปแบบของ JPG ไฟล์ แล้วนำไปประมวลผลบนโปรแกรม ที่พัฒนาโดยโปรแกรม MATLAB 7.14 R2012a เพื่อการประมวลผลในการนับจำนวน

หลักการใช้กล้องถ่ายภาพแบบ USB ถ่ายภาพแบบเคลื่อนไหวของวัตถุตัวอย่างที่จะตรวจสอบ ซึ่งเป็นการทดลองที่ง่ายและสะดวก แล้วจับเป็นภาพเป็นภาพนิ่งเพื่อง่ายต่อการนำภาพมาประมวลผลและวิเคราะห์ โดยข้อมูลภาพที่ได้จะเป็นภาพในระบบ 2 มิติ และนำภาพมาต่อกันในรูปแบบของพาโนรามา แต่การทดลองต้องใช้แสงสว่างที่เพียงพอเพื่อให้ได้ภาพที่ดีและสามารถนำไปวิเคราะห์ได้ง่าย หลังจากนั้นนำภาพที่ได้มาแปลงลักษณะของภาพเป็นภาพในระบบขาวดำ เพื่อนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของภาพหรือการใช้หลักการจัดแยกภาพเพื่อที่จะได้ง่าย สุดท้ายก็เข้าสู่กระบวนการทางสถิติเพื่อคำนวณหาค่าจำนวนของวัตถุที่ต้องการต่อไป

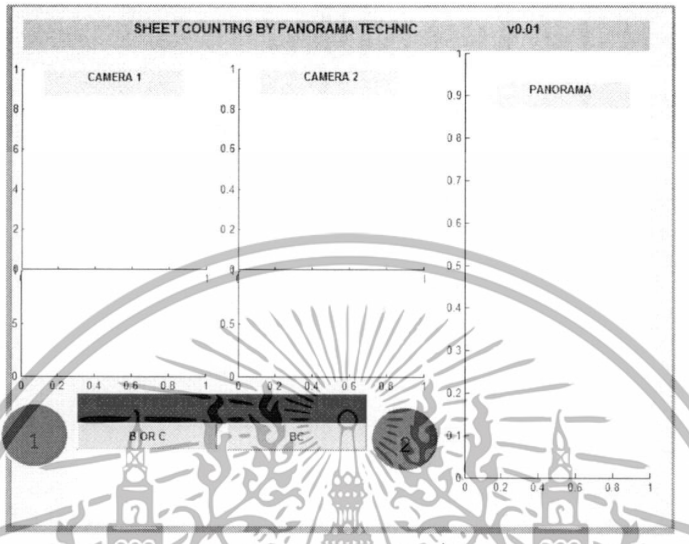


รูปที่ 4.6 ภาพการทดลองที่ใช้ในการนับแผ่นกระดาษลูกฟูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

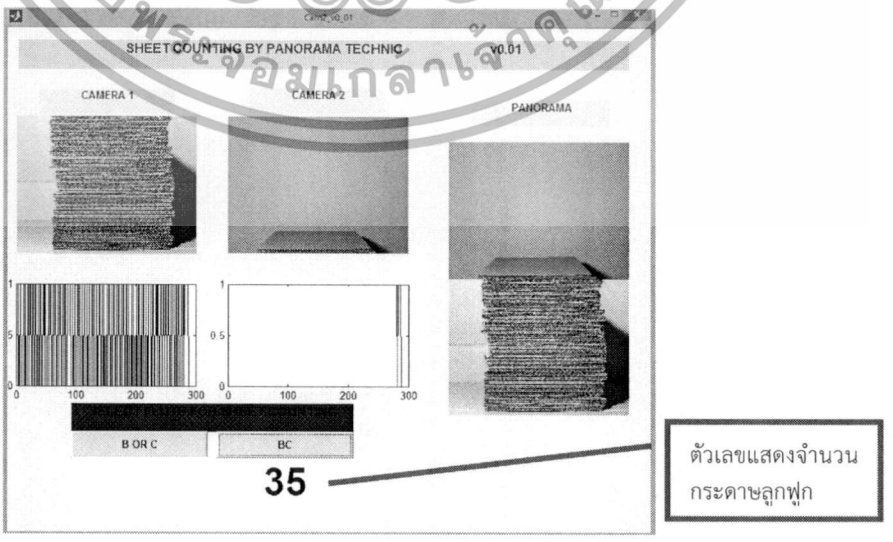
4.5 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพที่ได้จากกล้องเพื่อทำการหาจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก โดยใช้โปรแกรมประมวลผลภาพที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นในการนับจำนวนกระดาษลูกฟูก รวมถึงมีการใช้ฟังก์ชั่นที่เกี่ยวกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ทำให้เกิดความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น



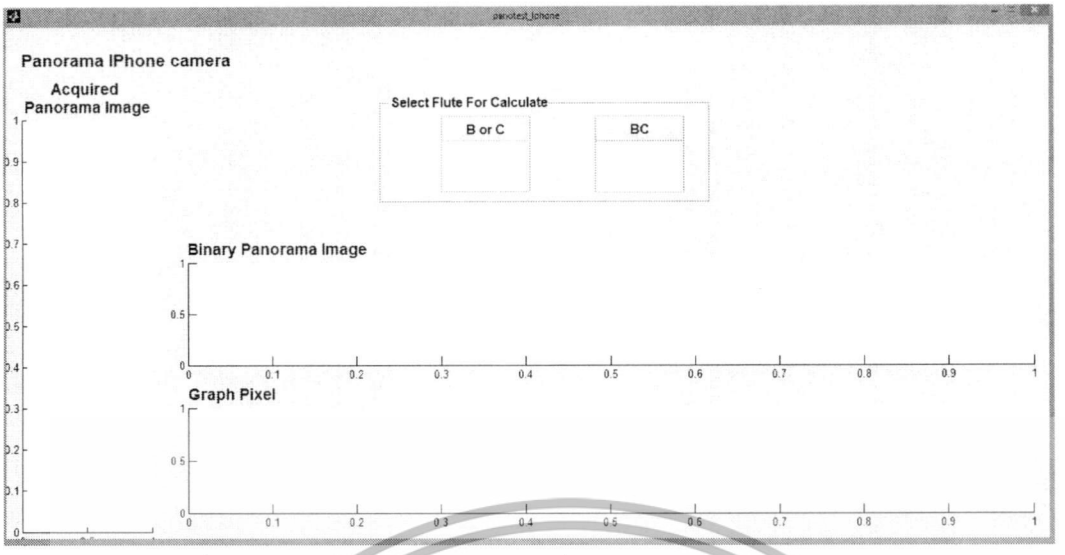
รูปที่ 4.7 โปรแกรม MATLAB Graphic User Interface ที่ใช้ในการทดลองนับกระดาษลูกฟูกแบบเวลาจริง (Real time)

จากรูปที่ 4.7 เป็นโปรแกรมที่ออกแบบพัฒนาขึ้นมาใช้ในการทดลอง โดยโปรแกรมจะแสดงรูปภาพแบบเวลาจริง (Real time) ที่ช่อง CAMERA 1 และ CAMERA 2 จากนั้นรูปทั้งสองจะรวมกันเป็นรูปพาโนรามาในช่อง PANORAMA และมีกราฟแสดงจำนวนพิกเซลของไบนารี่ โดยในการทดลองจะให้เลือกลักษณะลอนที่ต้องการทดลองโดยการประมวลผลจะเริ่มขึ้นโดยการกดปุ่มเลือกลอน คือ 1 ลอนชนิด B หรือ C (single wall) และ 2 ลอนชนิด BC (Double wall)



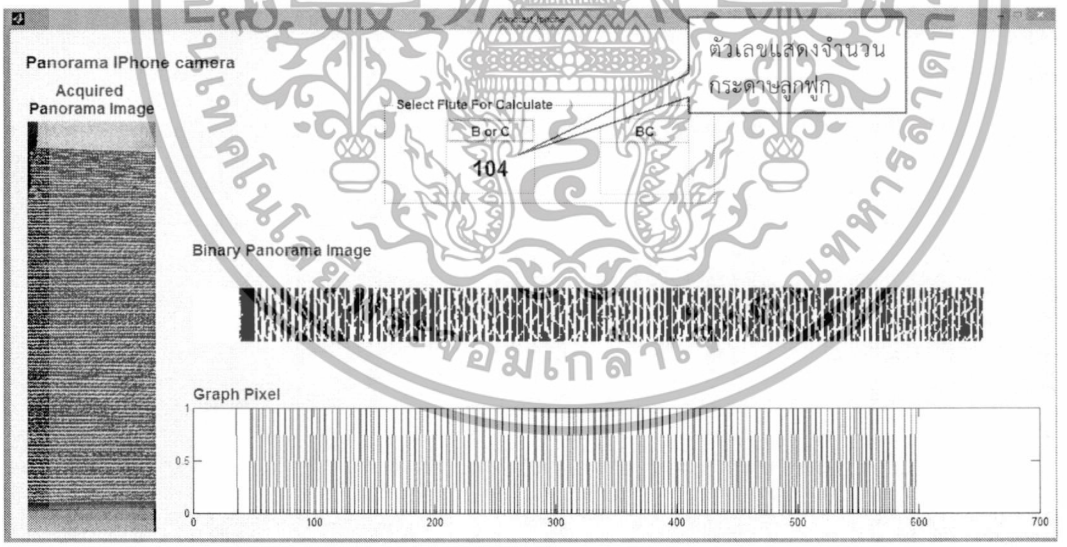
รูปที่ 4.8 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลภาพและนับจำนวนลอน BC แบบเวลาจริง (Real time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 โปรแกรม MATLAB GUI ที่ใช้ในการทดลองนับกระดาษลูกฟูก
แบบชั่วขณะ (Non-real time)

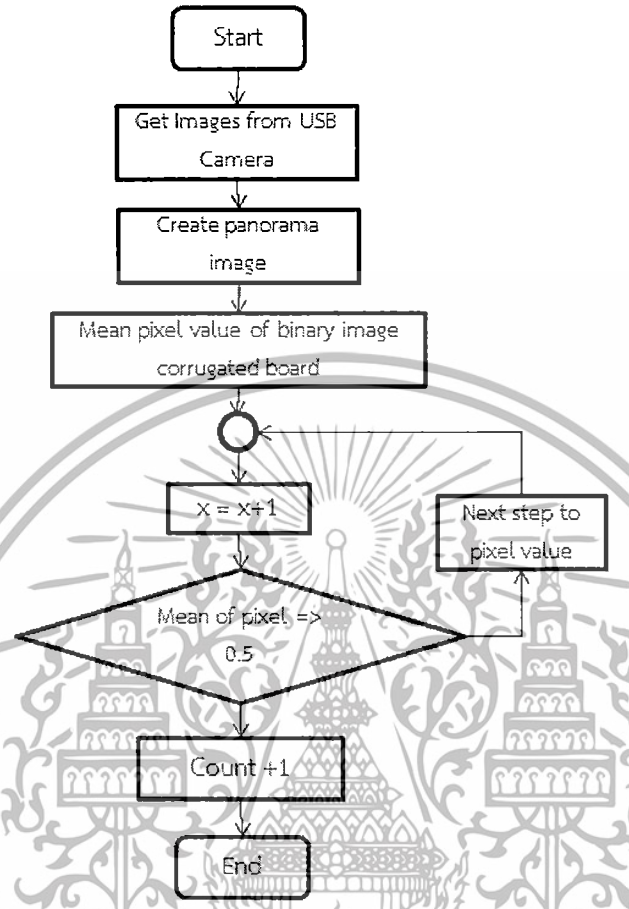
ในส่วนของโปรแกรมการทดลองแบบชั่วขณะ ใช้วิจัยทดลองในส่วนของการรับภาพจากโทรศัพท์ไอโฟนในการถ่ายแบบพาโนรามา แล้วใช้อัลกอริมเดียวกับแบบเวลาจริงในการประมวลผลการนับจำนวนกระดาษลูกฟูก แต่สามารถถ่ายภาพได้ในมุมกว้างกว่า



รูปที่ 4.10 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลภาพและนับจำนวนลอน C
แบบเวลาชั่วขณะ (Non-Real time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ไดอะแกรมขั้นตอนการประมวลผลภาพ



