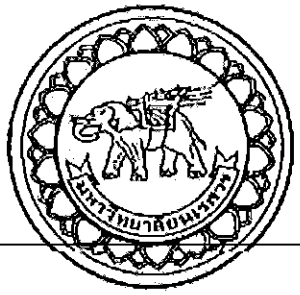
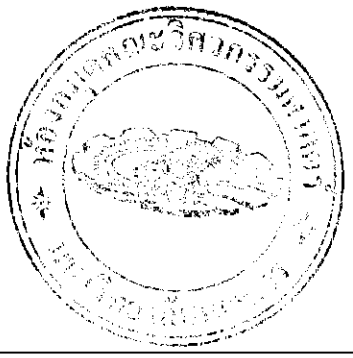




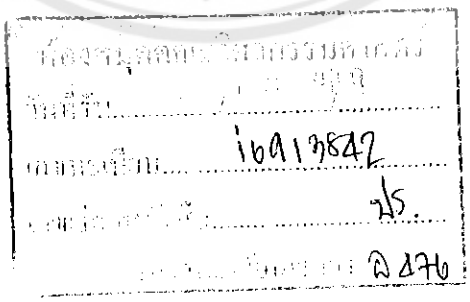
การมีปฏิสัมพันธ์แบบใกล้พื้นผิว
สำหรับการติดต่อกับผู้ใช้แบบเน้นการสัมผัสโดยอาศัยกล้อง

CAMERA-BASED TANGIBLE USER INTERFACE FOR NEAR SURFACE INTERACTIONS

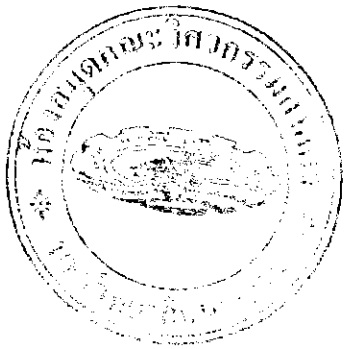
นายอัครพล ปราณี รหัส 53364116

นายกิตติศักดิ์ รายสันเทียะ รหัส 53363348

นางสาวแววรรณ จันทะบุตร รหัส 53363942



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2556



ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การมีปฏิสัมพันธ์แบบใกล้พื้นผิวสำหรับการติดต่อกับผู้ใช้แบบเน้นการสัมผัสโดยอาศัยกล้อง

ผู้ดำเนินโครงงาน

นายอัครพล	ปราณี	รหัส 53364116
นายกิตติศักดิ์	รายสันเทียะ	รหัส 53363348
นางสาวแวววรรณ	จันทะบุตร	รหัส 53363942

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2556

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนมขวัญ ริยะมงคล)

.....กรรมการ

(ดร. สุวิทย์ กิระวิทยา)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การมีปฏิสัมพันธ์แบบใกล้พื้นผิว สำหรับการติดต่อกับผู้ใช้แบบเน้นการสัมผัสโดยอาศัยกล้อง		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายอัครพล	ปราณี	รหัส 53364116
	นายกิตติศักดิ์	รายสันเทียะ	รหัส 53363348
	นางสาวแววรรณ	จันทะบุตร	รหัส 53363942
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์ รัฐภูมิ วรานุสาสน์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2556		

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้นำเทคโนโลยีการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเป็นอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นสัมผัสบนพื้นผิว : กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ควบคุมรูปภาพเบื้องต้น ที่ตอบสนองกับอุปกรณ์ต้นแบบสองชิ้นที่มีการใช้ไดโอดเปล่งแสงแบบอินฟราเรดสำหรับระบุตำแหน่ง ผู้ใช้สามารถเคลื่อนที่อุปกรณ์ควบคุมไปยังตำแหน่งต่างๆ บนพื้นผิวโดยมีลักษณะการเคลื่อนที่ต่างๆ เช่น การเคลื่อนอุปกรณ์ควบคุมทั้งสองให้เกิดมุมกับขอบพื้นผิวเป็นการหมุนรูปภาพ การเคลื่อนที่อุปกรณ์ควบคุมเข้าหาหรือห่างจากกันเป็นการย่อภาพและขยายภาพ การยกอุปกรณ์ควบคุมทำระยะห่างจากพื้นผิวเป็นการขยายภาพ เป็นต้น กล้องเว็บแคมที่ดัดแปลงมาเพื่อรับภาพอินฟราเรดจะประมวลผลตำแหน่งจากการเคลื่อนที่โดยกระบวนการประมวลภาพเพื่อคำนวณหาตำแหน่งและการมุมการวางของอุปกรณ์ควบคุม

Project Title	CAMERA-BASED TANGIBLE USER INTERFACE FOR NEAR SURFACE INTERACTIONS		
Name	Mr. Akarapol	Prance	ID. 53364116
	Mr. Kittisak	Raisuntia	ID. 53363348
	Miss Waewwan	Jantabut	ID. 53363942
Project advisor	Mr. Rattapoom Waranusast		
Major	Computer Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic year	2013		

.....

Abstract

This project has brought tangible user interface technology to develop a prototype for a surface computing device which implemented an image manipulator as a case study. The prototype uses two controllers to manipulate an image. The controller consists of infrared LED for position locating. Users can move the controllers in various gestures to control the displayed image such as moving two controllers together to rotate the image, moving the controllers away from each other to enlarge the image or lifting one controller away from the surface to enlarger the image. A modified webcam acquires infrared images to a computer and processed using digital image processing techniques to get the positions and orientations of the controllers.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ฉบับนี้ ที่สำเร็จลุล่วงมาได้นั้น เนื่องจากความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์ รัฐภูมิ วรานุสาสน์ ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ พร้อมทั้งชี้แนะวิธีการแก้ปัญหาอย่างตรงจุด ตลอดระยะเวลาที่ดำเนินโครงงาน จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ทั้งนี้ต้องขอขอบคุณท่านกรรมการ ทั้งสองท่านเป็นอย่างมาก อันได้แก่ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนมขวัญ ริยะมงคล และดร. สุวิทย์ กิระวิทยา อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้ปรึกษาและแนะแนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยเป็นแรงใจ ค่อยให้การสนับสนุนในเรื่องต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นกำลังกายและกำลังทรัพย์ และต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่คอยสั่งสอนให้ความรู้จนผู้จัดทำโครรงงานได้จัดทำจนสำเร็จการศึกษา และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้กาลังใจ ช่วยให้คำปรึกษาทั้งในเรื่องเรียน และปัญหาต่างๆจนสามารถสำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

นายอัครพล ปราณี

นายกิตติศักดิ์ รายสันเทียะ

นางสาวแวววรรณ จันทะบุตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของ โครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.5 แผนการดำเนินงาน 2

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.7 งบประมาณ 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส 4

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิก 5

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ 8

2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ ไลบรารีโอเพนซีวี 10

2.5 ระยะทางแบบยุคลิด 10

2.6 Augmented Reality 11

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ

3.1 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านฮาร์ดแวร์ 12

3.2 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์ 21

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองความแม่นยำของตำแหน่งในการเคลื่อนที่ตัวต้นแบบ 32

4.2 ผลการตรวจสอบระยะห่างของอุปกรณ์จากพื้นผิว 38

4.3 ผลการทดลองการตั้งค่าตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพ 40

4.4 ผลการทดลองการควบคุมภาพ 41

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทำงาน 45

5.2 ปัญหาที่พบ 45

5.3 ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหา 45

5.4 ข้อเสนอแนะสาหรับการพัฒนางานต่อไปในอนาคต 46

เอกสารอ้างอิง 47

ภาคผนวก 49

ประวัติผู้เขียน โครงงาน 65

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน 2

4.1 การทดลองตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 1 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 3 จุด.....31

4.2 การทดลองตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 1 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 4 จุด.....34

4.3 การทดลองตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 2 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 7 จุด.....37

4.4 การทดลองยกอุปกรณ์ต้นแบบกับพื้นผิวระยะห่าง 0-5 เซนติเมตร 38

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส (Tangible User Interface) 4
2.2 แม่สีระบบ RGB 6
2.6 แม่สีระบบ CMYK 7
2.7 แม่สีระบบ HSB 8
2.2 การประมวลผลภาพ 8
3.1 แสดงภาพรวมของขั้นตอนการพัฒนาระบบ 12
3.2 โครงสร้างตัวต้นแบบซึ่งออกแบบด้วยโปรแกรม Sketch Up 13
3.3 การสร้างตัวต้นแบบ 14
3.4 การติดตั้งกล้องอินฟราเรด 15
3.5 การติดตั้งกล้องกระจกเงา 15
3.6 การติดตั้งโพรเจ็กเตอร์ 16
3.7 โครงสร้างตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพซึ่งออกแบบด้วยโปรแกรม Sketch Up 17
3.8 วงจรในตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 17
3.9 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 18
3.10 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ (ต่อ) 19
3.11 การออกแบบตัวต้นแบบ สำหรับการกำหนดตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพด้วยโปรแกรม Sketch Up 19
3.12 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวต้นแบบ สำหรับการกำหนดตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพ 20
3.13 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์ 21
3.14 ภาพก่อนและหลังการกลับภาพ 24
3.15 ภาพก่อนและหลังการทำภาพระดับเทา 25

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.16 ภาพก่อนและหลังการการแปลงภาพไบนารี่ 25
3.17 ภาพก่อนและหลังการทำกร่อนภาพ 26
3.18 ภาพก่อนและหลังการทำการประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ 26
3.19 ภาพก่อนและหลังการทำ Contour 27
3.20 ภาพก่อนและหลังการทำ K Means Clustering 27
3.21 การจำลองจุดไฟอินฟราเรดของตัวต้นแบบ ชนิดที่มี 3 จุด 28
3.22 การจำลองการหาตำแหน่งกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุด ของตัวต้นแบบ ชนิดที่มี 3 จุด 29
3.23 การจำลองการหาตำแหน่งกึ่งกลางของตัวต้นแบบ ชนิดที่มี 3 จุด 29
3.24 การจำลองการหาตำแหน่งกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุด ของตัวต้นแบบ ชนิดที่มี 4 จุด 29
3.25 การจำลองหาความยาวของจุดกึ่งกลางด้านที่สั้นที่สุดไปยังจุดที่เหลืออีก 2 จุด 30
3.26 การจำลองหาจุดกึ่งกลางของด้านที่ยาวกว่าของตัวต้นแบบ ชนิดที่มี 4 จุด 30
3.27 ตำแหน่งของจุดอินฟราเรดทั้ง 2 กลุ่ม 31
4.1 แสดงการยกตัวอุปกรณ์ต้นแบบห่างจากพื้น 0-5 เซนติเมตร 38
4.2 แสดงการตั้งค่าตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพ 40
4.3 การเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากจุดกึ่งกลางไปทางขวา 41
4.4 การเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากทางขวาไปทางซ้าย 41
4.5 การเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากกึ่งกลางไปด้านบน 42
4.6 การเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากกึ่งกลางไปด้านล่าง 42
4.7 การยกตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพขึ้นเหนือพื้นผิว 43
4.8 การหมุนตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 43
4.9 การขยายภาพด้วยตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 2 อุปกรณ์ 44
4.10 การหมุนภาพด้วยตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 2 อุปกรณ์ 44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันเทคโนโลยี ได้เข้ามามีบทบาทกับการดำเนินชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะทำอะไรจะมีเทคโนโลยีเกี่ยวข้องด้วยเสมอ แต่สิ่งที่ก้าวหน้าและได้รับความนิยมเป็นอย่างมากอยู่ในขณะนี้ คือเรื่องของ ระบบหน้าจอสัมผัส (Touch Screen) และการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส (Tangible User Interface) ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน

การเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสเป็นส่วนหนึ่งของระบบการเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์(Human Computer Interface, HCI) ที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้เป็นธรรมชาติมากยิ่งขึ้นโดยใช้เพียงนิ้วมือหรือวัตถุชนิดอื่นที่ต้องการแทนอุปกรณ์อินพุทต่างๆ เช่น เมาส์ แป้นพิมพ์ ซึ่งหลักการทำงานของระบบการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสนี้ คือ การรับข้อมูลจาก วัตถุทางกายภาพต่างๆ (Physical environment) และจะนำภาพมาประมวลผลเพื่อตรวจจับรูปร่างและตำแหน่งของวัตถุ ในส่วนข้อมูลภาพนั้นจะสร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิก โดยทำการฉายภาพซ้อนทับลงบนวัตถุด้วยโพรเจ็กเตอร์

จากเหตุผลต่างๆที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ผู้จัดทำจึงได้แนวคิดจากเรื่องการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสมาพัฒนา จัดทำ สิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับควบคุมตำแหน่งของรูปภาพ การจัดทำโปรแกรมสำหรับควบคุมตำแหน่งของรูปภาพให้อยู่ในรูปแบบการสัมผัสกับพื้นผิวนั้น จะทำให้ง่ายต่อการใช้งาน ทำให้ผู้ใช้มีอิสระในการเคลื่อนไหว ไม่ว่าจะเป็นเคลื่อนย้ายรูปภาพไปในตำแหน่งต่างๆ ในขอบเขตที่กำหนดสามารถขยายรูปภาพให้ใหญ่ขึ้นและลดขนาดลงได้ โดยใช้การวัดระยะของวัตถุ เราจะใช้กล้องเว็บแคมซึ่งมีราคาถูกและหาได้ทั่วไป ที่ผ่านการดัดแปลงเป็นกล้องอินฟราเรดแล้ว ตรวจจับวัตถุด้วยแสงสะท้อนที่ได้จากแสงไฟอินฟราเรด แล้วนำผลการตรวจจับนั้นไปทำให้เกิดการตอบสนองต่างๆ ระหว่างผู้ใช้กับวัตถุ และวัตถุกับวัตถุ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาระบบการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสขณะที่ทำงานใกล้พื้นผิว โดยสามารถรู้ตำแหน่ง มุมเอียง และทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1.3.1 ตัวต้นแบบซึ่งเป็นอุปกรณ์แสดงผลคล้ายโต๊ะ สามารถแสดงภาพบนพื้นผิวได้

1.3.2 ระบบสามารถตรวจจับวัตถุที่อยู่บนพื้นผิวในระยะ 0-5 เซนติเมตรได้

1.3.3 ระบบสามารถจัดวัตถุได้อย่างน้อย 2 วัตถุ

1.3.4 ระบบสามารถตอบสนองกับผู้ใช้ได้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ Opencv Library

1.4.2 ศึกษาข้อมูลการออกแบบวัตถุที่จะนำมาเป็นตัวต้นแบบ

1.4.3 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการประมวลผลภาพเบื้องต้น

1.4.4 ออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อวัดระยะของวัตถุ

1.4.5 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม

1.4.6 แก้ไขข้อผิดพลาดและเก็บรายละเอียดต่างๆ ของโปรแกรม

1.4.7 สรุปผลการทาโครงงานและจัดทำรูปเล่มโครงงาน

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2556										ปี 2557						
	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ Opencv Library																	
2. ศึกษาข้อมูลการออกแบบวัตถุที่จะนำมาเป็นตัวต้นแบบ																	
3. ศึกษาและ																	

ค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการประมวลผลภาพเบื้องต้น																	
4. ออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อวัดระยะของวัตถุ																	
5. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม																	
6. แก้ไขข้อผิดพลาดและเก็บรายละเอียดต่างๆ ของโปรแกรม																	
7. สรุปผลการทำโครงงานและจัดทำรูปเล่มโครงงาน																	

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ศึกษาระบบการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์

1.6.2 สามารถนำต้นแบบและระบบที่พัฒนาไปประยุกต์ใช้งานต่อให้เกิดประโยชน์ได้

1.7 งบประมาณ

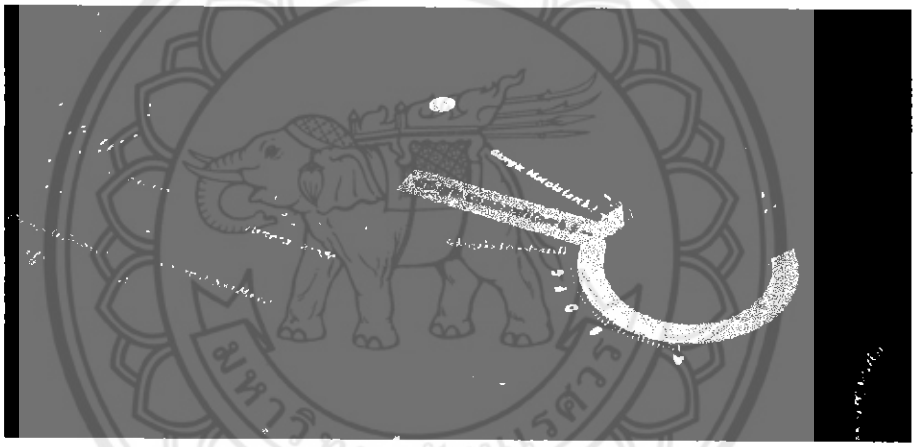
1.7.1 ค่าถ่ายเอกสาร พิมพ์เอกสาร และเข้าเล่ม	1,000 บาท
1.7.2 ค่าอุปกรณ์ทำโครงงาน	2,000 บาท
รวมทั้งสิ้น	3,000 บาท

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส (Tangible User Interface) [7]

การเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสเป็นส่วนหนึ่งของระบบการเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ (Human Computer Interface, HCI) ที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้เป็นธรรมชาติมากยิ่งขึ้น โดยใช้เพียงนิ้วมือหรือวัตถุชนิดอื่นที่ต้องการแทนอุปกรณ์อินพุทต่างๆ เช่น เมาส์ แป้นพิมพ์



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส (Tangible User Interface)
ที่มา : http://tillnagel.com/2010/11/venice-unfolding/

Human Computer Interface คือ การศึกษาว่ามนุษย์มีการปฏิสัมพันธ์อย่างไรกับคอมพิวเตอร์ และปัจจัยอะไรที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถปฏิสัมพันธ์กับมนุษย์ได้อย่างประสบความสำเร็จ HCI ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ผู้ใช้ คอมพิวเตอร์ และวิธีการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ โดยผู้ใช้หมายถึง ผู้ใช้หนึ่งคน หรือกลุ่มผู้ใช้ที่ทำงานร่วมกันก็ได้ ซึ่งผู้ใช้ก็จะมีความหลากหลาย และมีความสามารถในการปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์แตกต่างกันไป และเมื่อเราพูดถึงคอมพิวเตอร์ ก็หมายถึงตั้งแต่คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ไปจนถึงระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งอาจจะเป็นเว็บไซต์ หรือเป็นอุปกรณ์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ ก็เรียกว่าเป็นคอมพิวเตอร์ด้วยเหมือนกัน

โดยระบบการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส จะใช้การประมวลผลภาพ (Image Processing) จากกล้องที่อยู่ด้านล่างโต๊ะ นำมาใช้สำหรับการตรวจจับการสัมผัส ส่วนการแสดงผลเป็นภาพที่สร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิก ฉายจากด้วนล่างของโต๊ะด้วยเครื่องฉายโพรเจ็กเตอร์

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิก [9, 10 ,11 12]

คอมพิวเตอร์กราฟิก หมายถึง การสร้าง การตกแต่งแก้ไข หรือการจัดการเกี่ยวกับรูปภาพ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในกาจัดการ ซึ่งภาพกราฟิกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1 ภาพกราฟิกแบบ 2 มิติ

กราฟิกแบบ 2 มิติ เป็นภาพที่พบเห็นโดยทั่วไป เช่น ภาพถ่าย รูปวาด ภาพลายเส้น สัญลักษณ์ กราฟ รวมถึงการ์ตูนต่างๆ ในโทรทัศน์ ภาพที่สร้างและนำมาใช้งานกับคอมพิวเตอร์แบ่งได้ 2 ประเภท

2.2.1.1. ภาพบิตแมพ (Bitmap)

เป็นภาพที่มีการเก็บข้อมูลแบบพิกเซล หรือจุดเล็กๆ ที่แสดงค่าสี ดังนั้นภาพหนึ่งๆ จึงเกิดจากจุดเล็กๆ หลายๆ จุดประกอบกัน ทำให้รูปภาพแต่ละรูป เก็บข้อมูลจำนวนมาก เมื่อจะนำมาใช้ จึงมีเทคนิคการบีบอัดข้อมูล ฟอร์แมตของภาพบิตแมพ ที่รู้จักกันดี ได้แก่ .BMP, .PCX, .GIF, .JPG, .TIF

2.2.1.2. ภาพเวกเตอร์ (Vector)

เป็นภาพที่สร้างด้วยส่วนประกอบของเส้นลักษณะต่างๆ และคุณสมบัติเกี่ยวกับสีของเส้นนั้นๆ ซึ่งสร้างจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เช่น ภาพของคน ก็จะถูกสร้างด้วยจุดของเส้นหลายๆ จุด เป็นลักษณะของโครงร่าง (Outline) และสีของคนก็เกิดจากสีของเส้นโครงร่างนั้นๆ กับพื้นที่ผิวภายในนั่นเอง เมื่อมีการแก้ไขภาพ ก็จะเป็นการแก้ไขคุณสมบัติของเส้น ทำให้ภาพไม่สูญเสียความละเอียด เมื่อมีการขยายภาพนั่นเอง ภาพแบบ Vector ที่หลายๆ ท่านคุ้นเคยก็คือ ภาพ .wmf ซึ่งเป็น clipart ของ Microsoft Office นั่นเอง นอกจากนี้คุณจะสามารถพบภาพฟอร์แมตนี้ได้กับภาพในโปรแกรม Adobe Illustrator หรือ Macromedia Freehand

2.2.2 ภาพกราฟิกแบบ 3 มิติ

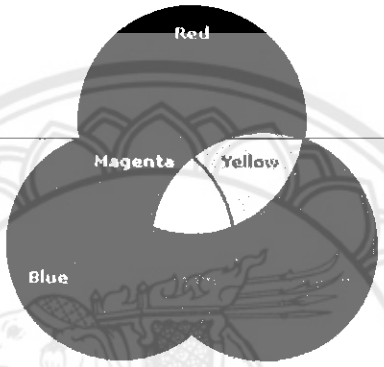
เป็นภาพประเภทหนึ่งของภาพเวกเตอร์ ซึ่งมีลักษณะมุมมองของภาพที่เหมือนจริง อยู่ในรูปทรง 3 มิติ (3D) มีพื้นฐานการสร้างมาจากภาพ 2 มิติ (มีเพียงแกน X และ Y) โดยเพิ่มความลึกให้กับภาพที่สร้าง (เพิ่มแกน Z)

2.2.2.1 หลักการใช้สีและแสงในคอมพิวเตอร์

สีที่ใช้งานด้านกราฟิกทั่วไปมี 4 ระบบ คือ

1. RGB

เป็นระบบสีที่ประกอบด้วยแม่สี 3 สีคือ แดง (Red), เขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) เมื่อนำมาผสมกันทำให้เกิดสีต่าง ๆ บนจอคอมพิวเตอร์มากถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ตาเรา มองเห็นปกติ สีที่ได้จากการผสมสีขึ้นอยู่กับความเข้มของสี โดยถ้าสีมีความเข้มมาก เมื่อนำมาผสมกันจะทำให้เกิดเป็นสีขาว จึงเรียกระบบสีนี้ว่าแบบ Additive หรือการผสมสีแบบบวก