รูปที่ 4.11 ไดอะแกรมแสดงกระบวนการทำงานตั้งแต่การรับภาพจากกล้องจนถึงกระบวนการนับ

4.7 อัลกอริทึมวิธีการนับจำนวนกระดาษลูกฟูก

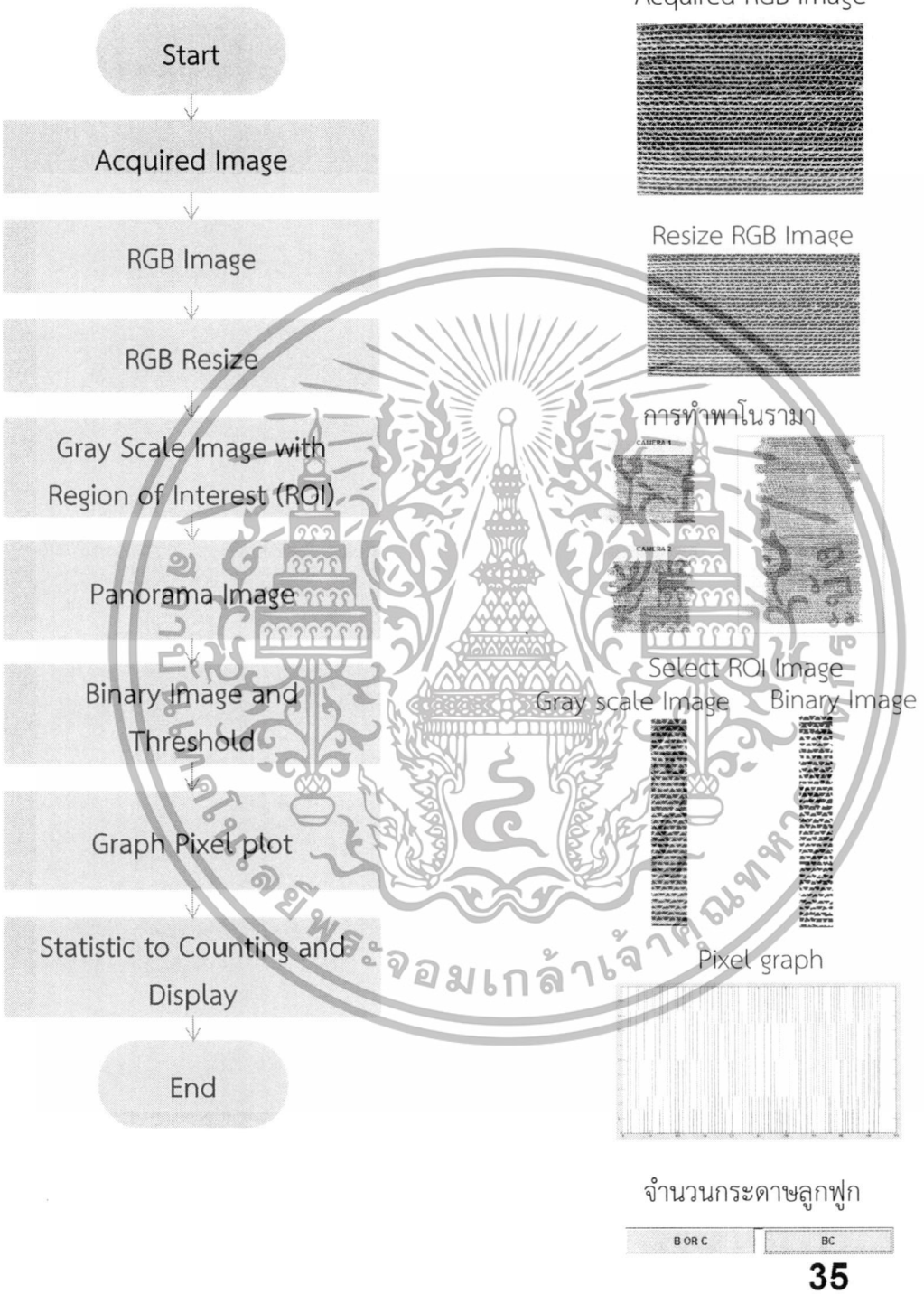
จากรูปที่ 4.3 เป็นตัวอย่างกระดาษลูกฟูกซึ่งแสดงให้เห็นว่าเราสามารถหาความแตกต่างของแผ่นกระดาษลูกฟูกแต่ละแผ่นได้โดยวิธีการแปลงภาพและการหาค่าทางสถิติ ดังนั้นอัลกอริทึมที่ใช้ในบทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อต้องการนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก

4.7.1 ขั้นตอนการประมวลผลภาพและการทำงานของระบบการนับจำนวนกระดาษลูกฟูก

ในหัวข้อนี้อธิบายถึงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการตรวจนับจำนวนกระดาษลูกฟูก ซึ่งการทำงานจะแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ การวางตำแหน่งกล้องเพื่อรับภาพจากวัตถุ การปรับปรุงภาพ การวิเคราห์กราฟเชิงสถิติแบบมีเงื่อนไข และการนับจำนวน ขั้นตอนและลำดับการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อใช้ในการตรวจนับจำนวนกระดาษลูกฟูกแสดงดังรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12 (ก) แสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ และ (ข) แสดงภาพที่ได้จากขั้นตอนต่าง ๆซึ่งถูกดำเนินการโดยโปรแกรมประมวลผลภาพและรับภาพมาจากกล้องเวบแคม ทำการปรับปรุงภาพก่อนการคำนวณหาพิกเซล โดยแต่ละกระบวนการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



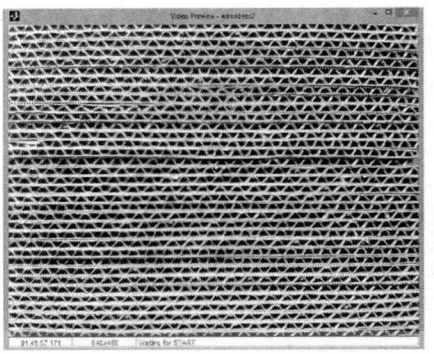
(ก) แสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ (ข) แสดงภาพที่ได้จากขั้นตอนต่าง ๆ

รูปที่ 4.12 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.2 ภาพที่รับมาจากกล้องจะเป็นภาพ RGB ขนาด 640x480

```
1       %get image from usb camera#1
2 -     vid1 = videoinput('winvideo', 2, 'MJPG_640x480');
3       %Im0 = getsnapshot(vid1);
4 -     vid1.FramesPerTrigger = 1;
5 -     triggerconfig(vid1, 'manual');
6 -     vid1.TimerFcn='trigger(vid1)';
7 -     vid1.TimerPeriod = 1;
8       %preview(vid1);
9 -     pause(1);
10 -    start(vid1);
11 -    Im0=getdata(vid1);
12 -    figure(1), imshow(Im0)
```



รูปที่ 4.13 ขั้นตอนการรับภาพจากกล้องเวบแคมผ่านโปรแกรม MATLAB [12]

4.7.3 ภาพจะ Resize จากขนาด 640x480 เป็น 325x288

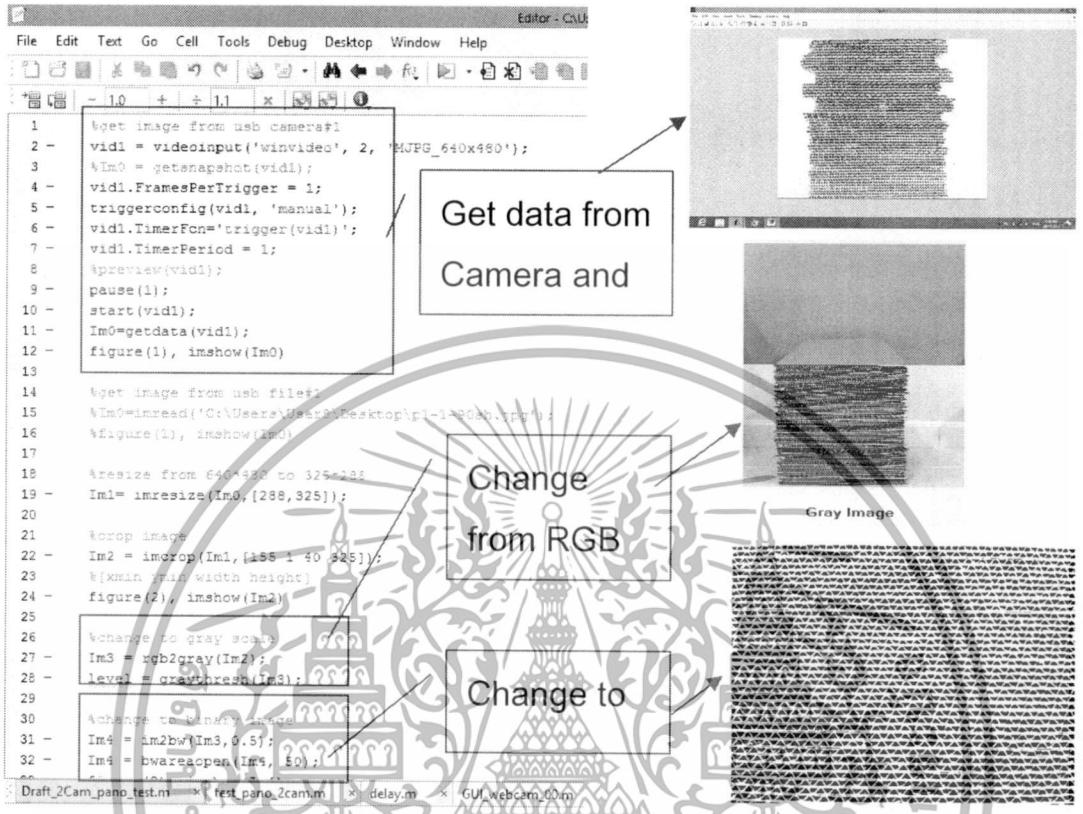
เพื่อให้เกิดการเป็นลอนเพิ่มขึ้น จากนั้นจะนำภาพมาต่อกันเพื่อให้เกิดภาพในแนวตั้งหรือพาโนรามา

```
261     %PairOfImages
262 -   axes(handles.axes3);
263 -   PairOfImages = [handles.Im5;handles.Im0];
264     %figure(9)
265 -   imshow(PairOfImages)
266
```

รูปที่ 4.14 ขั้นตอนการทำภาพเป็นแบบพาโนรามา [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.4 นำภาพมาปรับปรุงภาพเป็นภาพแบบ Gray Scale และ Binary ตามลำดับ และเลือกพื้นที่ที่ต้องการประมวลผลต่อไปหรือ Region of Interest (ROI) [10] [12]



รูปที่ 4.15 กระบวนการปรับปรุงภาพผ่านโปรแกรม MATLAB

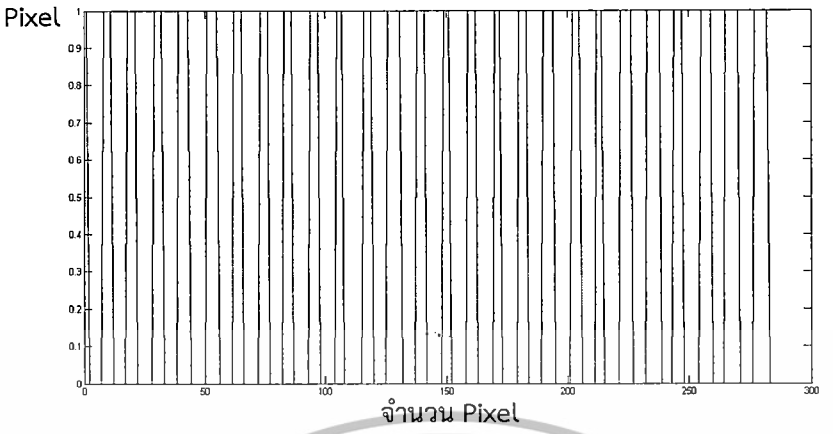
ภาพที่ได้จากการปรับปรุงแล้วจะถูกเลือกขอบเขตที่สนใจหรือ Region of Interest (ROI) เพื่อนำภาพที่เลือกไปประมวลผลให้รวดเร็วกว่านำภาพใหญ่

(ก) ภาพระดับสีเทา Gray Scale (ข) ภาพระดับสีเทาและระบบขาวดำ Binary ที่ ROI แล้ว

รูปที่ 4.16 ภาพกระดาษลูกฟูกหลังจากปรับปรุงภาพ

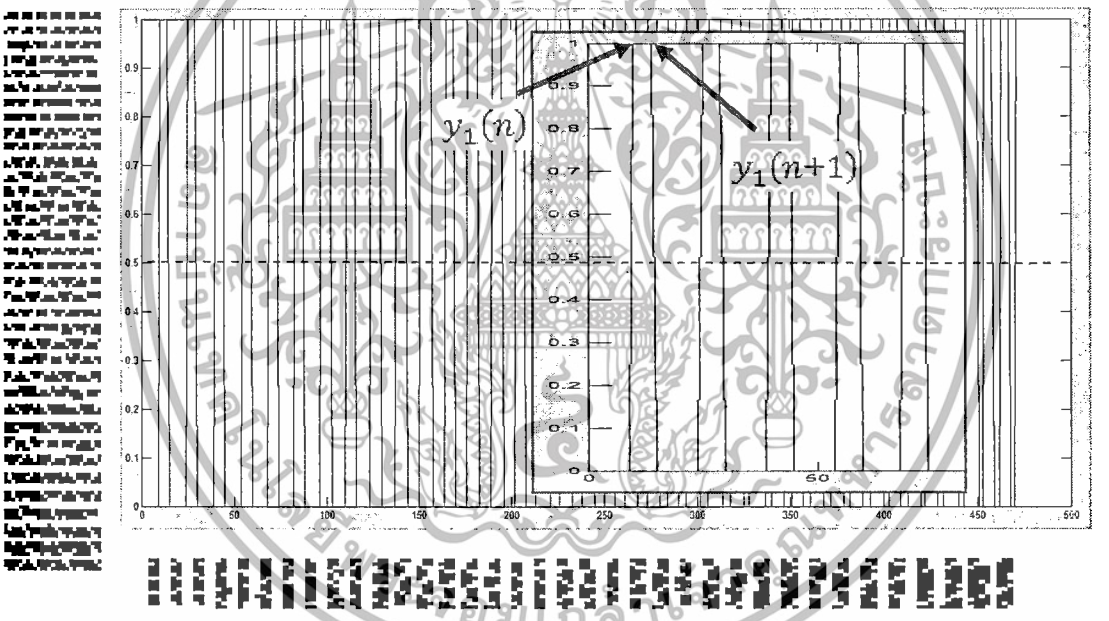
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.5 พล็อตค่าพิกเซลของภาพที่ได้มาเป็นกราฟ



รูปที่ 4.17 ตัวอย่างของกราฟค่าพิกเซลที่ได้จากภาพตัวอย่างแบบ Binary

4.7.6 ใช้หลักการสถิติในการคำนวณจำนวนแล้วแสดงผล



รูปที่ 4.18 ตัวอย่างของกราฟค่าพิกเซลที่ได้จากภาพตัวอย่างแบบ Binary เทียบกับภาพ Binary