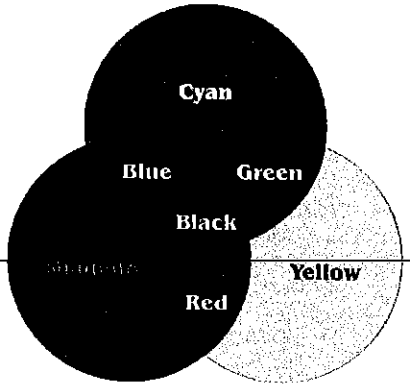


รูปที่ 2.2 แม่สีระบบ RGB

ที่มา :http://sangrawee1366.blogspot.com/p/1.html

2. CMYK

เป็นระบบสีที่ใช้กับเครื่องพิมพ์ที่พิมพ์ออกทางกระดาษหรือวัสดุผิวเรียบอื่นๆ ซึ่งประกอบด้วยสีหลัก 4 สีคือ สีฟ้า,สีม่วงแดง,สีเหลือง,และสีดำ เมื่อนำมาผสมกันจะเกิดสีเป็นสีดำแต่จะไม่ดำสนิทเนื่องจากหมึกพิมพ์มีความไม่บริสุทธิ์ จึงเป็นการผสมสีแบบลด หลักการเกิดสีของระบบนี้ คือ หมึกสีหนึ่งจะดูดกลืนแสงจากสีหนึ่งและสะท้อนกลับออกมาเป็นสีต่าง ๆ



รูปที่ 2.3 แม่สีระบบ CMYK

ที่มา : http://graphic1122.blogspot.com/

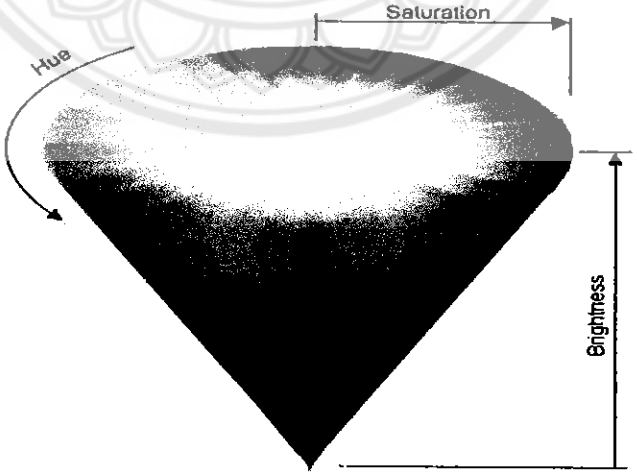
3. HSB

เป็นระบบสีแบบการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

Hue คือสีต่าง ๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุแล้วเข้าสู่สายตาของเรา ซึ่งมักเรียกสีตามชื่อสี เช่น สีเขียว สีเหลือง สีแดง เป็นต้น

Saturation คือความสดของสี โดยค่าความสดของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดSaturationที่ 0 สีจะมีความสดน้อย แต่ถ้ากำหนดที่ 100 สีจะมีความสดมาก

Brightness คือระดับความสว่างของสี โดยค่าความสว่างของสี จะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดที่ 0 ความสว่างจะน้อยซึ่งจะเป็นสีดำแต่ถ้ากำหนดที่ 100 สีจะมีความสว่างมากที่สุด



รูปที่ 2.4 แม่สีระบบ HSB

ที่มา : http://lprusofteng.blogspot.com/2012/04/blog-post_04.html

4. LAB

เป็นระบบสีที่ไม่ขึ้นกับอุปกรณ์ใด ๆ (Device Independent) โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

"L" หรือ Luminance เป็นการกำหนดความสว่างซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดที่ 0 จะกลายเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดที่ 100 จะเป็นสีขาว

"A" เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีเขียวไปสีแดง

"B" เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีน้ำเงินไปเหลือง

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ [3, 13]

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ

รูปที่ 2.5 การประมวลผลภาพ

ที่มา : http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2731/7/250935_ch3.pdf

โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพจากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ

2.3.1 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้าง (Morphological Image Processing)

2.3.1.1 การขยายภาพ (Expand)

คือการขยายพิกเซลที่สว่างโดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพ (Uniform)

2.3.1.2 การย่อภาพ (Shrink)

คือการลดขนาดพิกเซลโดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพด้วยเช่นกัน

2.3.1.3 การเปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ (Opening)

การประมวลผลภาพด้วยวิธีเปิดช่องว่างภายในภาพ (Opening) คือการประมวลผลวิธี Erosion จากนั้นนำภาพที่ได้ไปผ่านการประมวลผล Dilation

2.1.4 การปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ (Closing)

การประมวลผลภาพด้วยวิธีเปิดช่องว่างภายในภาพ (Opening) คือการประมวลผลวิธี Dilation จากนั้นนำภาพที่ได้ไปผ่านการประมวลผล Erosion

2.3.2 ภาพระดับความเข้มเทา (Gray Scale Image)

คือ การที่ทำให้ความเข้มข้นของแม่สีในภาพ มีระดับ เดียวกัน

2.3.3 การแปลงภาพสีขาวดำ (Threshold)

คือ การแปลงภาพข้อมูลภาพที่มีความเข้มหลายระดับให้เป็น ภาพที่มีระดับความเข้ม 2 ระดับ หรืออาจใช้สำหรับเลือกหรือลบพิกเซลที่ต้องการในภาพ

2.3.4 การแปลงระยะทาง (Distance Transform)

เป็นการแปลงข้อมูลของภาพไบนารีเป็นข้อมูลภาพระยะทาง โดยแปลงจากภาพเส้นขอบมาเป็นแผนที่ระยะทาง ซึ่งแต่ละจุดภาพในแผนที่ระยะทาง จะเก็บค่าระยะห่างระหว่างจุดภาพนั้นถึงเส้นขอบที่ใกล้ที่สุด ถ้าระยะห่างจากเส้นขอบยิ่งมาก ภาพจะยิ่งมีความสว่างมาก

2.3.5 K Means Clustering

ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่ม k-means เป็นเทคนิคหนึ่งที่จัดอยู่ในประเภท Partition Method มีการใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ถูกจัดให้อยู่ในคลัสเตอร์เดียวกันเป็นตัวแทนของทุกข้อมูลในคลัสเตอร์นั้น ขั้นตอนวิธีเริ่มต้นจากการรับค่าพารามิเตอร์ k ซึ่งค่านี้คือจำนวนคลัสเตอร์ที่ต้องการค้นหา จากนั้นขั้นตอนวิธีจะทำการสุ่มเลือกข้อมูลเริ่มต้นจำนวน k ชุด ซึ่งแต่ละชุดที่ได้มานั้นจะเป็นจุดศูนย์กลางเริ่มต้นของแต่ละคลัสเตอร์ (centroid) จากนั้นทำการจัดกลุ่มให้กับข้อมูลที่เหลือ ข้อมูลจะถูกจัดให้อยู่ในคลัสเตอร์เดียวกันเมื่อข้อมูลนั้นมีความคล้ายกับตัวแทนของคลัสเตอร์นั้นมากที่สุด จากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของคลัสเตอร์ใหม่ และดำเนินกระบวนการเดียวกันกับข้อมูลที่เหลือต่อไป จนกระทั่งทุกข้อมูล ถูกจัดกลุ่มอย่างสมบูรณ์และข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนกลุ่มอีกต่อไป

2.3.6 คอนทัวร์ (Contour)

เส้นคอนทัวร์ เป็นเส้นที่บอกขอบเขตและพื้นที่ของวัตถุที่อยู่ในภาพ เมื่อมีวัตถุในภาพหลายวัตถุหรือเมื่อมีการแบ่งวัตถุในภาพออกเป็นหลายส่วน

2.3.7 Morphological Image Processing

Morphological Image Processing เป็นการประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือ โครงสร้างของภาพ โดยใช้โอเปอร์เรชั่นพื้นฐานได้แก่ การทำ Dilation และ Erosion โดยกระบวนการของ การทำ Dilation คือการขยายพิกเซลที่สว่างโดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพ (Uniform) และการทำ Erosion คือการลดขนาดพิกเซลโดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพด้วยเช่นกัน นอกจากโอเปอร์เรชั่นพื้นฐานดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วยังประกอบด้วยโอเปอร์เรชั่นอื่นๆ ซึ่งได้แก่การทำ Opening และ Closing เป็นต้น

2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ ไลบรารีโอเพนซีวี [5]

OpenCV ย่อมาจาก Open Source Computer Vision เป็นไลบรารี่ที่มีการรวบรวมฟังก์ชั่นต่างๆ สำหรับการประมวลผลภาพ (Image Processing) และคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) เข้าไว้ด้วยกัน OpenCV มีอินเตอร์เฟสที่หลากหลายสามารถรองรับการพัฒนาโปรแกรมในหลายภาษา อาทิเช่น C/C++, Python, Java เป็นต้น นอกจากนี้ OpenCV ยังสามารถทำงานได้บน Window, Linux, Android, และ Mac อีกด้วย

จุดเด่นในด้านความสามารถของไลบรารีโอเพนซีวี คือสามารถประมวลผลภาพดิจิตอลได้ทั้งภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว โดยไม่ยึดติดทางด้านฮาร์ดแวร์ ทำให้โอเพนซีวีสามารถพัฒนาโปรแกรมได้หลากหลายภาษา รวมทั้งมีฟังก์ชันสำเร็จรูปสำหรับจัดการข้อมูลภาพ และประมวลผลภาพพื้นฐาน เช่นการหาขอบภาพ การกรองข้อมูลภาพ

2.5 ระยะทางแบบยุคลิด (Euclidean Distance) [14]

ระยะทางแบบยุคลิด (อังกฤษ: Euclidean distance, Euclidean metric) คือระยะทางปกติระหว่างจุดสองจุดในแนวเส้นตรง ซึ่งอาจสามารถวัดได้ด้วยไม้บรรทัด มีที่มาจากทฤษฎีบทพีทาโกรัส เหตุที่เรียกว่า แบบยุคลิด เนื่องจากเป็นการวัดระยะทางในปริภูมิแบบยุคลิด คือไม่มีความโค้งและไม่สามารถทำให้โค้งงอ และการใช้สูตรนี้วัดระยะทางทำให้กลายเป็นปริภูมิอิงระยะทาง ค่าประจำ (norm) ที่เกี่ยวข้องก็จะเรียกว่าเป็น ค่าประจำแบบยุคลิด (Euclidean norm) เช่นกัน (งานเขียนสมัยก่อนเรียกการวัดอย่างนี้ว่า ระยะทางแบบพีทาโกรัส)

ในสองมิติแบบยุคลิด ถ้า $\mathbf{p} = (p_1, p_2)$ และ $\mathbf{q} = (q_1, q_2)$ แล้ว ระยะทางระหว่าง $\mathbf{p}$ และ $\mathbf{q}$ สามารถคำนวณได้ดังนี้ ซึ่งมีสูตรเหมือนกับทฤษฎีบทพีทาโกรัส

$$\mathrm{d}(\mathbf{p}, \mathbf{q}) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2}$$

2.6 Augmented Reality หรือ AR [1]

Augmented Reality หรือ AR เป็นเทคโนโลยีใหม่ ที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Real) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual) ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นในจอภาพกลายเป็นวัตถุ 3 มิติลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง และกำลังพลิกโฉมหน้าให้สื่อโฆษณาบนอินเทอร์เน็ต ไปสู่ความตื่นเต้นเร้าใจแบบใหม่ ของการที่ภาพสินค้าลอยออกมานอกจอคอมพิวเตอร์ ว่ากันว่า นี่จะเป็นการเปลี่ยนแปลงโฉมหน้าสื่อยุคใหม่ พอๆ กับเมื่อครั้งเกิดอินเทอร์เน็ตขึ้นในโลกก็ว่าได้ หากเปรียบสื่อต่างๆ เสมือน "กล่อง" แล้ว AR คือการเด้งออกมาสู่โลกใหม่ภายนอกกล่องที่สร้างความตื่นเต้นเร้าใจ ในรูปแบบ Interactive Media โดยแท้จริง

เทคโนโลยีอย่างหนึ่งที่เริ่มมาแรงในปี 2009 และน่าจับตามองเป็นอย่างมากในปี 2010 คือ เทคโนโลยีที "augmented reality" หรือเรียกย่อๆ ว่า AR เป็นการนำเทคโนโลยีที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Real World) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual World) โดยผ่านทางกล้องเว็บแคม (Webcam) ผสมเข้ากับเทคโนโลยีภาพ เพื่อทำให้เห็นภาพสามมิติ ในหน้าจอ มุมมอง 360 องศา สามารถมองได้รอบด้านโดยที่มีองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมจริง มีการโต้ตอบแบบตอบสนองทันที (Real time)

เพียงแค่ภาพสัญลักษณ์ที่ตกแต่งเป็นรูปร่างอะไรก็ได้ แล้วนำไปทำรหัส เมื่อตีพิมพ์บนวัตถุต่างๆ แล้วไม่ว่าจะเป็นบนผ้า แก้วน้ำ กระดาษ หน้าหนังสือหรือแม้แต่บนนามบัตร แล้วส่องไปยังกล้องเว็บแคม หรือการยกสมาร์ทโฟนส่องไปข้างหน้า ที่มี Reality Browser Layer เราอาจเห็นภาพโมเดลของอาคารขนาดใหญ่ หรือเห็นสัญลักษณ์ของร้านค้าต่างๆ รูปสินค้าต่างๆ รวมไปถึงรูปคนเสมือนจริงปรากฏตัวและกำลังพูดผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ นี่คือสิ่งที่ตื่นตาตื่นใจ และทำให้ AR กลายเป็นสิ่งที่ถูกถามหากันมากขึ้น

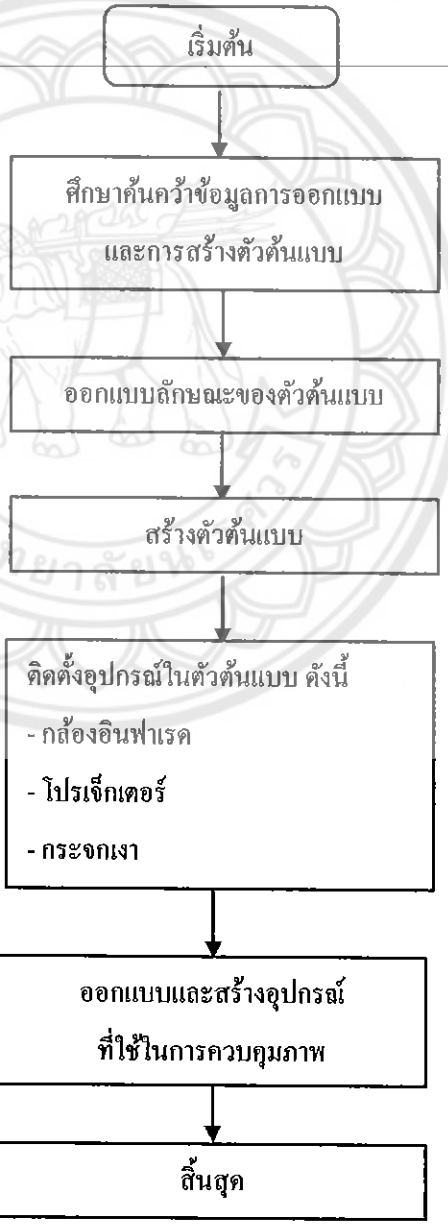
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

ในบทนี้ผู้ดำเนินโครงงานจะกล่าวถึงรายละเอียดการดำเนินโครงงานโดยแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านฮาร์ดแวร์
2. ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์

3.1 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านฮาร์ดแวร์



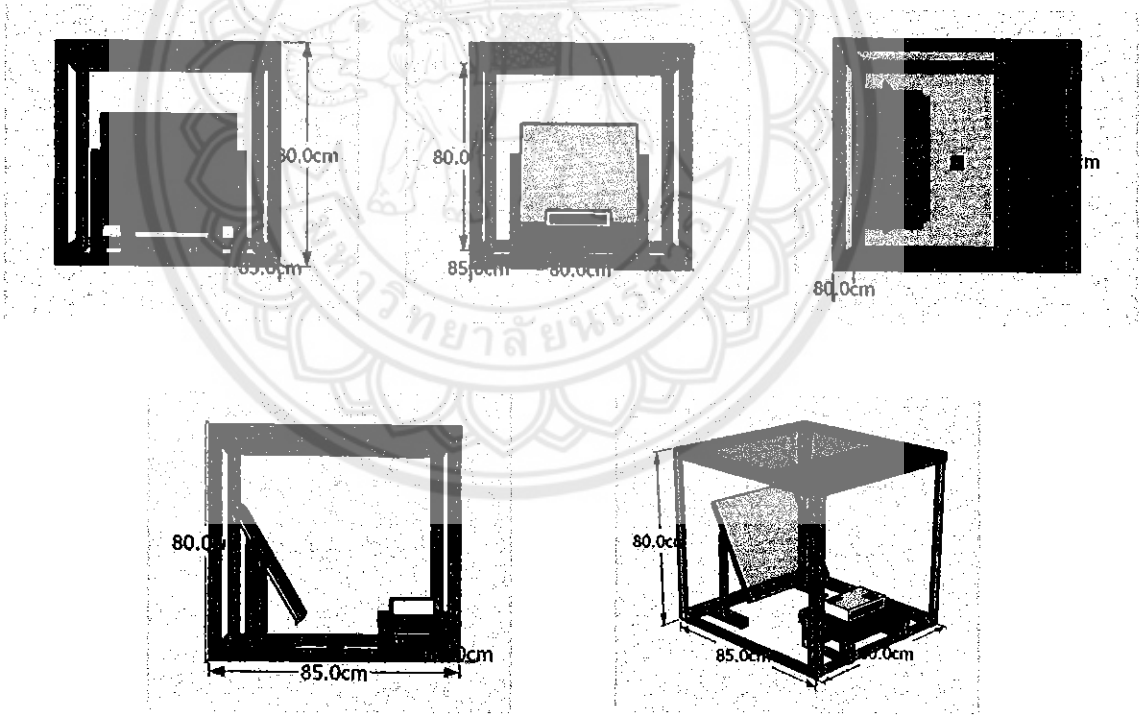
รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของขั้นตอนการพัฒนาระบบ

3.1.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลการออกแบบและการสร้างตัวต้นแบบ

การสร้างตัวต้นแบบนั้นมีวิธีการหลายแบบ หลายหลักการ ซึ่งผู้จัดทำได้ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างตัวต้นแบบมาจากงานของจีราภา และอริญชย์ (2555) ที่ได้ทดลองและทำตัวต้นแบบมาก่อนแล้ว และ ศึกษาวิธีการสร้างตัวต้นแบบอื่นๆ สรุปว่า ในการสร้างตัวต้นแบบนั้น จะใช้หลักการติดไฟอินฟราเรดภายในตัวต้นแบบที่ใช้บังคับภาพ เพื่อให้กล้องมองเห็นการเคลื่อนไหวของตัวต้นแบบที่ใช้บังคับภาพได้

3.1.2 การออกแบบตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะ

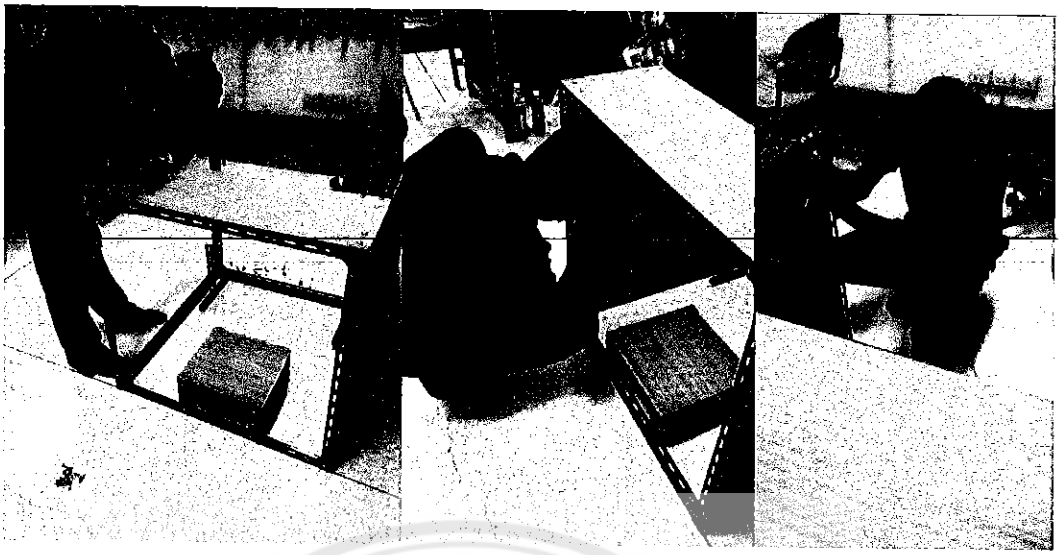
ในการออกแบบตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะ ทางผู้จัดทำได้ศึกษารูปแบบและโครงสร้างมาจากจีราภา และอริญชย์ (2555) ที่ได้ทดลองและทำตัวต้นแบบมาก่อนแล้ว ซึ่งใช้งานได้จริง สมบูรณ์ เหมาะสมกับการใช้งาน จะมีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างเพื่อให้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น โดยการออกแบบนั้น ทางผู้จัดทำใช้โปรแกรม Sketch Up ในการออกแบบ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 โครงสร้างตัวต้นแบบซึ่งออกแบบด้วยโปรแกรม Sketch Up

3.1.3 การสร้างโครงสร้างของตัวต้นแบบ

หลังจากออกแบบตัวต้นแบบด้วยโปรแกรม Sketch Up ได้แล้ว ผู้จัดทำจึงได้ทำการสร้างตัวต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้ดังรูป ที่ 3.3 โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ทำคือ เหล็กฉาก ขนาด 80 นิ้ว 8 เส้น และ ขนาด 85 นิ้ว 4 เส้น ไม้อัด ขนาด 80*85 นิ้ว 4 แผ่น



รูปที่ 3.3 การสร้างตัวต้นแบบ

3.1.4 การดัดแปลงกล้องเว็บแคมให้เป็นกล้องอินฟราเรด [2]

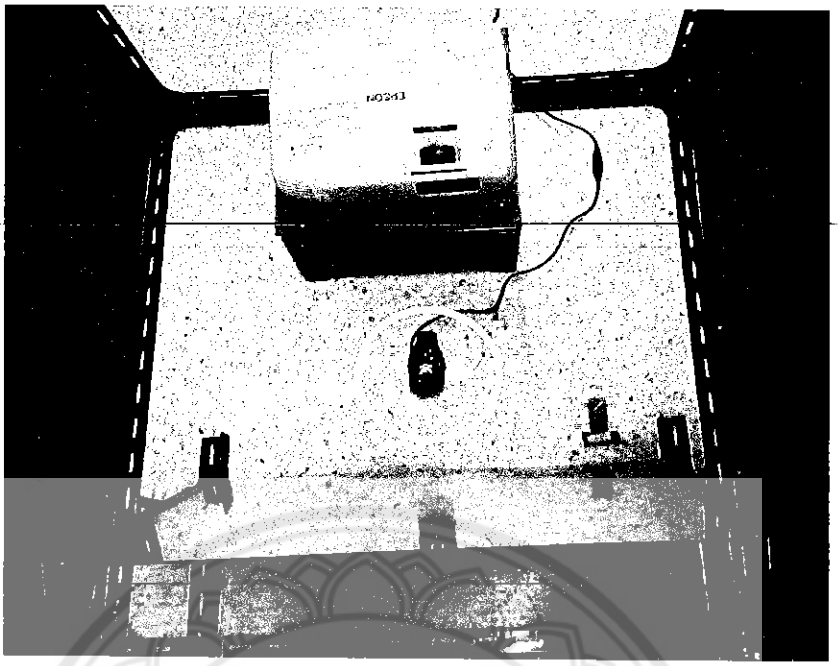
ในโครงงานนี้ต้องใช้กล้องอินฟราเรดเพื่อรับภาพจากแสงสะท้อนที่เกิดจากแสงไฟอินฟราเรด ซึ่งโดยปกติกล้องอินฟราเรดจะมีราคาแพง และหาซื้อยาก ผู้จัดทำจึงทำการดัดแปลงกล้องเว็บแคมธรรมดา ที่หาซื้อได้ง่าย และมีราคาถูก โดยวิธีการดัดแปลงกล้องเว็บแคมธรรมดา ให้เป็นกล้องอินฟราเรดนั้นทำได้โดย การถอดชิ้นส่วนของกล้องเว็บแคมเพื่อนำแผ่นกรองแสงอินฟราเรดออก แล้วนำแผ่นฟิล์มเนกาทีฟหรือแผ่นแม่เหล็กสีดำรูปวงกลมที่อยู่ภายในฟลอปปี้ดิสก์ (Floppy Disk) ใส่เข้าไปแทน จากนั้นก็ทำการประกอบกล้องเข้าเช่นเดิม