จากรูปที่ 4.18 สามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

เมื่อ n=1 ถึง 480 (จำนวนพิกเซล) จะได้สมการ

$$a = \frac{y_1(n) + y_1(n+1)}{2} \qquad (4.2)$$

โดย ถ้า a==0.5 จะนับเป็นแผ่นกระดาษ = 1 แผ่น

*ในช่วงของขอบแผ่นกระดาษลูกฟูกจะปรากฏภาพออกมาภาพ binary สีขาว ซึ่งค่าพิกเซล = 1

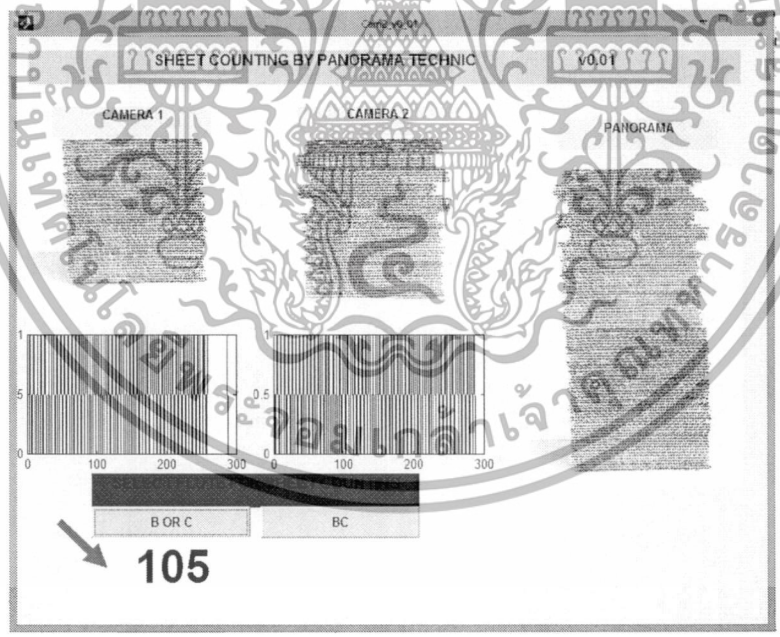
**ในช่วงของขอบแผ่นกระดาษลูกฟูกจะปรากฏภาพออกมาภาพ binary สีดำ ซึ่งค่าพิกเซล = 0

เอกสารนี้เป็นของที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.6 อัลกอริทึมในการนับจำนวน

การนับจำนวนลอน C ใน MATLAB

```
c=0;
    for n=1:479

    a=(y(n)+y(n+1))/2;

        if a==0.5

      c=c+1;

        end

    end

Sh = c/2;
Sh1=round(Sh);
Numsheets = Sh1
```

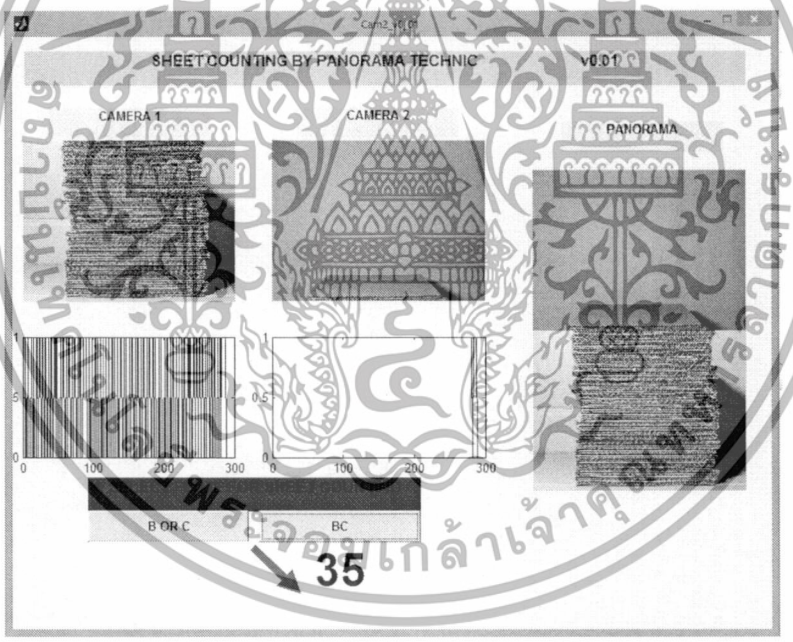


รูปที่ 4.19 ตัวอย่างของโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนับจำนวนลอน BC ใน MATLAB

```
c3=0;
    for n3=1:287

    a3=(handles.y3(n3)+handles.y3(n3+1))/2;

        if a3==0.5

      c3=c3+1;

        end

    end

Sh3 = c3/2;
Sh3=round(Sh3);
Numsheets3 = Sh3+1
Numsheets3 = round((Numsheets3)/2)
```



รูปที่ 4.20 ตัวอย่างของโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน BC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองของการตรวจนับจำนวนกระดาษลูกฟูกจากการใช้กล้องเวบแคมและกล้องจากโทรศัพท์เพื่อทำเป็นภาพพาโนรามา โดยงานวิจัยนี้จะทดลองกับกระดาษลูกฟูก 2 แบบ คือ ทดลองนับกระดาษลูกฟูกจากลอนชนิด C และชนิด BC ในด้านลอนกระดาษลูกฟูกหรือเรียกว่าด้าน Cut-off [1]ซึ่งจะมาความแตกต่างกันในเรื่องของความหนา และลักษณะลอนที่ต่างกัน

การทดลองการตรวจสอบจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก 2 ชนิด คือ

1. ลอนแบบ C
2. ลอนแบบ BC

โดยลอนทั้งสองจะแตกต่างกันที่สูตรคำนวณจำนวนการนับแผ่นกระดาษลูกฟูก

5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองของงานวิจัยนี้ใช้กล้องเวบแคมหรือกล้องUSB รุ่น Microsoft® Life Cam VX-2000 High-speed USB compatible with the USB 2.0 [11] โดยกล้องมีลักษณะ Digital pan, digital tilt, vertical tilt, and swivel pan, and 4x digital zoom และ Fixed focus from 0.4 m. to 2.0 m. โดยเชื่อมต่อกับพอร์ท USB ของคอมพิวเตอร์ทดลอง โดยการเรียกใช้กล้องนั้นจะใช้คำสั่ง imaqtool ของโปรแกรมทดลองหรือ MATLAB 7.14 R2012a การติดตั้งกล้องทดลองนั้นจะติดตั้งกับชุดเสาการทดลองวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ง่ายต่อการปรับระยะ การทดลองนี้ยังใช้ไฟส่องสว่างขนาด 14 วัตต์หรือ 806 ลูเมน เพื่อเพิ่มแสงสว่างให้กับวัตถุทดลองด้วย

รูปที่ 5.1 กล้องรุ่น Microsoft® Life Cam VX-2000 High-speed USB compatible with the USB 2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้มีการประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพโทรศัพท์มือถือในการทำภาพพาโนรามา โดยการทดลองใช้กล้องถ่ายภาพของไอโฟน 5 โดยกล้องเป็นแบบ iSight Camera ความละเอียดระดับ 8 ล้านพิกเซล, เซ็นเซอร์รับภาพแบบ BSI, ชิ้นเลนส์ 5 ชิ้น, หน้าเลนส์แบบ Sapphire Crystal, ค่ารูรับแสง F/2.4

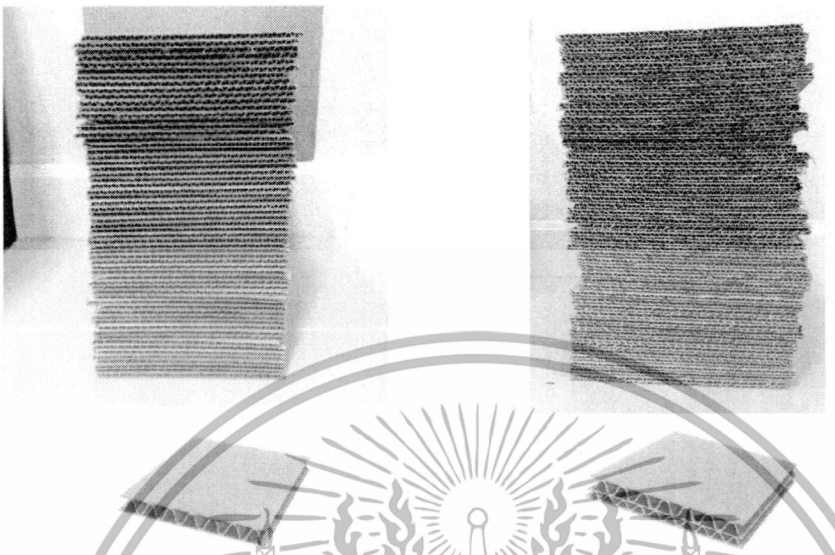
รูปที่ 5.2 การทดลองระบบการนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกแบบใช้กล้อง USB (ที่มา : http://www.thaimobilecenter.com/spec/Apple_iPhone_5.asp)

รูปที่ 5.3 การทดลองระบบการนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกแบบใช้กล้อง USB และกล้องจากไอโฟน 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วัตถุที่ใช้ในการทดสอบ

วัตถุที่ทดลอง ได้แก่ กระดาษลูกฟูกลอน C และลอน BC ดังรูป



รูปที่ 5.4 กระดาษลูกฟูกลอน C และลอน BC ตามลำดับ

5.3 ผลการทดลองและวิจารณ์

5.3.1 การทดลองกระดาษลูกฟูกลอน C

การทดลองหาค่าขีดแบ่ง (Threshold) ที่ภาพสามารถนำไปประมวลผลได้ดี จะได้ค่าระยะห่างของกระดาษลูกฟูกกับกล้องถ่ายภาพ USB ที่ 20 เซนติเมตร และค่าขีดแบ่ง (Threshold) ที่สามารถนำภาพไปประมวลผลได้ดี เท่ากับ 43 เป็นค่าที่การนับจำนวนแม่นยำที่สุด

ตารางที่ 5.1 การทดลองแสดงค่าขีดแบ่งของกระดาษลูกฟูกลอน C

ลอน C (3.5 mm.)	ค่าขีดแบ่ง (Threshold)														
	10	20	30	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	99
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 35 แผ่น	นับค่าไม่ได้	32	34	35	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34	นับค่าไม่ได้

จากตารางที่ 5.1 จะแสดงการทดลองค่าขีดแบ่ง (Threshold) ของการทดลองที่ตัวอย่างแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน C 35 แผ่น โดยทดลองจากค่าขีดแบ่ง (Threshold) จาก 10 จนถึง 99 ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

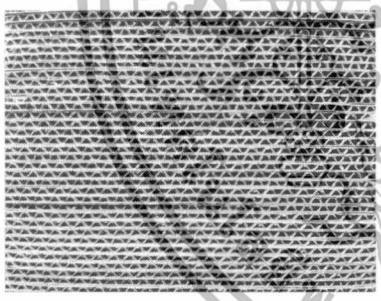
บริเวณการทดลองที่มีการควบคุมแสงที่ 806 ลูเมนและไม่มีสิ่งรบกวนรอบข้าง จากไฮไลท์สีเขียวคือ คือขีดแบ่งที่ 43 ซึ่งเป็นค่าที่ได้ค่าของการนับแม่นยำที่สุด

ตารางที่ 5.2 การทดลองแสดงค่าระยะห่างของกระดาษลูกฟูกกับกล้องของกระดาษลูกฟูกลอน C

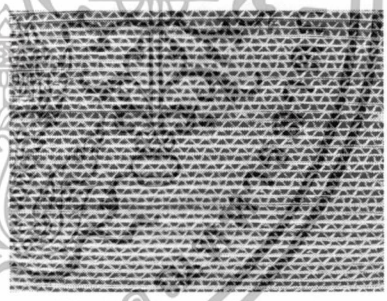
ลอน C (ความหนา 3.5 mm.)	ระยะห่างระหว่างกระดาษลูกฟูกกับกล้อง (D) cm.				
	10	15	20	25	30
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 19 แผ่น	19	19	19	18	นับค่าไม่ถูกต้อง
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 27 แผ่น	27	27	27	26	นับค่าไม่ถูกต้อง
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 34 แผ่น	33	34	34	34	นับค่าไม่ถูกต้อง
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 42 แผ่น	42	42	42	41	นับค่าไม่ถูกต้อง
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 50 แผ่น	51	51	50	49	นับค่าไม่ถูกต้อง

จากตารางที่ 5.2 เป็นการทดลองหาระยะห่างระหว่างกระดาษลูกฟูกกับกล้อง (D) ในหน่วยเซนติเมตร ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่ระยะกล้อง 20 ซม. จะได้ภาพที่ค่อนข้างชัดเจนและนำไปประมวลผลได้แม่นยำ โดยที่ระยะ 20 ซม. ทดลองนับกระดาษลูกฟูกลอน C ที่จำนวนต่างๆกัน พบว่าแม่นยำที่สุด

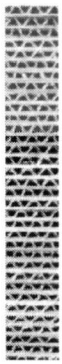
ค่าขีดแบ่ง(Threshold) = 43 ที่ระยะห่างกล้องกับกระดาษลูกฟูกที่ 20 เซนติเมตร



ภาพ RGB ขนาด 640x480



ภาพ RGB ขนาด 325x288

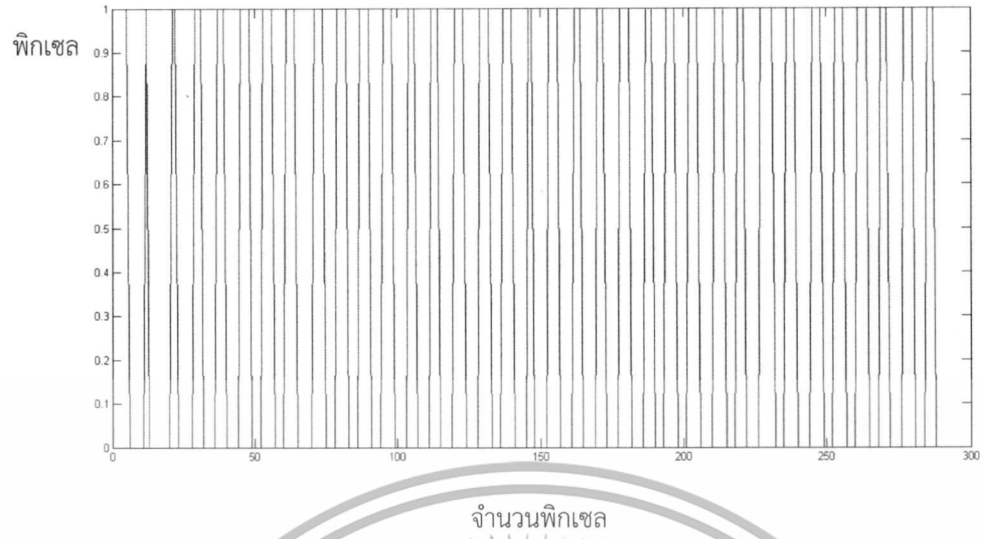


ภาพ ROI แบบ Gray Scale

ภาพ ROI แบบ Binary

รูปที่ 5.5 ตัวอย่างการทดลองกระดาษลอน C แบบด้านลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงค่าพิกเซลของภาพไบนารี่กระดาษลอน C