3.1.5 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวต้นแบบ

อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการติดตั้งบนตัวต้นแบบนั้นประกอบไปด้วย กล้องอินฟราเรด กระจกเงา และ โปรเจ็กเตอร์

3.1.5.1 กล้องอินฟราเรด

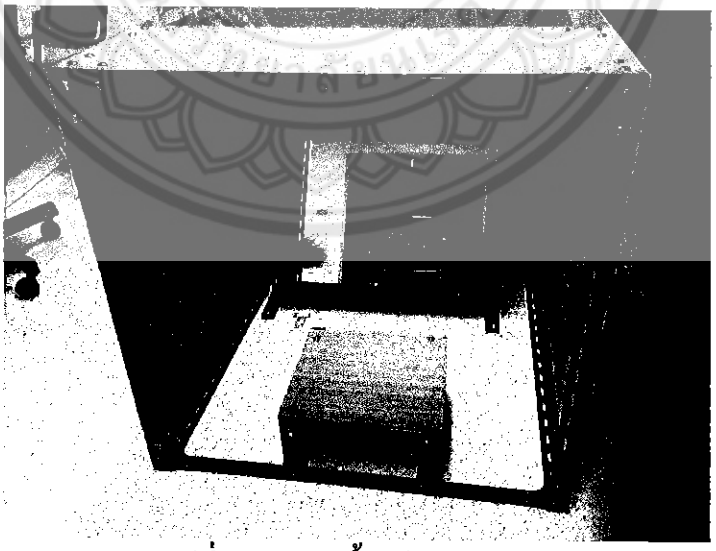
การติดตั้งกล้องอินฟราเรด จะติดตั้งอยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง ภายในของตัวต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 เนื่องจากจะได้ตรวจจับวัตถุบนพื้นผิวได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 3.4 การติดตั้งกล้องอินฟราเรด

3.1.5.2 กระจกเงา

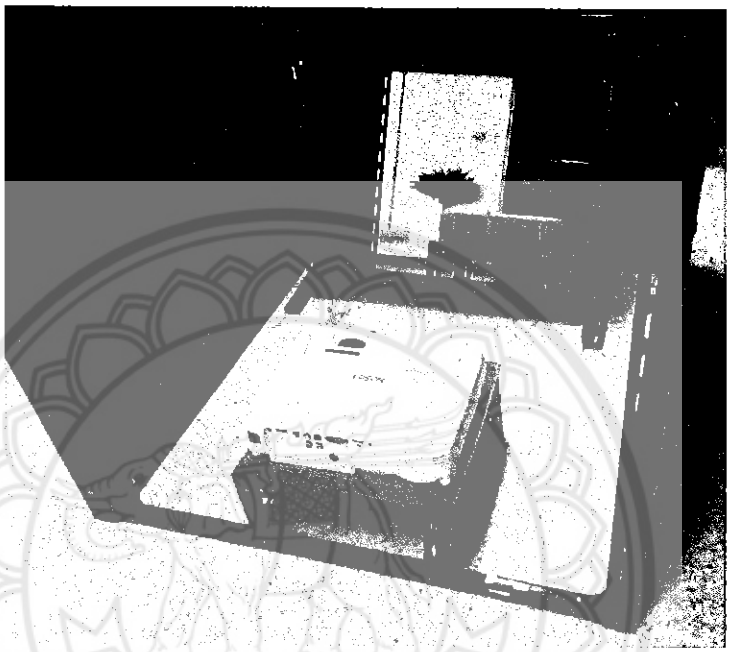
การติดตั้งกระจกเงา จะติดตั้งไว้ภายในของตัวต้นแบบ และทำมุมเอียงให้เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 3.5 เพื่อรับแสงสะท้อนจากโพรเจ็กเตอร์ให้ปรากฏบนพื้นผิวของตัวต้นแบบ



รูปที่ 3.5 การติดตั้งกล้องกระจกเงา

3.1.5.3 โพรเจ็กเตอร์

การติดตั้งโพรเจ็กเตอร์ จะติดตั้งไว้ภายในตัวต้นแบบ และติดตั้งไว้ตรงข้ามกับกระจกเงา เพื่อฉายภาพสะท้อนไปยังกระจกเงา ซึ่งการวางโพรเจ็กเตอร์นั้นส่งผล ต่อความละเอียดของภาพที่จะปรากฏ ดังนั้นจะจะต้องวางในตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.6 คุณสมบัติของโพรเจ็กเตอร์ที่ใช้คือ สามารถปรับคีย์สโตนหรือปรับภาพสะท้อนที่มีมุมเอียงได้



รูปที่ 3.6 การติดตั้งโพรเจ็กเตอร์

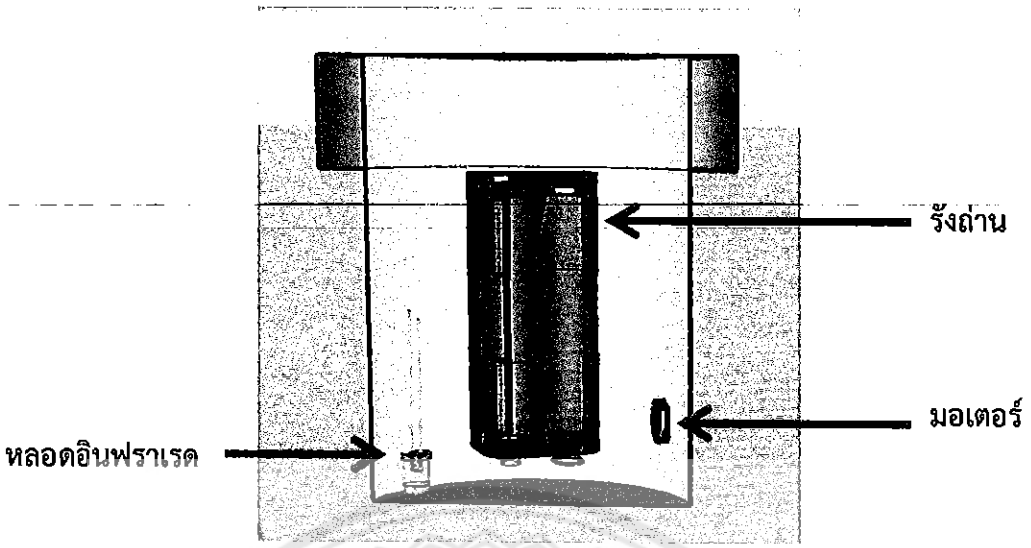
3.1.6 ตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ

การสร้างอุปกรณ์ที่ใช้บังคับภาพนั้น ทางผู้จัดทำได้ทำการทดลองหลากหลายวิธี จึงได้รูปแบบที่สวยงาม กะทัดรัดและง่ายต่อการบังคับ ประกอบกับอุปกรณ์ที่ใช้สามารถหาได้ง่าย ราคาไม่แพง

ผู้จัดทำได้ทดลองสร้างตัวต้นแบบขึ้นมา 2 แบบ โดยแตกต่างกันที่จำนวนของไฟอินฟราเรด คือ แบบมีไฟอินฟราเรด 3 จุดและ แบบมีไฟอินฟราเรด 4 จุด เพื่อง่ายต่อการจัดกลุ่มและการแยกวัตถุออกเป็น 2 ส่วน

3.1.7 การออกแบบตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ

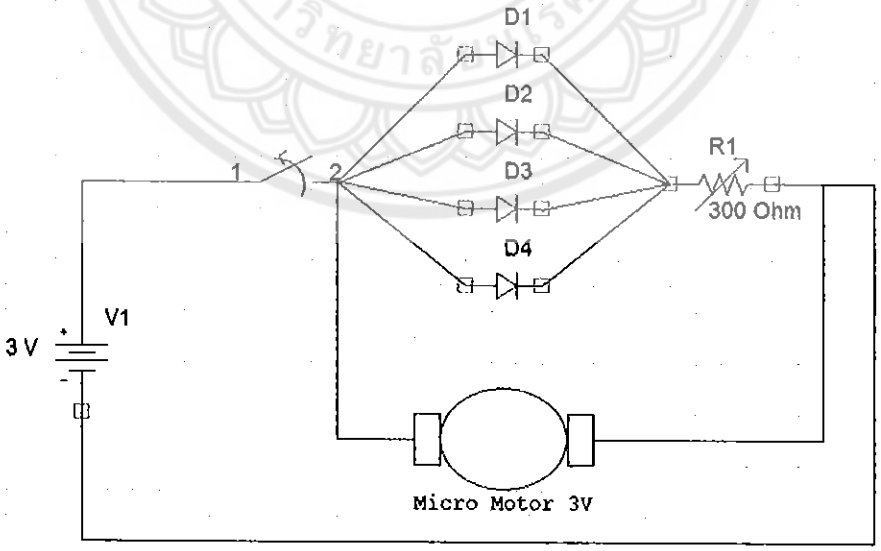
ออกแบบตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพโดยกำหนดความสูงและความกว้างของตัวตนแบบให้เหมาะสมต่อการใช้งานจริง การกำหนดตำแหน่งต่างๆ ของอุปกรณ์ที่จะติดตั้งอยู่ในตัวต้นแบบและการเลือกชนิดอุปกรณ์ที่ใช้ ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการออกแบบก่อนที่จะทำการสร้างตัวต้นแบบจริงโดยโปรแกรม Sketch Up เพื่อป้องกันความผิดพลาด ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 โครงสร้างตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพซึ่งออกแบบด้วยโปรแกรม Sketch Up

3.1.8 การออกแบบวงจรที่ใช้ในการสร้างตัวต้นแบบ

ในการสร้างตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ จะใช้หลอดไฟอินฟราเรด ดังนั้นจึงต้องมีการต่อวงจรเพื่อต่อกระแสไฟเข้าสู่ ไฟอินฟราเรด โดยผู้จัดทำได้ออกแบบวงจรที่จะใช้ในตัวต้นแบบ ด้วยโปรแกรม PSpice ดังรูปที่ 3.8 เพื่อป้องกันความผิดพลาด



รูปที่ 3.8 วงจรในตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ

3.1.9 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ

ในการสร้างตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพนั้น จะประกอบไปด้วย สวิตช์ ตัวต้านทานปรับค่าได้ มอเตอร์ หลอดอินฟราเรด ร่างถ่าน ถ่าน 1.5V และท่อ พีวีซี