5.3.2 การทดลองกระดาษลูกฟูกลอน BC

การทดลองหาค่าขีดแบ่ง (Threshold) ที่ภาพสามารถนำไปประมวลผลได้ดี จะได้ค่าระยะห่างของกระดาษลูกฟูกกับกล้องถ่ายภาพ USB ที่ 20 เซนติเมตร และค่าขีดแบ่ง (Threshold) ที่สามารถนำภาพไปประมวลผลได้ดี เท่ากับ 44 เป็นค่าที่การนับจำนวนแม่นยำที่สุด

ตารางที่ 5.3 การทดลองแสดงค่าขีดแบ่งของกระดาษลูกฟูกลอน BC

ลอน BC (6.0 mm.)	ค่าขีดแบ่ง (Threshold)														
	10	20	30	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	99
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 22 แผ่น	นับค่าไม่ได้	9	17	21	22	22	22	22	22	22	22	21	21	19	นับค่าไม่ได้

จากตารางที่ 5.3 จะแสดงการทดลองค่าขีดแบ่ง (Threshold) ของการทดลองที่ตัวอย่างแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน BC 22 แผ่น โดยทดลองจากค่าขีดแบ่ง (Threshold) จาก 10 จนถึง 99 ในบริเวณการทดลองที่มีการควบคุมแสงที่ 806 ลูเมนและไม่มีสิ่งรบกวนรอบข้าง จากไฮไลท์สีเขียวคือคือขีดแบ่งที่ 44 ซึ่งเป็นค่าที่ได้ค่าของการนับแม่นยำที่สุด

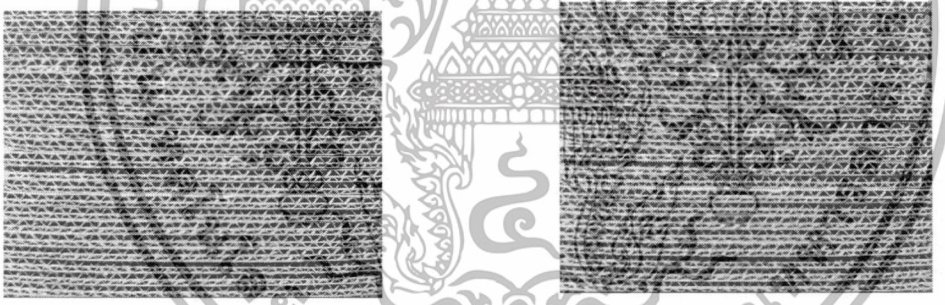
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 การทดลองแสดงค่าระยะห่างของกระดาษลูกฟูกกับกล้องของกระดาษลูกฟูกลอน BC

ลอน BC (6.0 mm.)	ระยะห่างระหว่างกระดาษลูกฟูกกับกล้อง				
	10	15	20	25	30
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 12 แผ่น	12	12	12	12	นับค่าไม่ถูกต้อง
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 17 แผ่น	17	17	17	16	นับค่าไม่ถูกต้อง
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 22 แผ่น	21	22	22	21	นับค่าไม่ถูกต้อง
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 26 แผ่น	26	26	26	26	นับค่าไม่ถูกต้อง
จำนวนกระดาษลูกฟูกที่นับได้ 33 แผ่น	32	32	33	33	นับค่าไม่ถูกต้อง

จากตารางที่ 5.2 เป็นการทดลองหาระยะห่างระหว่างกระดาษลูกฟูกกับกล้อง (D) ในหน่วยเซนติเมตร ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่ระยะกล้อง 20 ซม. จะได้ภาพที่ค่อนข้างชัดเจนและนำไปประมวลผลได้แม่นยำ โดยที่ระยะ 20 ซม. ทดลองนับกระดาษลูกฟูกลอน BC ที่จำนวนต่างๆกัน พบว่าแม่นยำที่สุด

ค่าขีดแบ่ง(Threshold) = 44 ที่ระยะห่างกล้องกับกระดาษลูกฟูกที่ 20 เซนติเมตร

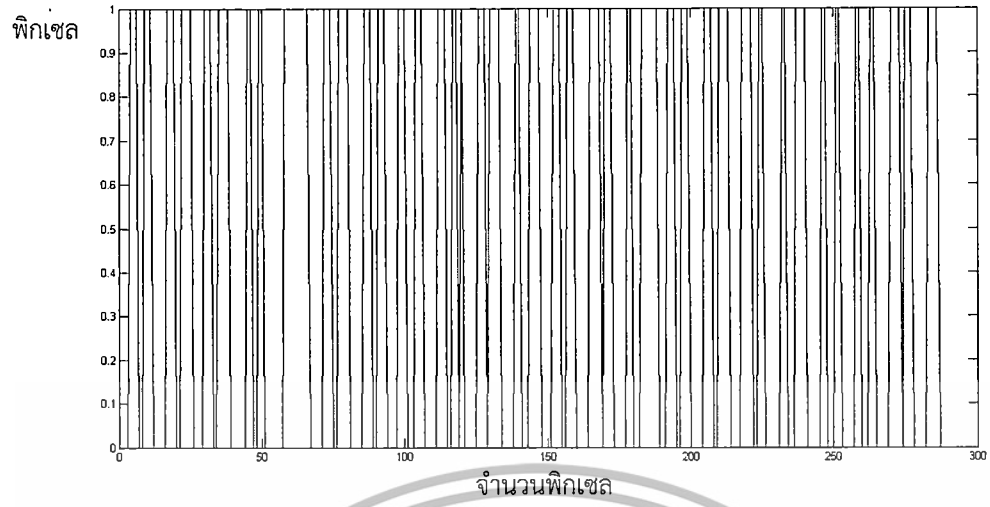


ภาพ RGB ขนาด 640x480 ภาพ RGB ขนาด 325x288

ภาพ ROI แบบ Gray Scale ภาพ ROI แบบ Binary

รูปที่ 5.7 ตัวอย่างการทดลองกระดาษลอน BC แบบด้านลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงค่าพิกเซลของภาพไบนารี่กระดาษลอน BC

5.3.3 การทดลองนับจำนวน

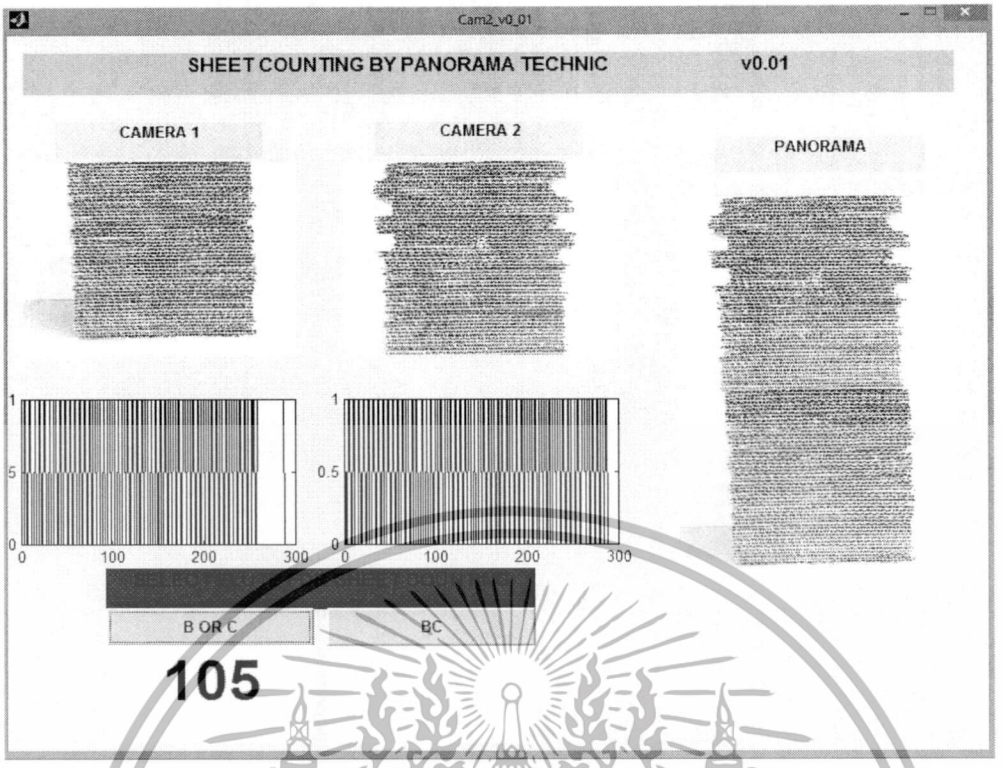
5.3.3.1 กระดาษลูกฟูกลอน C

จากการทดลองเพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุด ในการนำไปประมวลผลภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ USB ค่าเหล่านั้นได้นำไปทำการทดลองนับจำนวนตัวอย่างกระดาษลูกฟูกแบบซ้ำ

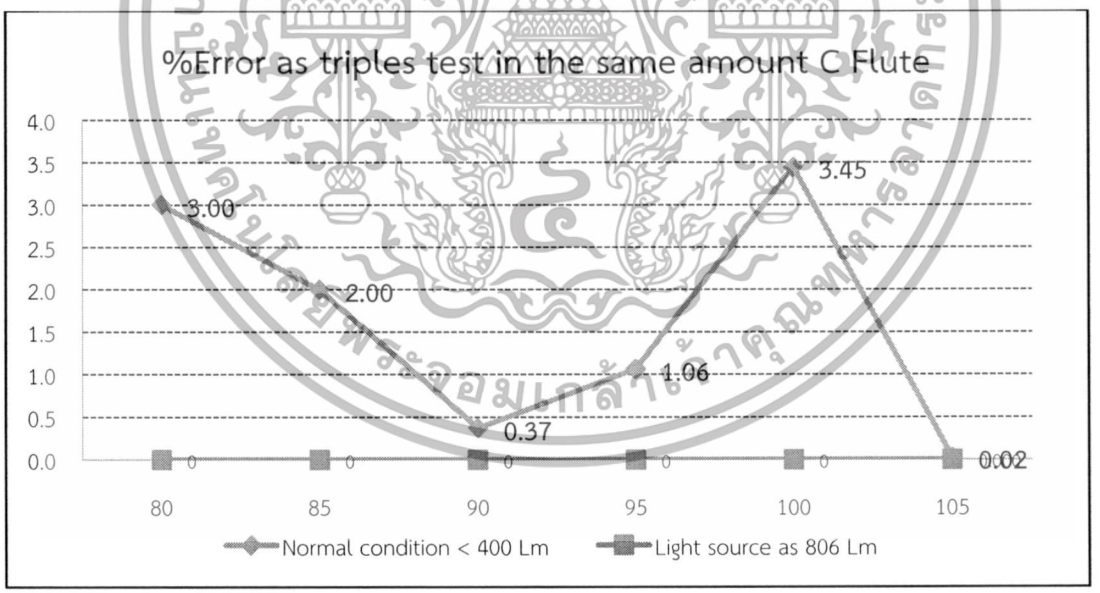
ตารางที่ 5.5 ผลการทดลองการนับจำนวนตัวอย่างกระดาษลูกฟูก ลอน C

Corrugated sheet Sample	Normal condition < 400 Lm					Light source as 806 Lm				
	Test1	Test2	Test3	Avg.	%Err	Test1	Test2	Test3	Avg.	%Err
80	76	78	79	77.7	3.004	80	80	80	80.0	0
85	80	84	86	83.3	2.000	85	85	85	85.0	0
90	88	91	90	89.7	0.372	90	90	90	90.0	0
95	95	91	96	94.0	1.064	95	95	95	95.0	0
100	94	97	99	96.7	3.448	100	100	100	100.0	0
105	100	102	106	102.7	0.023	105	105	105	105.0	0.000
					1.652					0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ตัวอย่างการนับกระดาษลูกฟูกโดนการใช้โปรแกรม MATLAB กับฟังชั่นก์ GUI [12]



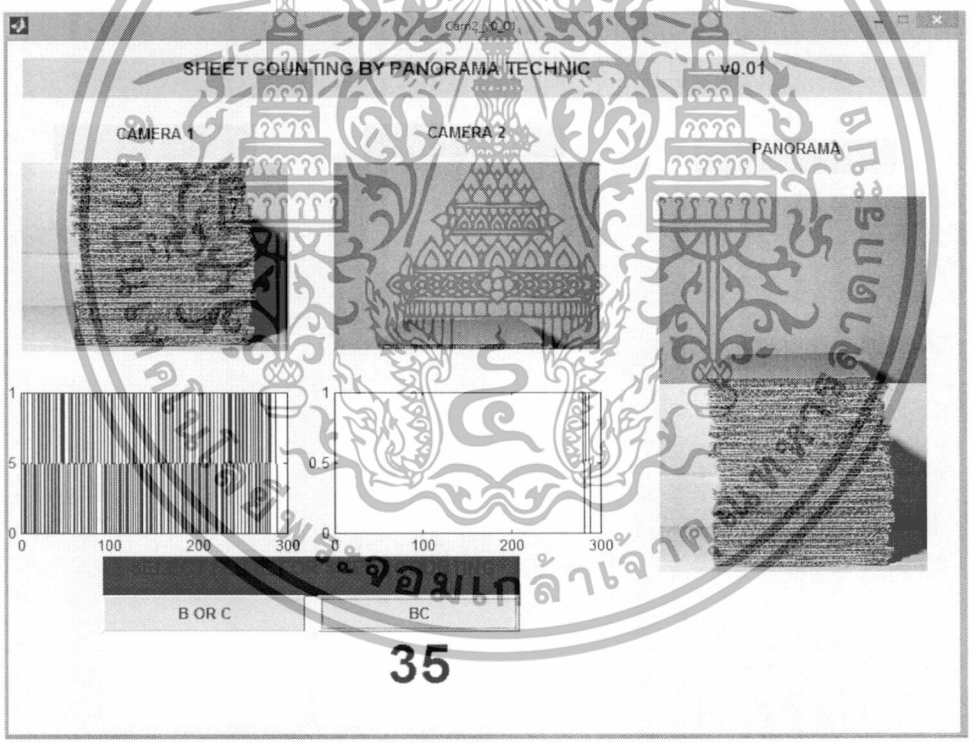
รูปที่ 5.10 แสดงกราฟค่าความผิดพลาดจากการนับแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3.1 กระดาษลูกฟูกลอน BC