3.1.9.1 หลอดอินฟราเรด

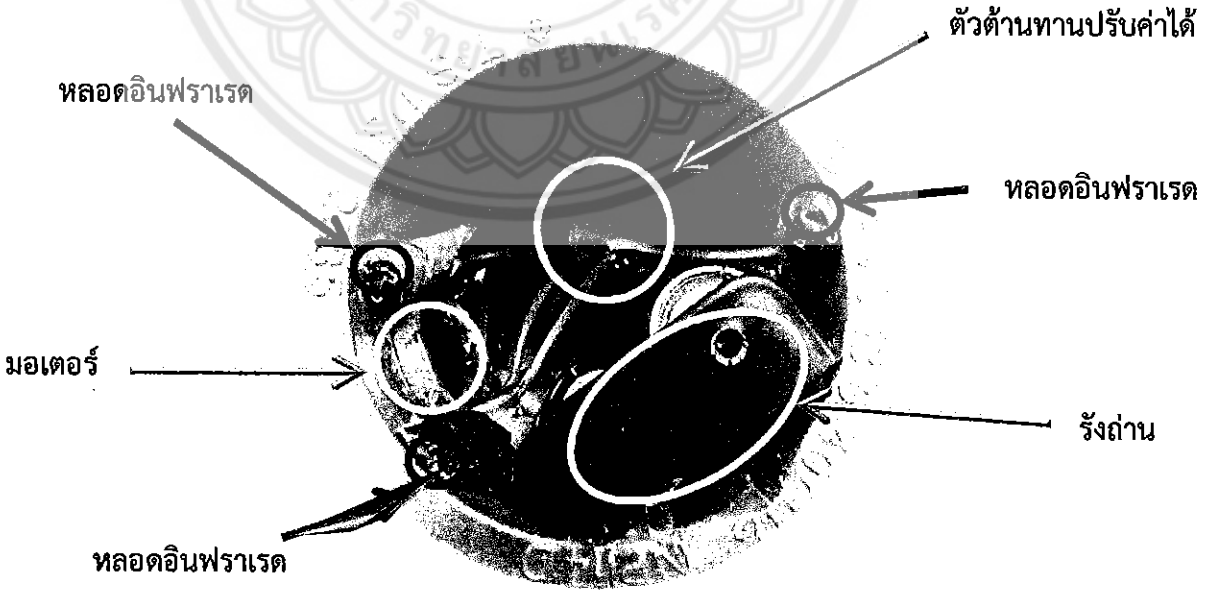
การติดตั้งหลอดอินฟราเรด จะติดตั้งไว้ปลายของท่อพีวีซี เพื่อให้กล้องจับแสงได้ดี และจะติดตั้งทั้งหมด 3 จุด จะติดในลักษณะสามเหลี่ยมหน้าจั่ว เพื่อ ง่ายต่อการกำหนดจุด ดังแสดงในรูปที่ 3.9

3.1.9.2 ตัวต้านทานปรับค่าได้

การติดตั้ง R ปรับค่า จะติดตั้งไว้ภายในตัวต้นแบบที่ใช้บังคับภาพ เพื่อลดความสว่างของไฟอินฟราเรด ดังแสดงในรูปที่ 3.9

3.1.9.3 มอเตอร์

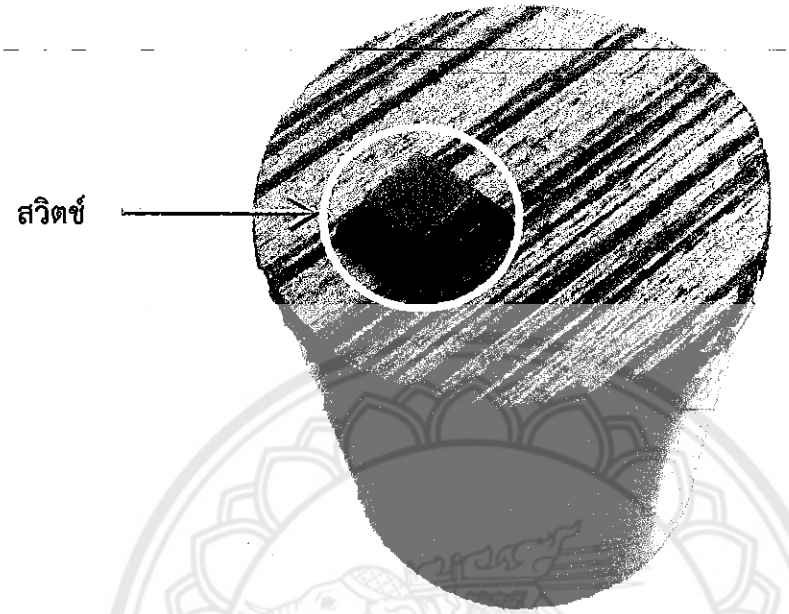
การติดตั้งมอเตอร์ จะติดตั้งเพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบ คือถ้าตัวมอเตอร์สั่นแสดงว่าไฟเข้าและระบบทำงาน แต่ถ้ามอเตอร์ไม่ติดแสดงว่าไฟไม่เข้า ทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ

3.1.9.4 สวิตซ์

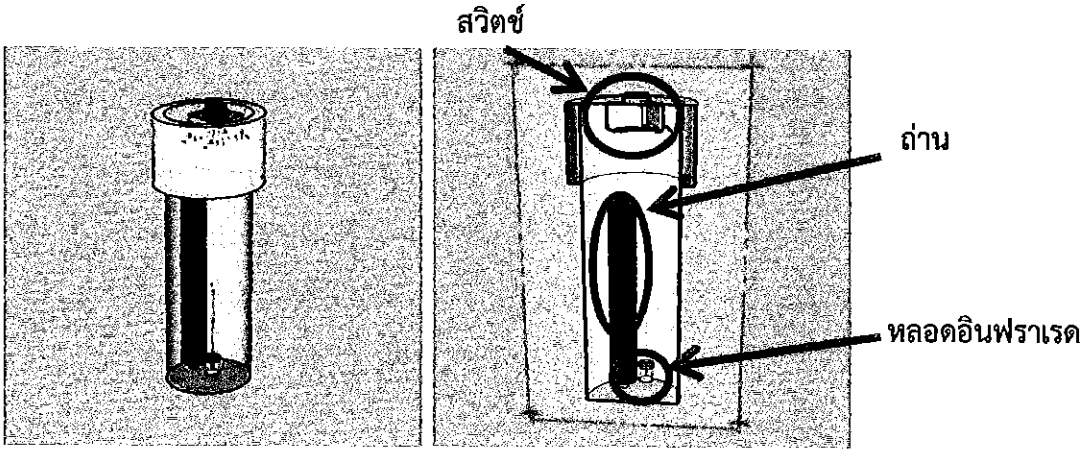
การติดตั้งสวิตซ์ จะติดตั้ง ไว้บนสุดของท่อพีวีซี เพื่อง่ายต่อการใช้งานในการกดสวิตซ์เพื่อเริ่มการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.10

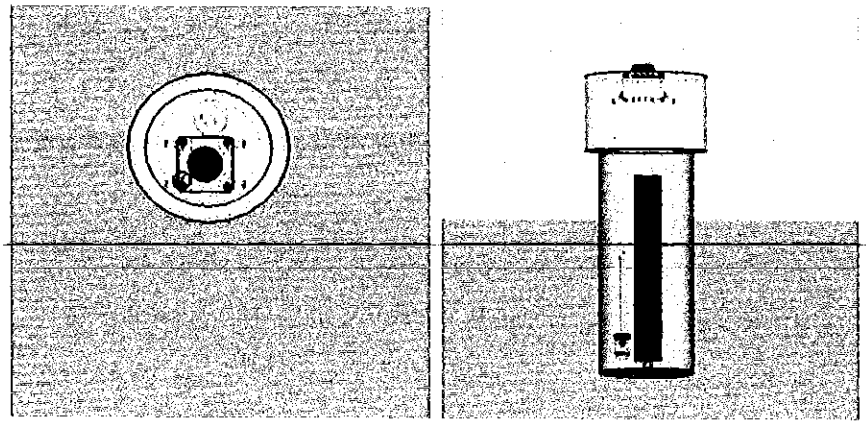


รูปที่ 3.10 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ **(ต่อ)**

3.1.10 ออกแบบตัวต้นแบบ สำหรับการกำหนดตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่ง**การฉายภาพ**

ก่อนการเริ่มโปรแกรมทุกครั้งจะต้องทำการตั้งค่าตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งของจุดไฟอินฟราเรดในตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ ผู้จัดทำจึงได้สร้างอุปกรณ์ตัวต้นแบบสำหรับการกำหนดตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพ เพื่อง่ายต่อการกำหนดจุดดังกล่าว การออกแบบจะแสดงดังรูปที่ 3.11





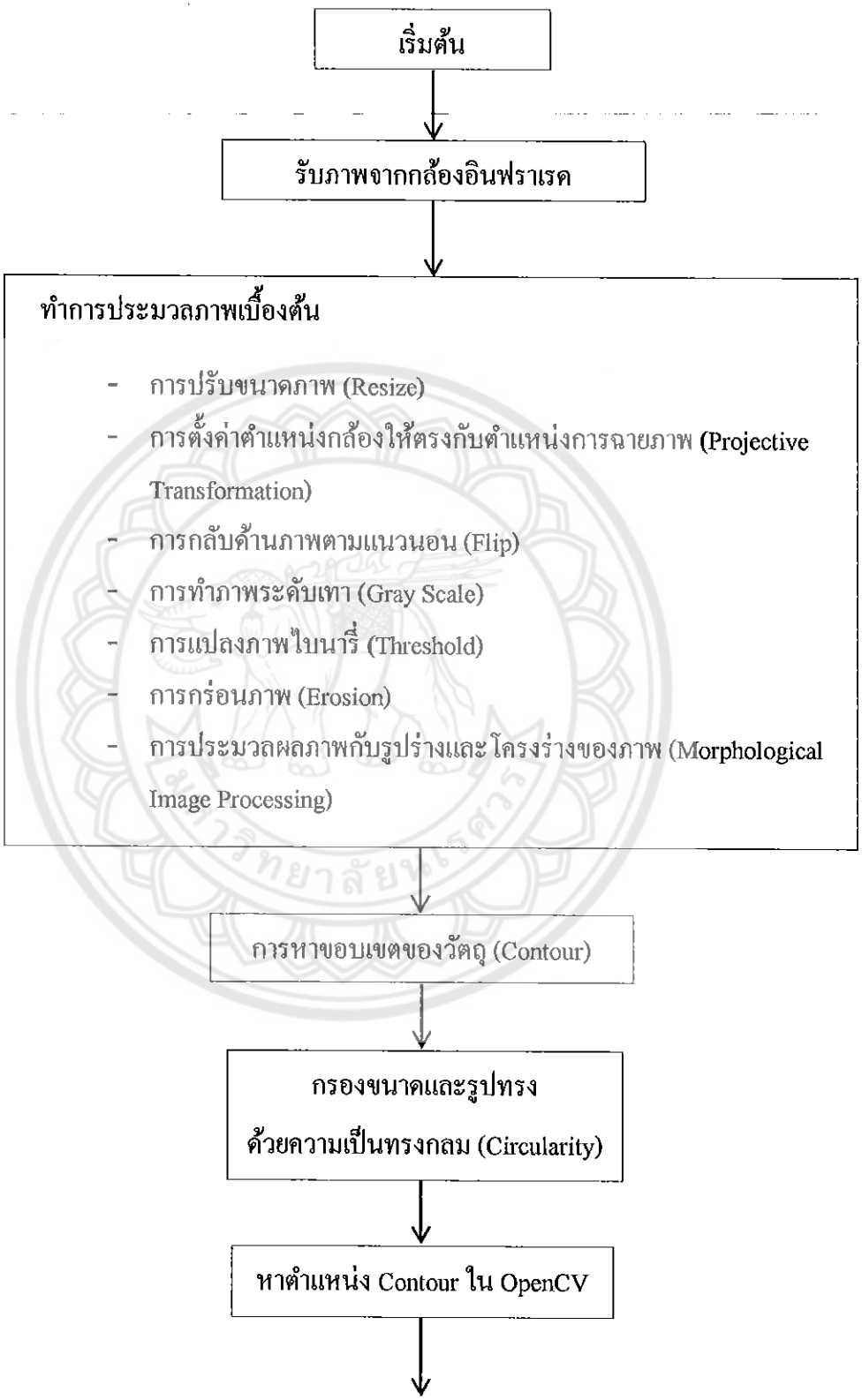
รูปที่ 3.11 การออกแบบตัวต้นแบบ สำหรับการกำหนดตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพ ด้วยโปรแกรม Sketch Up

3.1.11 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวต้นแบบ สำหรับการกำหนดตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพ

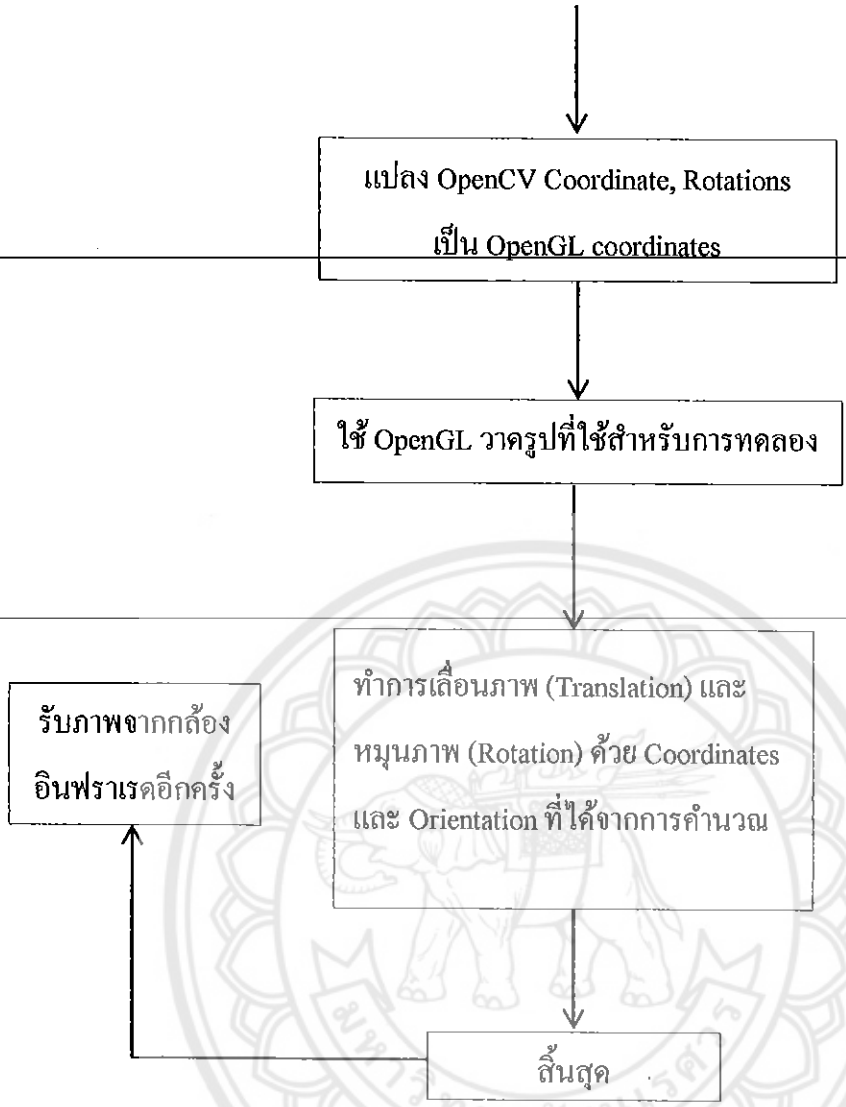
ในการสร้างตัวต้นแบบที่ใช้สำหรับการกำหนดตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพนั้น จะประกอบไปด้วย สวิตช์ หลอดอินฟราเรด ถ่าน 1.5V และท่อ พีวีซี แสดงดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวต้นแบบ สำหรับการกำหนดตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพ

3.2 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์



พบกลุ่มจุดสีขาว
7 จุด (2 อุปกรณ์)
3 หรือ 4 จุด (1 อุปกรณ์)
จัดกลุ่มด้วย K Means Clustering
หาระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางระหว่าง 2 กลุ่ม
หามุมระหว่างจุดศูนย์กลางทั้ง 2 กลุ่ม
พบกลุ่มจุดสีขาว
3 จุด
4 จุด
-หาจุดกึ่งกลาง Coordinate ของจุดแสงทั้งหมด
-ใช้ Euclidean distance หาระยะที่สั้นที่สุดระหว่างจุด
-ใช้ Open CV ลากเส้นจุดที่มีระยะสั้นที่สุด
-หาจุดกึ่งกลางของระยะที่สั้นที่สุด
-หามุมระหว่างจุดกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุดและไกลที่สุด
-หาจุดกึ่งกลาง Coordinate ของจุดแสงทั้งหมด
-ใช้ Euclidean distance หาระยะที่สั้นที่สุดระหว่างจุด
-ใช้ Open CV ลากเส้นจุดที่มีระยะสั้นที่สุด
-หาจุดกึ่งกลางของระยะที่สั้นที่สุด
-หาระยะทางจากจุดกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุดไปยังอีก 2 จุดที่เหลือ
-เปรียบเทียบระยะทางจากจุดกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุดไปยังอีก 2 จุดที่เหลือ ถ้าด้านใดยาวกว่าให้ลากเส้นจากจุดกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุดไปยังจุดนั้น แล้วหาจุดกึ่งกลางของด้านนี้ เป็นจุดศูนย์กลางวัตถุ
-หามุมระหว่างจุดกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุดและจุดที่มีระยะทางเปรียบเทียบไกลที่สุด



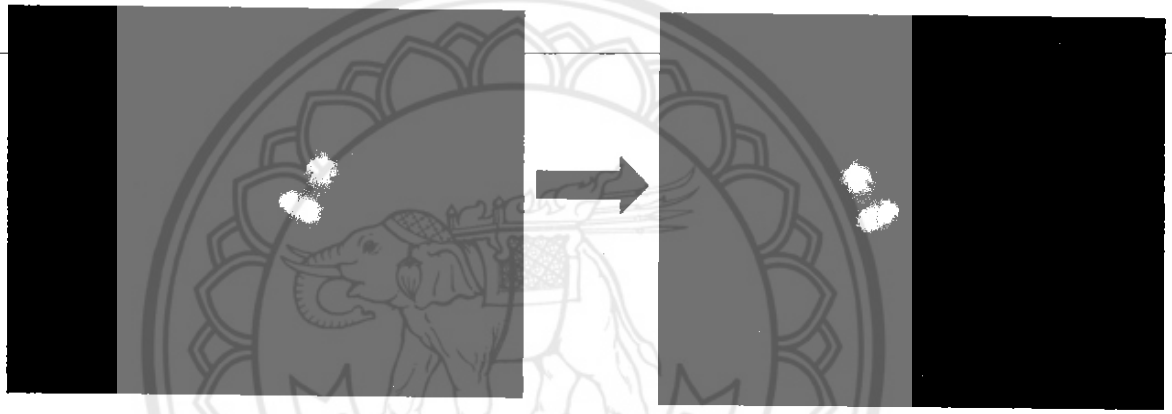
รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์

3.2.1 การรับภาพจากกล้องเว็บแคม และการประมวลผลภาพเบื้องต้น

เมื่อทำการเขียนโปรแกรมเพื่อรับภาพจากกล้องอินฟราเรดแล้ว ภาพที่รับเข้ามาจะมีความไม่ชัดเจน มีสัญญาณรบกวน เนื่องจากมีแสงรบกวนจากแหล่งกำเนิดไฟต่างๆ ดังนั้นจึงต้องการทำการปรับปรุงภาพเพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจนขึ้น

3.2.1.1 การกลับภาพ (Flip)

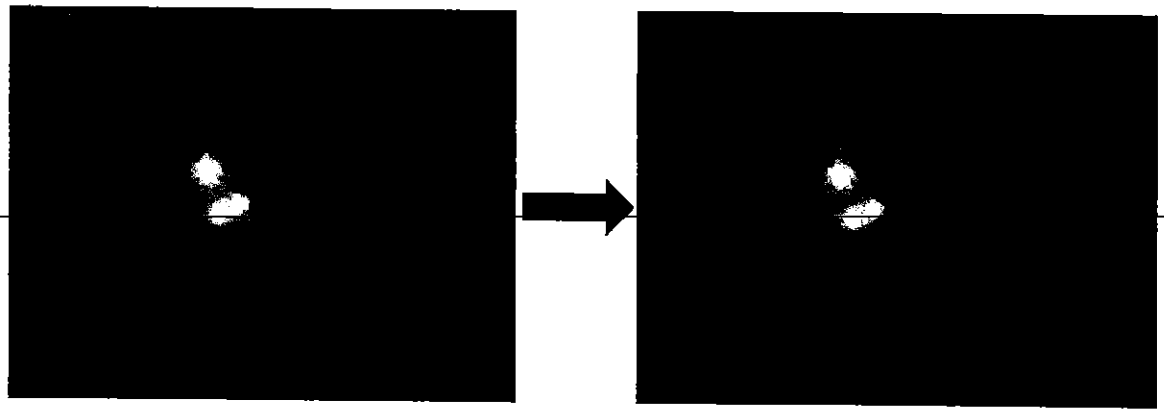
เนื่องจากการฉายภาพจากโพรเจ็กเตอร์สะท้องลงบนกระจกนั้น ภาพที่ปรากฏบนพื้นผิวจะเป็นภาพกลับด้าน ดังนั้นจึงต้องเขียนโปรแกรมกลับภาพ เพื่อให้ภาพที่ออกมานั้นเป็นภาพตามตำแหน่งจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ภาพก่อนและหลังการกลับภาพ

3.2.1.2 ภาพระดับเทา (Gray scale)

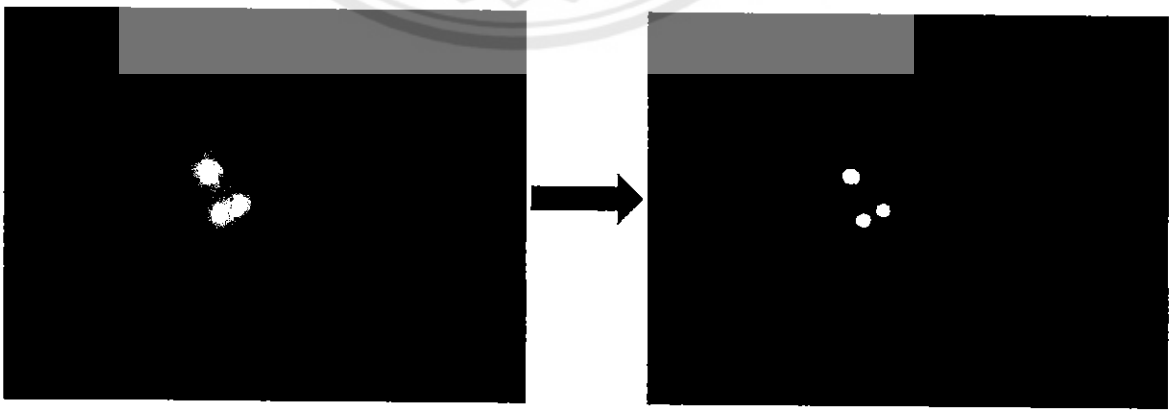
เนื่องจากการรับภาพที่เกิดจากแสงอินฟราเรดนั้น ภาพที่ได้จะคล้ายภาพสีเทา แต่ไม่ใช่ภาพระดับเทาดังนั้นจึงจำเป็นต้องแปลงภาพใช่เป็นระดับเทา เพื่อลดแชนแนล (Channel) ของสีให้น้อยลง ทำให้ลดการคำนวณ การประมวลผลจึงเร็วขึ้น และสะดวกในการเขียนโปรแกรมในขั้นตอนต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ภาพก่อนและหลังการทำภาพระดับเทา

3.2.1.3 การกำหนดค่าขีดแบ่ง (threshold)

ภาพที่ได้อาจยังมีเส้นขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงปรากฏอยู่ อันเนื่องจากสัญญาณรบกวนหรือลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มีลวดลายหรือมีรายละเอียดภายในมาก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดค่า Threshold ขึ้นมา 2 ค่าคือ High Threshold (T1) และ Low Threshold (T2) โดยพิกเซลที่มีค่ามากกว่า T1 จะถูกปรับเป็น '1' (เป็นพิกเซลที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า T2 จะถูกปรับเป็น '0' ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่า Threshold ทั้งสอง การปรับเป็นค่า '0' หรือ '1' นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซลที่อยู่รอบข้าง หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ (ขอบค่า> T1) มีค่ามากกว่า T2 แล้ว จะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น'1' และถือเป็นสมาชิกหนึ่งในภาพขอบด้วยเช่นกัน ดังนั้นการทำ Threshold จะทำ ให้ภาพที่มีขอบหนาหรือบางนั้นเอง ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ภาพก่อนและหลังการการแปลงภาพไบนารี่