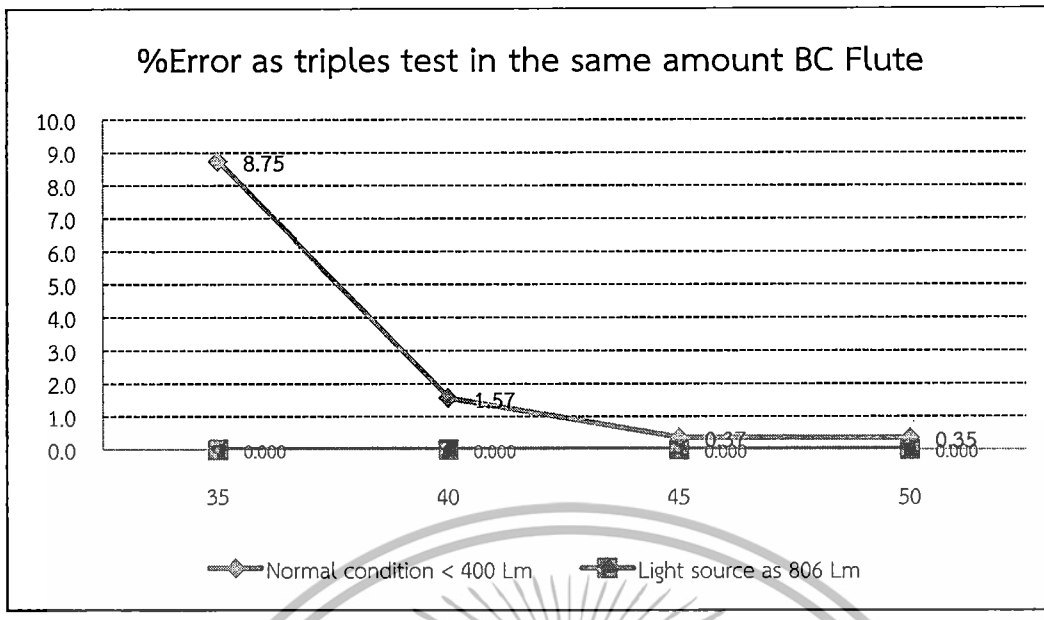
ตารางที่ 5.6 ผลการทดลองการนับจำนวนตัวอย่างกระดาษลูกฟูก ลอน BC

Corrugated sheet Sample	Normal condition < 400 Lm					Light source as 806 Lm				
	Test1	Test2	Test3	Avg	%Err	Test1	Test2	Test3	Avg	%Err
35	23	26	35	28.0	8.750	35	35	35	35.0	0.000
40	38	40	38	38.7	1.569	40	40	40	40.0	0.000
45	44	45	45	44.7	0.370	45	45	45	45.0	0.000
50	49	50	50	49.7	0.351	50	50	50	50.0	0.000
					2.760					0.000



รูปที่ 5.11 ตัวอย่างการนับกระดาษลูกฟูกโดนการใช้โปรแกรม MATLAB กับฟังชั่นก์ GUI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 แสดงกราฟค่าความผิดพลาดจากการนับแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน BC

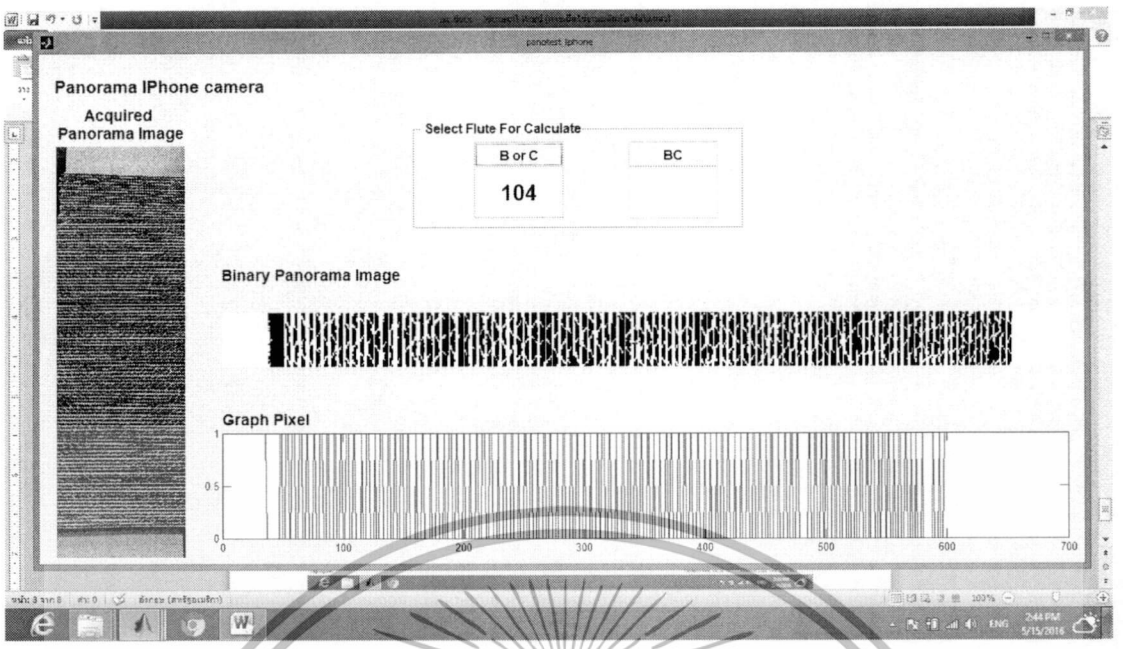
5.3.4 การทดลองนับจำนวนโดยการใช้กล้องพาโนรามาจากโทรศัพท์มือถือ

จากการทดลองโดยใช้กล้องเวบแคมหรือกล้องUSB ได้ผลค่อนข้างแม่นยำ ผู้วิจัยจึงได้ทดลองเพิ่มเติม เนื่องจากในการผลิตกระดาษลูกฟูกจริง ตั้งกระดาษที่เรียงตัวกันเป็นตั้งสูง การใช้กล้องอาจจะทำให้เกิดการผิดพลาดได้ง่าย จึงได้ทำการทดลองเพิ่มโดยการรับภาพจากกล้องมือถือในการถ่ายภาพในโหมดพาโนรามา แล้วนำภาพนั้นมาวิเคราะห์โดยการใช้อัลกอริทึมเดียวกัน

ตารางที่ 5.7 ผลการทดลองการนับจำนวนตัวอย่างกระดาษลูกฟูกลอน C โดยภาพพาโนรามา

Corrugated sheet Sample	Normal condition as 806 Lm						
	Test1	Test2	Test3	Test4	Test5	Average	%Error
104	104	104	104	104	104	104.0	0.000

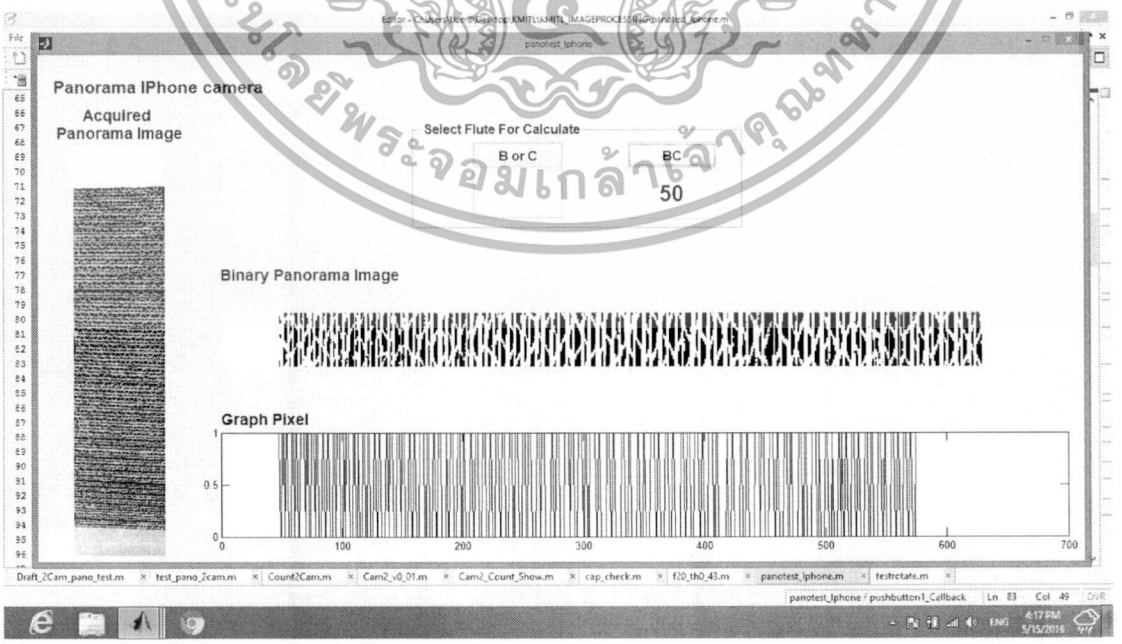
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 การทดลองนับกระดาษลูกฟูกลอน C แบบพาโนรามาจากกล้องไอโฟน 5

ตารางที่ 5.8 ผลการทดลองการนับจำนวนตัวอย่างกระดาษลูกฟูกลอน BC โดยภาพพาโนรามา

Corrugated sheet	Normal condition as 806 Lm						
Sample	Test1	Test2	Test3	Test4	Test5	Average	%Error
50	50	50	50	50	50	50.0	0.000



รูปที่ 5.14 การทดลองนับกระดาษลูกฟูกลอน BC แบบพาโนรามาจากกล้องไอโฟน 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองโดยการใช้กลุ่มตัวอย่างและพื้นที่ทดลองถูกควบคุมด้วยแสงที่เพียงพอ การทดลองแบบการนับจำนวนจากแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน C พบว่าการทดลองแบบไม่มีแสงสว่างช่วย มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด เท่ากับ 0.32% ส่วนเปอร์เซ็นต์ ส่วนความผิดพลาดของการนับแบบมีแสงสว่างช่วย เท่ากับ 0.053%

ส่วนเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการนับจำนวนจากแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน BC พบว่าการทดลองแบบไม่มีแสงสว่างช่วย มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด เท่ากับ 2.76% ส่วนเปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาดของการนับแบบมีแสงสว่างช่วย เท่ากับ 0.000%

จากการทดลองทั้งหมดพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยกว่า 1% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ในการทดลองที่ควบคุมแสงสว่าง ส่วนการทดลองที่ไม่ได้ควบคุมแสงสว่างนั้น ผลการทดลองค่อนข้างไม่สม่ำเสมอ

เมื่อนำไปคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่าได้ค่า SD เท่ากับ 0.29 และ 0.13 ในการทดลองกลุ่มตัวอย่างลอน C และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่าได้ค่า SD เท่ากับ 4.033 และ 0.00 ในการทดลองกลุ่มตัวอย่างลอน BC ตามลำดับ

ส่วนการทดลองโดยการใช้กล้องจากไอโฟน 5 ในโหมดของการถ่ายภาพพาโนรามา ด้วยอัลกอริทึมเดียวกับการใช้กล้องเวบแคมหรือกล้อง USB เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการนับเท่ากับ 0% ซึ่งค่อนข้างแม่นยำทั้งกระดาษลูกฟูกลอน B และลอน BC

ข้อผิดพลาดในการทดลองน่าจะมาจากการควบคุมแสงสว่างในการถ่ายภาพเพื่อนำภาพมาประมวลผลในการนับ

ตารางที่ 5.9 สรุปค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองอัลกอริทึมการทดลองลอน C และ BC ด้านตัด (Cut-off)

ชนิดของกระดาษลูกฟูก	ค่าขีดแบ่ง(Threshold) ในภาพระบบ Binary	ระยะห่างระหว่างกระดาษลูกฟูกกับกล้อง
B	0.43	20
BC	0.44	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบการนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกโดยการใช้กล้องถ่ายภาพแบบ USB ในการรับภาพรวมถึงการใช้กล้องจากโทรศัพท์มือถือไอโฟน 5 รับภาพและการใช้หลักการของการปรับปรุงภาพต่างๆ มาช่วยในการปรับปรุงภาพ เพื่อให้การนับจำนวนกระดาษลูกฟูกถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น โดยกระบวนการทั้งหมดจะใช้โปรแกรม MATLAB 7.14 R2012a ในการสั่งการตั้งแต่กระบวนการรับภาพ การปรับปรุงภาพ การทำภาพพาโนรามาจนถึงการคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยการทดลองมีการสมมติจากสถาณการณ์จริงในหน้างานการผลิตและการสมสติฐานที่อาจจะเกิดขึ้นในการผลิต ซึ่งการนับจำนวนจะใช้หลักการทางสถิติเข้ามาช่วยในการคำนวณและแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขผ่าน Graphic User Interface (GUI) ของโปรแกรม MATLAB 7.14 R2012a ซึ่งทำให้สะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก

ดังนั้นจากการทดลองทั้งหมดจะเห็นได้ว่าการใช้กล้องถ่ายภาพแบบ USB พร้อมกับกลไกทางกลที่ไม่ซับซ้อนและให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่น่าพอใจและอยู่ในเกณฑ์ที่ทางโรงงานผู้ผลิตยอมรับได้คือไม่เกิน 1% ดังนั้นสิ่งที่ต้องควบคุมเพื่อให้เกิดความถูกต้อง แม่นยำคือเรื่องของการรับภาพ ระยะการของวัดที่ต้องคงที่ และการควบคุมแสงสว่างการรับภาพด้วย

6.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อ

จากการวิจัยพบปัญหาการทำภาพพาโนรามา เนื่องจากการทดลองจะเป็นการกำหนดตำแหน่งของระยะการถ่ายภาพของกล้องและตำแหน่งกล้องเพื่อให้ได้ภาพที่ต่อเนื่องกันได้พอดี อาจทำให้แม่นยำได้ไม่เพียงพอ ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยศึกษาการทำภาพแบบพาโนรามาให้แม่นยำขึ้นโดยมีการใช้หลักการต่อภาพแบบต่อเนื่องหรือการใช้กล้องแบบ Line Scan Camera หรืออาจจะพัฒนาการใช้แอพพลิเคชั่นในกล้องโทรศัพท์เพื่อถ่ายภาพและประมวลผล โดยใช้หลักการของการนับในอัลกอริทึมที่เหมือนกัน และเพื่อความละเอียดของภาพที่จะใช้ในการคำนวณ อีกปัญหาที่พบคือแสงสว่างในการทดลองในหน้างานสายผลิตจริง ต้องแก้ไขโดยการกำหนดแสงสว่างในตำแหน่งที่ต้องการตรวจสอบให้เพียงพอ ซึ่งในเบื้องต้นได้ศึกษาการรับภาพพาโนรามาจากโทรศัพท์มือถือแบบไม่เป็นเวลาจริง (Non-real time) ซึ่งผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Siam Cement Groups; Packaging Business, Thai containers (TCC) Pathumtani Plant

[2] Aldo Balestrino, Vision system for monitoring the production of corrugated cardboard, Proceeding of the 2006 IEEE

[3] มีนา รัตนากร และ ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล, "การตรวจหาพื้นที่ลอนของกระดาษลูกฟูกโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 35 (EECON35) จัดโดยมหาวิทยาลัยกรุงเทพและศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ณ รอยัลฮิลล์ กอล์ฟ รีสอร์ต แอนด์ สปา จังหวัดนครนายก, 12 - 14 ธันวาคม 2555

[4] กระทรวงอุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกล่องกระดาษลูกฟูก มาตรฐานเลขที่ มอก. 550-2528, 2555 http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2555/E/129/12.PDF

[5] กนกวรรณ กาญจนเลขาและ รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์, "การตรวจสอบพื้นผิวของวัตถุจากภาพสามมิติด้วยวิธีโฟโตเมตริกสเตอริโอ Surface Inspection of 3D Image Using Photometric Stereo" การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28 15-17 ตุลาคม 2557 จังหวัดขอนแก่น

[6] ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์, "การประมวลผลภาพดิจิตอลด้วย MATLAB DIGITAL IMAGE PROCESSING WITH MATLAB" พิมพ์ครั้งที่ 2, 2555

[7] สุจรรยา ทรัพย์สิริโสภา "เอกสารประกอบการสอนรายวิชาชีวสถิติ" บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นทางสถิติ (Introduction of Statistical), 2557 http://weatherwing4.6te.net/DataAnalysis%20forWeatherPatterns.pdf

[8] Thomas Haenselmann, Marcel Busse, Stephan Kopf, Thomas king, Wolfgang Effelsberg "Multi perspective panoramic imaging", university of Mannheim Germany 2009.

[9] วาทินี นุ้ยเพียร การจัดการความรู้ สำนักคอมพิวเตอร์แลเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2555

[10] MATLAB 7.14 R2012a, Image Processing Toolbox TM 7, User's Guide, 2015 http://www.mathworks.com/help/pdf_doc/images/images_tb.pdf

[11] Microsoft, TDS_LifeCamVX-2000%20(1).pdf, 2015 https://www.microsoft.com/hardware/en-ph/p/lifecam-vx-2000

[12] MATLAB 7.14 R2012a Video and Image processing User's Guide, 2015 http://www.mathworks.com/help

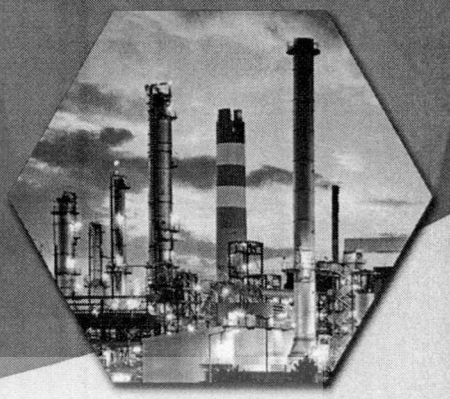
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] The 2013 Opsigal GT OpSigal Irrefutable Accuracy
http://www.orentechusa.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์

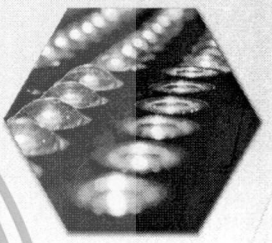
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EENET2016

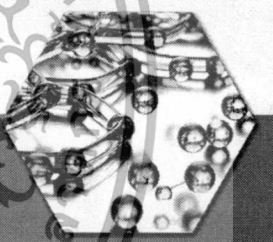
Innovation for Sustainability Entrepreneur

25-27 May 2016, Duangjitt Resort & Spa, Patong Beach, Phuket



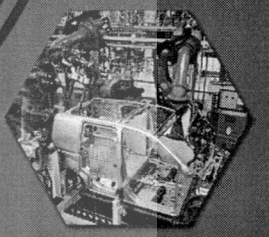
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8

The 8th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology



Conference Topics

- ไฟฟ้ากำลัง (PW)
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)
- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- ระบบควบคุมและการวัด (CT)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (DS)
- พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน(ES)
- นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ (IN)
- งานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)



เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัยสาขาไฟฟ้าสื่อสาร (CM) ต่อ		หน้า
CM13 บทความชมเชย	การทดลองการรับส่งสัญญาณสำหรับการสื่อสารข้อมูลด้วยแสงเลเซอร์ไร้สาย *ปกรณ์ ศิริภักดี ระพีพัฒน์ สังข์ทอง พรชัย ขอผล เอกพล ขันสาลี และ กฤษณะพงศ์ พันธ์ศรี* *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอนแก่น*	373
CM14	การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเลี้ยวเบนขอบเหลี่ยมคมสำหรับสัญญาณแถบกว้าง *อรรถวุฒิ วานิช พิชญ สุพรรณกูล และ สถาพร พรหมวงศ์* *สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*	377
CM15	การหาประสิทธิภาพการรับข้อมูลเสียงผ่านโคม LED *สุจิตรา จีนะวงษ์ และ ปรานต์ เมฆอากาศ* *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย*	381
CM16	การกำจัดความถี่ปลอมเทียมหลายความถี่ในตัวเชื่อมต่อบรานซ์ไลน์ *เกียรติศักดิ์ ทองเนื้องาม[1] กันต์พงษ์ ศรีสถิตย์[1] และ วัลลภ สุระกำพลธร[2]* *[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ศาลายา [2]สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม*	385

บทความวิจัยสาขาระบบควบคุมและการวัด (CT)		หน้า
CT01 บทความชมเชย	การออกแบบและสร้างเครื่องวิเคราะห์อิมพิแดนซ์โดยใช้วงจรรวมสำเร็จรูป *ปิติกันต์ รักราชการ* *มหาวิทยาลัยสยาม*	389
CT02	การออกแบบตัวควบคุมเหมาะที่สุดของวงจรแปลงผันกำลังแบบบูสต์โดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม *วิภูษณะ ฉายินทุ* *มหาวิทยาลัยปทุมธานี*	393
CT03	การศึกษาวิธีการอ่านภาพด้วยความเข้มแสงที่มีผลต่อการประมวลผลการนับกระดาษลูกฟูก *ฐิติวัชร์ ศิริอมรรัตน์[1] ประภาส เริงรื่น[1] ทวีพล ซื่อสัตย์[1] และ ยุทธพงศ์ ทัพผดุง[2]* *[1]สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง [2]การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค*	397
CT04	เทคนิคชดเชยการรบกวนด้วยฟัซซีลอจิกสำหรับการควบคุมอุณหภูมิแบบการพา *ยงยุทธ์ พัฒนพงศ์ และ ชัชวาลย์ พรพัฒน์กุล* *สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน*	401

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8

Proceedings of the 8th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2016 (EENET 2016)

การศึกษาวิธีการอ่านภาพด้วยความเข้มแสงที่มีผลต่อการประมวลผลการนับกระดาษลูกฟูก

Panoramic image processing for corrugated board counting

ฐิติวัชร์ ศิริอมรรัตน์[1] ประภาส เริงรื่น[1] ทวีพล ซื่อสัตย์[1] ยุทธพงศ์ ทัพผดุง[2]

[1]สาขาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8347 Email: thitiwat.siriamornrat@tetrapak.com

[2]กองธุรกิจบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

โทรศัพท์ 02-589-0100-1 Email: ytscan@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประมวลผลภาพแบบมุมกว้างในการนับจำนวนกระดาษลูกฟูกสำหรับควบคุมคุณภาพในโรงงานผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก โดยอาศัยการถ่ายภาพด้านข้างในแนวดิ่งหลายภาพถ่ายต่อเนื่องกันจากกล้องแบบ USB แล้วนำภาพที่ได้มาประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม MATLAB โดยนำภาพมาเชื่อมต่อกันให้ได้ภาพมุมกว้างหรือพาโนรามา จากนั้นนำภาพที่ได้มาปรับปรุงภาพและทำการแยกส่วนของภาพให้เป็นภาพไบนารี่ ขั้นตอนสำคัญคือการนับจำนวน ในงานวิจัยนี้หลักการของสถิติในการเฉลี่ยค่าพิกเซลของภาพพาโนรามาไบนารี่ในแนวตั้ง ซึ่งในการทดลองมีการสร้างเงื่อนไขในการนับจำนวนโดยนับค่าความแตกต่างของค่าพิกเซลเฉลี่ย โดยค่าพิกเซล 0 คือ ช่องว่างระหว่างแผ่นกระดาษลูกฟูก และค่าพิกเซล 1 คือ แผ่นกระดาษลูกฟูก จากนั้นคำนวณผลลัพธ์ของจำนวนที่นับได้ด้วย MATLAB Graphic User Interface ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของโปรแกรม MATLAB จากผลการทดลองพบว่าการนับจำนวนได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง ค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 1% ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในการใช้งาน ดังนั้นระบบต้นแบบนี้จึงสามารถพัฒนาเป็นเครื่องนับกระดาษลูกฟูกแบบอัตโนมัติสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพ; เครื่องนับกระดาษลูกฟูก; ภาพพาโนรามา

Abstract

This paper presents panoramic image processing of the corrugated board counting technique for control quality in corrugated board factory. The USB camera was used to acquired multiple images in vertical direction then merge all images into a panorama image. The MATLAB image processing tools were applied to enhance the image and to segment into binary image. The counting method using the statistical analysis separates the layer of the card board by detecting the maximum changing edge of the corrugated board. The counting algorithms was performed by checking the pixel value of 1 as the layer of corrugated board and the pixel value of 0 as the gap between corrugated boards. And then the amount of board can be computed by MATLAB with Graphic User Interface function (GUI). The experiment result can be acceptable to use in industrial that the error less than 1%. Therefore, this prototype system could be benefit to design the automatic counting industrial as well.

Keyword: Image Processing; Sheet counting; Panoramic Image

1. บทนำ

การควบคุมคุณภาพในโรงงานผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูกเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยเฉพาะในการควบคุมในเชิงปริมาณของแผ่นกระดาษลูกฟูก เพราะคุณภาพด้านปริมาณนี้เป็นตัวชี้วัดความพึงพอใจของลูกค้า และการลดความสูญเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ซ้ำซ้อนถ้าเกิดปัญหาขึ้น ซึ่งปัจจุบันได้ใช้หลักการวัดค่าความสูงของแต่ละตั้งกระดาษแล้วหารค่าเฉลี่ยของความหนากระดาษ ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ง่าย จากความหนาของแผ่นกระดาษที่ไม่สม่ำเสมอ และอาจเกิดอันตรายได้ ส่วน % ความผิดพลาดจากการวัด 10% ดังนั้นในขั้นตอนการผลิตต้องมีการควบคุมคุณภาพในด้านปริมาณให้ถูกต้องแม่นยำ แต่อย่างไรก็ตามการเข้มงวดตามความต้องการในเรื่องคุณภาพและปริมาณของลูกค้าก็เป็นสิ่งที่รับประกันในด้านบริการ เช่น ลูกค้าควรได้รับจำนวนแผ่นที่ถูกต้องหรือใกล้เคียงกับที่สั่งซื้อมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ [2]

การศึกษานี้ได้นำเสนอการนับกระดาษลูกฟูกจากภาพถ่ายของกล้องถ่ายภาพแบบเวบแคม (USB Camera) ในการทดลองรับภาพจากกลุ่มตัวอย่างกระดาษลูกฟูกที่เรียงกันเป็นตั้ง โดยใช้โปรแกรม MATLAB 7.14 R2012a เป็นโปรแกรมหลักในการรับภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ รวมถึงการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงภาพเพื่อให้ได้ภาพที่เหมาะสมกับตามการนำไปใช้ในการนับจำนวน โดยจะทำการแปลงภาพที่ถ่ายได้ในระบบ RGB แล้วแปลงเป็นภาพในระบบสีเทาและขาวดำ ตามลำดับ ภาพที่ได้ในแต่ละกล้องนั้นถูกนำเชื่อมต่อกันเพื่อให้ได้ภาพแบบพาโนรามา

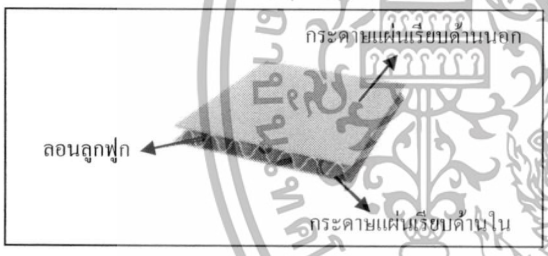
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นใช้เทคนิคการประมวลผลภาพแบบพาโนรามาเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าเฉลี่ย [4,5]ของค่าพิกเซลมาประมวลผลในการนับจำนวนแผ่นกระดาษ เมื่อทราบข้อมูลจำนวนแผ่นกระดาษก็จะทำให้การผลิตเป็นไปอย่างถูกต้องและไม่มีการผลิตซ้ำซ้อน ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความสูญเสียด้านต่างๆได้

2. ทฤษฎีและหลักการออกแบบการทดลอง

2.1 โครงสร้างของแผ่นกระดาษลูกฟูก

กระดาษลูกฟูกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในการผลิตเพื่อทำกล่องบรรจุสินค้าเนื่องจากมีความทนทาน น้ำหนักเบา สามารถเปลี่ยนให้ตรงกับความต้องการได้ ซึ่งโครงสร้างของกระดาษลูกฟูกประกอบไปด้วยสองส่วนหลักคือกระดาษแผ่นเรียบ (Liner board) กระดาษแผ่นเรียบที่ติดอยู่กับกระดาษที่เป็นลอนลูกฟูก (Corrugated medium) ซึ่งก็คือ ส่วนของกระดาษที่มีลักษณะเป็นลอนลูกคลื่น ตามรูปที่ 1[5] เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับน้ำหนัก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.550-2528 [3] ได้แบ่งชนิดของกระดาษลูกฟูกชนิดต่างๆได้ตามตารางที่ 1

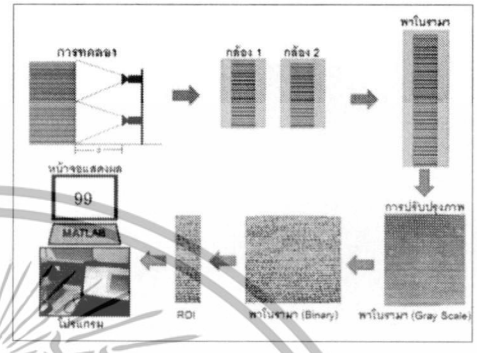


รูปที่ 1 โครงสร้างของแผ่นกระดาษลูกฟูก

Flute Name	Number of corrugated papers	Nominal height of the sheets (Thickness)
B	1	2.5 mm
C	1	3.5 mm
E	1	1.2 mm
K	1	5.0 mm
BC	2	6.0 mm
EB	2	3.7 mm

ตารางที่ 1 มาตรฐานแผ่นกระดาษลูกฟูก

จากรูปที่ 2 ใช้กล้องถ่ายภาพแบบ USB ถ่ายภาพแบบหลายภาพแบบต่อเนื่องของวัตถุตัวอย่างที่จะตรวจสอบ เป็นภาพนิ่งเพื่อง่ายต่อการนำภาพมาประมวลผลและวิเคราะห์ โดยข้อมูลภาพที่ได้จะเป็นภาพในระบบ 2 มิติ [5] ภาพที่ได้ถูกนำมาต่อกันเพื่อให้ได้ภาพเป็นภาพพาโนรามา หลังจากนั้นนำภาพที่ได้มาแปลงลักษณะของภาพเป็นภาพในระบบขาวดำ เพื่อนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของภาพ สุดท้ายก็เข้าสู่กระบวนการทางสถิติเพื่อคำนวณหาค่าจำนวนของวัตถุที่ต้องการต่อไป



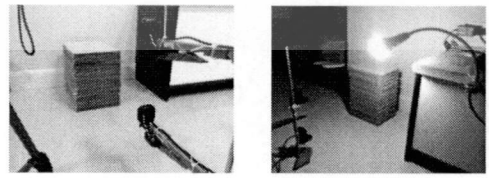
รูปที่ 2 การออกแบบการทดลอง

2.2 การทดลองระบบการถ่ายภาพโดยการใช้กลุ่มตัวอย่างในการทดลอง

กลุ่มตัวอย่างของแผ่นกระดาษลูกฟูกที่นำมาใช้ในการทดลอง[2]

รูปที่ 3 ตัวอย่างแผ่นกระดาษลูกฟูกแบบลอน C และ BCตามลำดับ

ระบบที่ออกแบบเพื่อใช้ในการนับกระดาษลูกฟูกแต่ละแบบลอนแสดงในรูปที่ 3 โดยมีการควบคุมแสงด้วยการเปิดไฟแสงสว่างที่ 806 Lm จากหลอดไฟส่องสว่าง ใช้กล้องถ่ายภาพเวบแคม Microsoft Life cam ความละเอียด 640x480 พิกเซลดังแสดงในรูปที่ 4 ในงานวิจัยนี้จะทำการเก็บบันทึกข้อมูลรูปภาพ แล้วนำไปประมวลผลบนโปรแกรม ในการนับจำนวน



รูปที่ 4 ระบบการรับภาพของกล้องถ่ายภาพเวบแคมที่ใช้ในการทดลอง

2.3 การทำภาพพาโนรามา

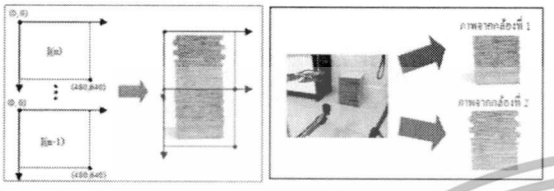
จากการทดลองเป็นการนำภาพถ่ายของกล้องถ่ายภาพเวบแคมในแต่ละกล้อง ซึ่งถ่ายภาพในแนวดิ่งมาเชื่อมต่อกัน[1] โดยใช้คำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PairOfImage = [I(n-1):I(n)] ซึ่งเป็นคำสั่งในโปรแกรม MATLAB โดยรูปภาพที่ได้ จะเชื่อมต่อกันจากขอบบนของภาพ I(n-1) กับขอบล่างของภาพ I(n) โดยที่ *

I(n-1) คือ ภาพลำดับแรก

I(n) คือ ภาพลำดับที่สอง



รูปที่ 5 การทำภาพพาโนรามา

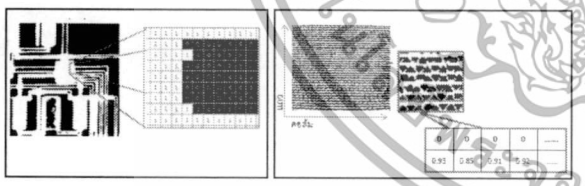
ดังนั้นถ้าต้องการทำภาพหลายภาพต่อเนื่องกันสามารถต่อภาพได้ ดังนี้

Panorama = I(n-1) + I(n) + I(n+1) … (1)

*การติดตั้งกล้องถ่ายภาพต้องกำหนดระยะการถ่ายภาพและระยะห่างของกล้องให้ภาพต่อเนื่องกัน

2.4 การหาค่าเฉลี่ยพิกเซลของภาพ

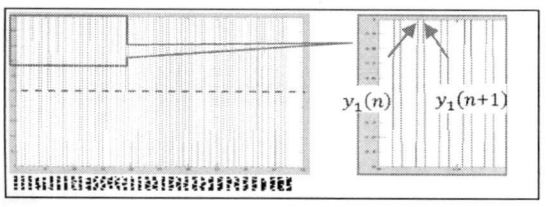
การทดลองใช้กลุ่มตัวอย่างของแผ่นกระดาษลูกฟูก โดยติดตั้งกล้องบนขาตั้งเพื่อทำการถ่ายภาพในแนวดิ่ง ภาพที่ได้ถูกปรับปรุงให้ได้ภาพในระบบไบนารี่สองมิติ และเลือกขอบเขตที่จะนำมาวิเคราะห์ โดยการใช้โปรแกรม MATLAB 7.14 R2012a รวมถึงการประมวลผลการนับจำนวนซึ่งใช้ความแตกต่างของค่าพิกเซลซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ค่าของพิกเซลของภาพถ่ายหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปประมวลผลและนับจำนวน



รูปที่ 6 ค่าพิกเซลในระบบภาพขาวดำ [1]

2.5 การนับจำนวน

ค่าพิกเซลที่ได้จะถูกนำมาพล็อตกราฟเพื่อแสดงค่าพิกเซลที่ได้จากการคำนวน โดยมีเงื่อนไขการนับ



รูปที่ 7 กราฟค่าเฉลี่ยพิกเซลรูประบบขาวดำ

จากรูปที่ 6 สามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

เมื่อ n=1 ถึง 480 (จำนวนพิกเซล) จะได้สมการ [4]

$$a = \frac{y_1(n) + y_1(n+1)}{2} \quad (2)$$

โดย ถ้า a=0.5 จะนับเป็นแผ่นกระดาษลูกฟูก 1 แผ่น

*ในช่วงของขอบแผ่นกระดาษลูกฟูกจะปรากฏภาพออกมาภาพ binary สีขาว ซึ่งค่าพิกเซล = 1

**ในช่วงของขอบแผ่นกระดาษลูกฟูกจะปรากฏภาพออกมาภาพ binary สีดำ ซึ่งค่าพิกเซล = 0

หลังจากที่ได้ภาพและกราฟแล้วจะนำค่าเฉลี่ยพิกเซลที่ได้ไปคำนวณจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูก ตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้เขียนฟังก์ชั่น GUI ที่อยู่ใน MATLAB แสดงค่าจำนวนของการนับ ในลอน B, C และ BC ดังแสดงในภาพ

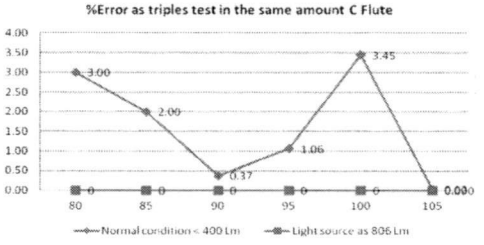
รูปที่ 8 GUI จำนวนนับของแผ่นกระดาษลูกฟูกลอนCและBCตามลำดับ

3.2 การทดลองกระดาษลูกฟูกลอน C

ผลการทดลองลอน C โดยการใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนกระดาษแผ่นกระดาษลูกฟูกในจำนวนต่างกัน 6 จำนวนแสดงในตาราง

Corrugated sheet	Normal condition < 400 Lm					Light source as 806 Lm				
Sample	Test1	Test2	Test3	Average	%Error	Test1	Test2	Test3	Average	%Error
80	76	78	79	77.7	3.004	80	80	80	80.0	0
85	80	84	86	83.3	2.000	85	85	85	85.0	0
90	88	91	90	89.7	0.372	90	90	90	90.0	0
95	95	91	96	94.0	1.064	95	95	95	95.0	0
100	94	97	99	96.7	3.448	100	100	100	100.0	0
105	100	102	106	102.7	0.023	105	105	105	105.0	0.000
					1.652					**0.000**

ตารางที่ 2 ผลการทดลองของลอน C เปรียบเทียบเงื่อนไข



รูปที่ 9 กราฟผลการทดลองค่าความผิดพลาดลอน C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

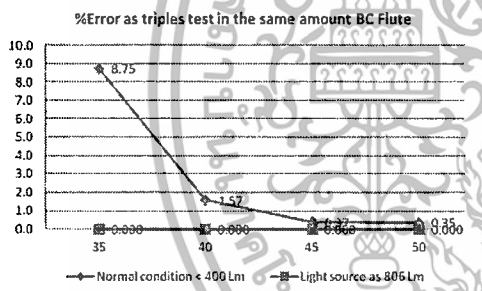
จากการทดลองโดยการใช้กลุ่มตัวอย่างลอน C และพื้นที่ทดลองถูกควบคุมด้วยแสง พบว่าการทดลองแบบไม่มีการควบคุมแสงสว่าง มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด เท่ากับ 1.65% และภาพบางภาพที่รับได้ไม่ชัดเจน ทำให้ระดับพิกเซลของภาพผิดเพี้ยนไป ส่วนเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการนับแบบมีการควบคุมแสงที่ 800 lm เท่ากับ 0.00%

3.2 การทดลองกระดาษลูกฟูกลอน BC

ผลการทดลองลอน BC โดยการใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนกระดาษแผ่นกระดาษลูกฟูกในจำนวนต่างกัน 4 จำนวนแสดงในตาราง

Corrugated sheet Sample	Normal condition < 400 Lm					Light source as 806 Lm				
	Test1	Test2	Test3	Average	%Error	Test1	Test2	Test3	Average	%Error
35	23	26	35	28.0	8.750	35	35	35	35.0	0.000
40	38	40	38	38.7	1.569	40	40	40	40.0	0.000
45	44	45	45	44.7	0.370	45	45	45	45.0	0.000
50	49	50	50	49.7	0.351	50	50	50	50.0	0.000
					2.760					0.000

ตารางที่ 3 ผลการทดลองของลอน BC เปรียบเทียบเงื่อนไข



รูปที่ 10 กราฟผลการทดลองค่าความผิดพลาดลอน BC

จากการทดลองโดยการใช้กลุ่มตัวอย่างลอน BC และพื้นที่ทดลองถูกควบคุมด้วยแสง พบว่าการทดลองแบบไม่มีการควบคุมแสงสว่าง มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด เท่ากับ 2.76% และภาพบางภาพที่รับได้ไม่สามารถแยกแยะระดับพิกเซลได้ ส่วนเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการนับแบบมีการควบคุมแสงที่ 800 lm เท่ากับ 0.00%

การทดลองลอน C พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยกว่า 1%[2] และเมื่อนำไปคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่าได้ค่า SD[4] เท่ากับ 0.29 และ 0.13 ตามลำดับ

การทดลองลอน BC พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากกว่า 1% เมื่อแสงสว่างอยู่ที่น้อยกว่า 400 lm และเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดน้อยกว่า 1% เมื่อมีการควบคุมแสงสว่าง 806 lm และเมื่อนำไปคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่าได้ค่า SD[2] เท่ากับ 4 และ 0 ตามลำดับ

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการนับจำนวนแผ่นกระดาษลูกฟูกโดยการใช้กล้องถ่ายภาพเวบแคม (USB Camera) ในการรับภาพและการใช้หลักการแปลงภาพมานับจำนวน โดยกระบวนการทั้งหมดจะใช้โปรแกรม MATLAB 7.14 R2012a เริ่มตั้งแต่กระบวนการรับภาพจนถึงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การนับจำนวนจะใช้หลักการทางสถิติมาช่วยในการคำนวณ ให้แสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นตัวเลขผ่าน GUI ของโปรแกรม ดังนั้นจากการทดลองทั้งหมดจะเห็นได้ว่าการใช้กล้องถ่ายภาพเวบแคมพร้อมกับกลไกทางกลที่ไม่ซับซ้อนให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่น่าพอใจและอยู่ในเกณฑ์ที่ทางโรงงานผู้ผลิตยอมรับได้คือไม่เกิน 1%[2] ดังนั้นสิ่งที่ต้องควบคุมเพื่อให้เกิดความแม่นยำคือเรื่องของการรับภาพ ระยะการของวัตถุที่ต้องคงที่ และการควบคุมแสงสว่าง ซึ่งการทดลองนั้นค่าแสงสว่างที่เหมาะสมจะต้องมากกว่า 600 lm และเมื่อเปรียบเทียบการใช้กล้องกับวิธีแบบค่าความสูงแบบเดิม พบว่าการใช้การประมวลผลจากภาพที่ได้จากกล้องมีความแม่นยำมากกว่า ถึงแม้การวัดแบบความสูงนั้นจะใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยกว่า(ในปริมาณการวัดที่น้อย) ส่วนการวัดจากการถ่ายภาพนั้นจะให้ผลที่ค่อนข้างแม่นยำ และปลอดภัยยิ่งกว่า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบังที่สนับสนุนห้องทดลอง และโปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง และขอขอบคุณบริษัทปูนซิเมนต์ไทย ในธุรกิจแพลเกจจิ้ง ที่สนับสนุนตัวอย่างการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] Duke Gledhilla, Gui Yun Tiana, Dave Taylora, David Clarkeb "Panoramic imaging—a review", PERGAMON, Computers & Graphics 27 (2003) 435–445

[2] Siam Cement Groups, Packaging business, Thai containers (TCC) Pathumtani plant, 2555

[3] มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.550-2528 กระทรวงอุตสาหกรรม

[4] ดร.วาทินี นุ้ยเพียร, "การจัดการความรู้ สำนักคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, 2555

[5] รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์, "การประมวลผลภาพดิจิตอลด้วย MATLAB DIGITAL IMAGE PROCESSING WITH MATLAB" พิมพ์ครั้งที่ 2, 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
SOURCE CODE โปรแกรม MATLAB ที่ใช้การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function varargout = Cam2_v0_01(varargin)
% CAM2_V0_01 MATLAB code for Cam2_v0_01.fig
%      CAM2_V0_01, by itself, creates a new CAM2_V0_01 or raises the
existing
%      singleton*.
%
%      H = CAM2_V0_01 returns the handle to a new CAM2_V0_01 or the
handle to
%      the existing singleton*.
%
%      CAM2_V0_01('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the
local
%      function named CALLBACK in CAM2_V0_01.M with the given input
arguments.
%
%      CAM2_V0_01('Property','Value',...) creates a new CAM2_V0_01 or
raises the
%      existing singleton*.  Starting from the left, property value
pairs are
%      applied to the GUI before Cam2_v0_01_OpeningFcn gets called.
An
%      unrecognized property name or invalid value makes property
application
%      stop.  All inputs are passed to Cam2_v0_01_OpeningFcn via
varargin.
%
%      *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.  Choose "GUI allows
only one
%      instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help Cam2_v0_01

% Last Modified by GUIDE v2.5 16-Oct-2015 01:24:38

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @Cam2_v0_01_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @Cam2_v0_01_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT


% --- Executes just before Cam2_v0_01 is made visible.
function Cam2_v0_01_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
```

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to Cam2_v0_01 (see VARARGIN)


% Choose default command line output for Cam2_v0_01
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Cam2_v0_01 wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);


% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Cam2_v0_01_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;



function num0_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to num0 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of num0 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of num0
as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function num0_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to num0 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function num1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to num1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of num1 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of num1
as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function num1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to num1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% axes assign
    %axes(handles.axes1)
    %axes(handles.axes2)
    %axes(handles.axes3)
%get image from usb camera#1
handles.vid1 = videoinput('winvideo', 2, 'MJPG_640x480');
%Im0 = getsnapshot(vid1);
handles.vid1.FramesPerTrigger = 1;
triggerconfig(handles.vid1, 'manual');
handles.vid1.TimerFcn='trigger(handles.vid1)';
handles.vid1.TimerPeriod = 1;
preview(handles.vid1);
pause(1);
%start(handles.vid1);
handles.Im0=getsnapshot(handles.vid1);
delete(handles.vid1);
%figure(1), imshow(Im0)

%get image from usb file#1
%Im0=imread('C:\Users\User8\Desktop\p1-1-90sh.jpg');
%figure(1), imshow(Im0)

%resize from 640*480 to 325*288
handles.Im1= imresize(handles.Im0,[288,325]);

%crop image
handles.Im2 = imcrop(handles.Im1,[155 1 40 325]);
%[xmin ymin width height]
%figure(2), imshow(Im2)

%change to gray scale
handles.Im3 = rgb2gray(handles.Im2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
level = graythresh(handles.Im3);

%change to binary image
handles.Im4 = im2bw(handles.Im3,0.43);
handles.Im4 = bwareaopen(handles.Im4, 50);
%figure(8), imshow(Im4)

%round value
handles.y1 = mean(handles.Im4');
handles.y1 = round(handles.y1);
%figure(3), plot(handles.y1)

c1=0;
    for n1=1:287

    a1=(handles.y1(n1)+handles.y1(n1+1))/2;

        if a1==0.5

      c1=c1+1;

        end

    end

Sh1 = c1/2;
Sh1=round(Sh1);
Numsheets1 = Sh1

%Show image1
axes(handles.axes1);
imshow(handles.Im0);
%-------------------------------------------------------------------%

%get image from usb camera#2
handles.vid2 = videoinput('winvideo', 3, 'MJPG_640x480');
handles.vid2.FramesPerTrigger = 1;
triggerconfig(handles.vid2, 'manual');
handles.vid2.TimerFcn='trigger(handles.vid2)';
handles.vid2.TimerPeriod = 1;
preview(handles.vid2);
pause(3);
%start(handles.vid2);
handles.Im5=getsnapshot(handles.vid2);
delete(handles.vid2);
%figure(4), imshow(Im5)

%get image from usb file#2
%Im5=imread('C:\Users\User8\Desktop\p1-2-90sh.jpg');
%figure(4), imshow(Im5)

%resize from 640*480 to 325*288
handles.Im6= imresize(handles.Im5,[288,325]);

%crop image
handles.Im7 = imcrop(handles.Im6,[155 1 40 325]);
%[xmin ymin width height]
%figure(5), imshow(Im7)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%change to gray scale
handles.Im8 = rgb2gray(handles.Im7);
level = graythresh(handles.Im8);

%change to binary image
handles.Im9 = im2bw(handles.Im8,0.43);
handles.Im9 = bwareaopen(handles.Im9, 50);
%figure(7), imshow(Im9)

%round value
handles.y2 = mean(handles.Im9');
handles.y2 = round(handles.y2);
%figure(6), plot(handles.y2)

c2=0;
    for n2=1:287

    a2=(handles.y2(n2)+handles.y2(n2+1))/2;

        if a2==0.5

      c2=c2+1;

        end

    end

Sh2 = c2/2;
Sh2=round(Sh2);
Numsheets2 = Sh2-1

%Show image2
axes(handles.axes2)
imshow(handles.Im5)

%show graph
axes(handles.axes5);
plot(handles.y1);
axes(handles.axes6);
plot(handles.y2);

%PairOfImages
axes(handles.axes3);
PairOfImages = [handles.Im5;handles.Im0];
%figure(9)
imshow(PairOfImages)

Numsheetall = Numsheets1+Numsheets2

%Show number
ff=num2str(Numsheetall);
set(handles.num0,'string',ff);


%--------------------BC-----------------------------------%
% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% axes assign
    %axes(handles.axes1)
    %axes(handles.axes2)
    %axes(handles.axes3)
%get image from usb camera#1
handles.vid3 = videoinput('winvideo', 2, 'MJPG_640x480');
%Im0 = getsnapshot(vid1);
handles.vid3.FramesPerTrigger = 1;
triggerconfig(handles.vid3, 'manual');
handles.vid3.TimerFcn='trigger(handles.vid3)';
handles.vid3.TimerPeriod = 1;
preview(handles.vid3);
pause(1);
%start(handles.vid1);
handles.Im0=getsnapshot(handles.vid3);
delete(handles.vid3);
%figure(1), imshow(Im0)

%get image from usb file#1
%Im0=imread('C:\Users\User8\Desktop\p1-1-90sh.jpg');
%figure(1), imshow(Im0)

%resize from 640*480 to 325*288
handles.Im1= imresize(handles.Im0,[288,325]);

%crop image
handles.Im2 = imcrop(handles.Im1,[155 1 60 325]);
%[xmin ymin width height]
%figure(2), imshow(Im2)

%change to gray scale
handles.Im3 = rgb2gray(handles.Im2);
level = graythresh(handles.Im3);

%change to binary image
handles.Im4 = im2bw(handles.Im3,0.45);
handles.Im4 = bwareaopen(handles.Im4, 50);
%figure(8), imshow(Im4)

%round value
handles.y3 = mean(handles.Im4');
handles.y3 = round(handles.y3);
%figure(3), plot(handles.y1)

c3=0;
    for n3=1:287

    a3=(handles.y3(n3)+handles.y3(n3+1))/2;

        if a3==0.5

      c3=c3+1;

        end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    end

Sh3 = c3/2;
Sh3=round(Sh3);
Numsheets3 = (Sh3)/2

%Show image1
axes(handles.axes1);
imshow(handles.Im0);
%-----------------------------------------------------------------%

%get image from usb camera#4
handles.vid4 = videoinput('winvideo', 3, 'MJPG_640x480');
handles.vid4.FramesPerTrigger = 1;
triggerconfig(handles.vid4, 'manual');
handles.vid4.TimerFcn='trigger(handles.vid4)';
handles.vid4.TimerPeriod = 1;
preview(handles.vid4);
pause(1);
%start(handles.vid2);
handles.Im5=getsnapshot(handles.vid4);
delete(handles.vid4);
%figure(4), imshow(Im5)

%get image from usb file#2
%Im5=imread('C:\Users\User8\Desktop\p1-2-90sh.jpg');
%figure(4), imshow(Im5)

%resize from 640*480 to 325*288
handles.Im6= imresize(handles.Im5,[288,325]);

%crop image
handles.Im7 = imcrop(handles.Im6,[155 1 60 325]);
%[xmin ymin width height]
%figure(5), imshow(Im7)

%change to gray scale
handles.Im8 = rgb2gray(handles.Im7);
level = graythresh(handles.Im8);

%change to binary image
handles.Im9 = im2bw(handles.Im8,0.45);
handles.Im9 = bwareaopen(handles.Im9, 50);
%figure(7), imshow(Im9)

%round value
handles.y4 = mean(handles.Im9');
handles.y4 = round(handles.y4);
%figure(6), plot(handles.y2)

c4=0;
    for n4=1:287

    a4=(handles.y4(n4)+handles.y4(n4+1))/2;

        if a4==0.5

    c4=c4+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        end

    end

Sh4 = c4/2;
Sh4 = round(Sh4);
Numsheets4 = Sh4+1
Numsheets4 = round(((Numsheets4)/2)-1)

%Show image2
axes(handles.axes2)
imshow(handles.Im5)

%show graph
axes(handles.axes5);
plot(handles.y3);
axes(handles.axes6);
plot(handles.y4);

%PairOfImages
axes(handles.axes3);
PairOfImages = [handles.Im5;handles.Im0];
%figure(9)
imshow(PairOfImages)

Numsheetall = Numsheets3+Numsheets4

%Show number
ff=num2str(Numsheetall);
set(handles.num1,'string',ff);
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function axes1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to axes1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: place code in OpeningFcn to populate axes1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	ฐิติวัชร์ ศิริอมรรัตน์
วัน เดือน ปี เกิด	7 พฤษภาคม 2529
ที่อยู่	199/182 หมู่บ้าน ฮาบิเทีย (ราชพฤกษ์) ถนน 345 ซอย25 ต.บางคูวัด อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000
ประวัติการศึกษา	2550 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1. ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในส่วนงาน packaging โรงงานอุตสาหกรรม 2. งานระบบ Automation ของ Allan Bredley 3. งานระบบวิชั่น
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ.2550 –พ.ศ.2551	CPF Co.,Ltd. (Feed mill) วิศวกรออกแบบและซ่อมบำรุง
พ.ศ.2551 –พ.ศ.2557	Siam Cement Group (Paper Business) วิศวกรดูแลเครื่องจักร ปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักร ในเชิงระบบอัตโนมัติ
พ.ศ.2557 –ปัจจุบัน	Tetra Pak Field Service Engineer Support and Maintenance Packaging Line in Milk and Juice Company in Mechanical, Electrical and Automation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้