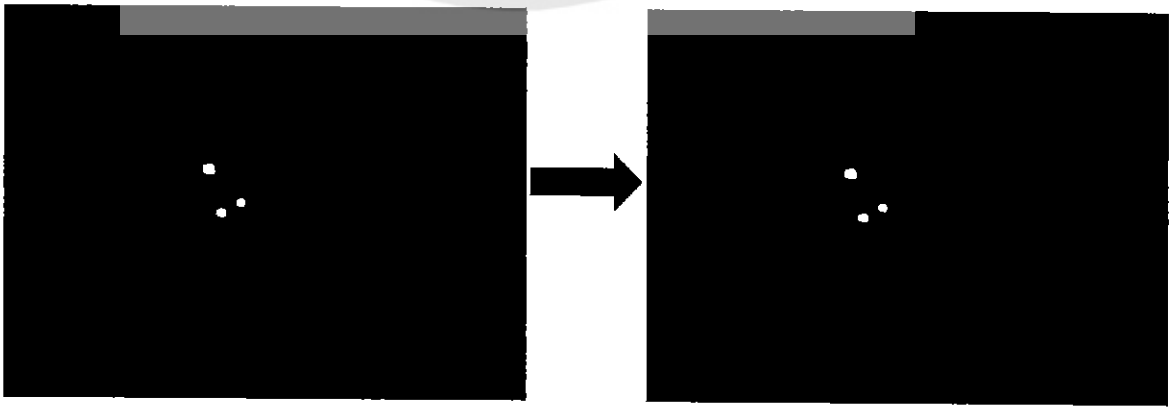
3.2.1.4 การกร่อนภาพ (Erosion)

การกร่อนภาพเป็นลักษณะของการลบข้อมูลภาพบริเวณขอบของภาพ การกร่อนภาพสามารถทำได้มีลักษณะคล้ายกับการขยายภาพโดยการสร้าง Template ขึ้นแล้วนำ Template ไปสแกนตามข้อมูลภาพสำหรับทุกตำแหน่งที่เลื่อน Template ไปบนภาพก็จะมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ ถ้าข้อมูลภาพมีค่าเหมือนกับ Template จะทำการกำหนดค่าข้อมูลภาพในตำแหน่งที่ตรงกับจุดเริ่มต้น (Origin) ของ Template ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 ภาพก่อนและหลังการทำกร่อนภาพ

3.2.1.5 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ (Morphological Image Processing)

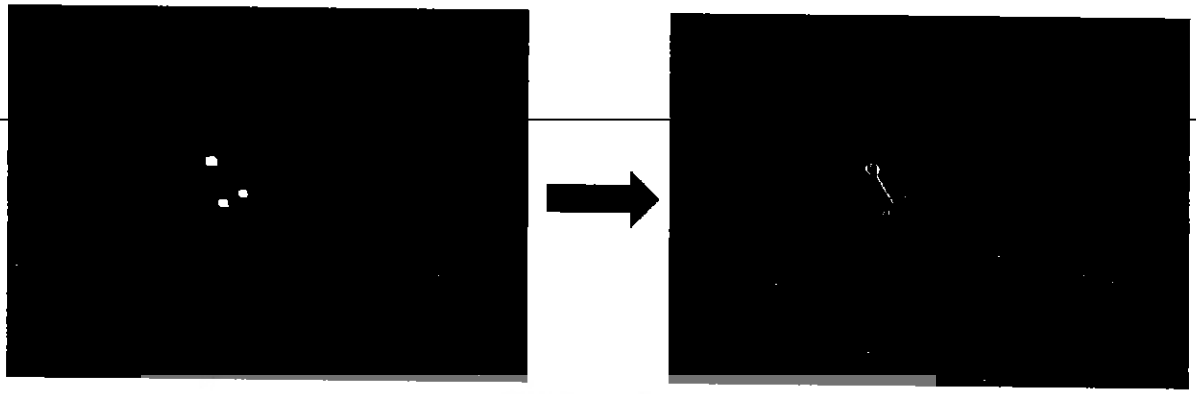
Morphological Image Processing เป็นการประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ ได้แก่ การ Opening และ Closing เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ภาพก่อนและหลังการทำการประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ

3.2.2 เส้นแสดงรูปร่าง (contour)

เพื่อตรวจสอบการเคลื่อนที่และการหาตำแหน่งของวัตถุ ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ภาพก่อนและหลังการทำ contour

3.2.3 กรองขนาดวัตถุ (Size filtering)

เนื่องจากวัตถุเป็นกลุ่มจุดและกลุ่มจุดเป็นวงกลมซึ่งสามารถกรองรูปทรงของวัตถุได้จาก

Area = พื้นที่วงกลม $\longrightarrow$ πr^2

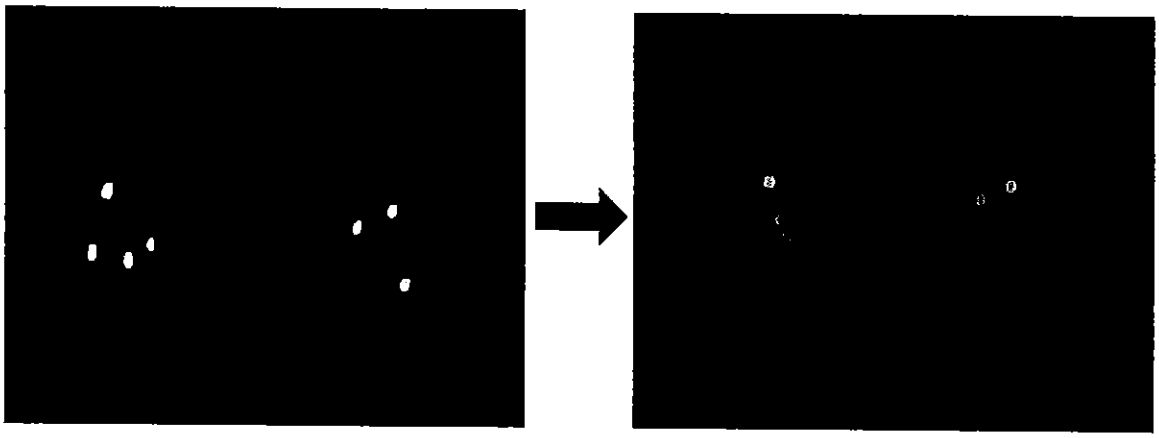
Length = เส้นรอบวง $\longrightarrow$ $2\pi r^2$

ความเป็นทรงกลม (Circularity) = $\frac{4\pi(\text{Area})}{\text{Length}^2} = 1$

วัตถุที่ได้จากการกรองรูปทรงกลม (Circularity) มีขนาดอยู่ในช่วง (0.7 $\longleftrightarrow$ 1) ซึ่งสามารถจำกัดช่วงขนาดขอองวัตถุได้ว่า ถ้าน้อยกว่า 0.7 และมากกว่า 1 ไม่ใช่รูปทรงที่ต้องการ

3.2.4 การจัดกลุ่ม (K Means Clustering)

คือการจัดกลุ่มระหว่าง 2 กลุ่ม ว่ามีจุดศูนย์กลางอยู่ในตำแหน่งใด โดยอาศัยการคำนวณระยะทางระหว่างกลุ่มจุดที่ใกล้เคียงกันแล้วเฉลี่ยค่าออกมาเป็นค่าจุดศูนย์กลางของกลุ่ม จึงสามารถจัดกลุ่มข้อมูลให้แบ่งออกได้ชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 3.20

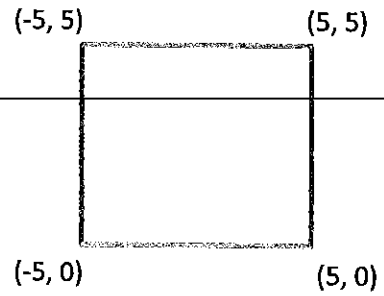


รูปที่ 3.20 ภาพก่อนและหลังการทำ K Means Clustering

3.2.5 แปลง Open CV ordinate เป็น Open GL coordinate

ตัวอย่างการแปลงจุด

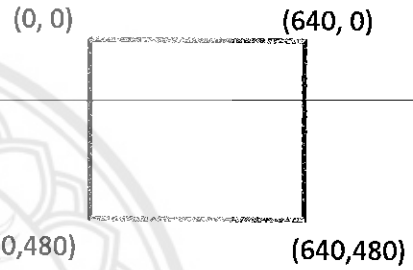
กำหนดจุดใน Open CV = (426, 360)



หาค่า $X = \frac{426}{640} = \frac{X}{10}$

$= \frac{426*10}{640} = \frac{4260}{640} = \frac{426}{64}$

$= 6.65 - 5 = 1.65$



หาค่า $Y = \frac{480-360}{480} = \frac{120}{480} * 10$

$= \frac{1200}{4800} = \frac{12}{48}$

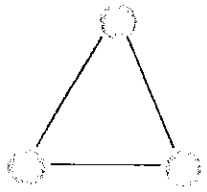
$= 0.25$

ดังนั้น จุด (426, 360) ของ Open CV ก็คือจุด (1.65, 0.25) ใน Open GL coordinate

3.2.6 การหาตำแหน่งจุดของตัวต้นแบบทั้ง 2 แบบ

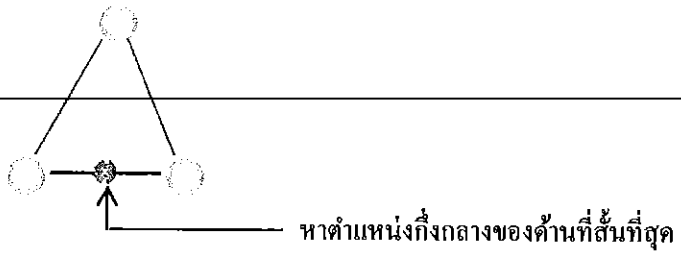
3.2.6.1 อุปกรณ์ชนิดที่ 1 แบบ 3 จุด

เนื่องจากกลุ่มจุดในอุกปกรณ์ต้นแบบตัวที่ 2 มีการวางจุดอยู่ 3 ตำแหน่ง จึงทำให้มีด้าน 3 ด้านที่มีความยาวไม่เท่ากัน ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การจำลองจุดไฟอินฟราเรดของตัวต้นแบบ ชนิดที่มี 3 จุด

การหาตำแหน่งของอุปกรณ์นั้นหาได้จาก การหาความยาวของด้านที่สั้นที่สุดของทั้ง 3 ด้านและหาตำแหน่งกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุด ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การจำลองการหาตำแหน่งกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุด ของตัวต้นแบบ ชนิดที่มี 3 จุด

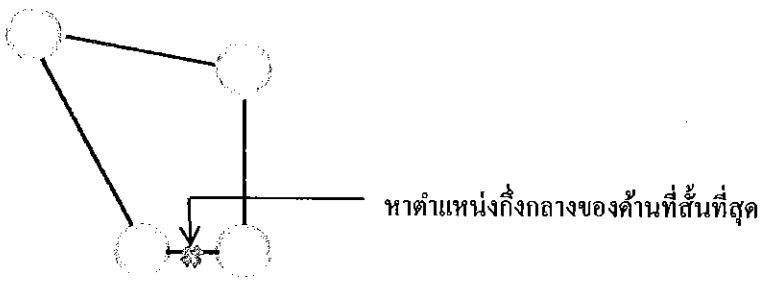
จากนั้นลากเส้นจากจุดกึ่งกลางที่สั้นที่สุดไปยังจุดที่เหลือ จากนั้นหาจุดกึ่งกลางของเส้นที่เหลือจะได้จุดกึ่งกลางของอุปกรณ์ชนิดที่ 1 ดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 การจำลองการหาตำแหน่งกึ่งกลางของตัวต้นแบบ ชนิดที่มี 3 จุด

การหา Rotation ได้จากการหาตำแหน่งของจุดกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุดกับจุดที่เหลือเพื่อหาการทำมุมซึ่งกันและกัน

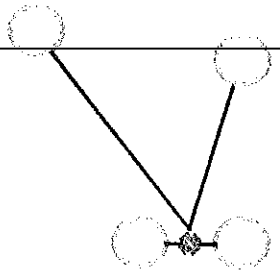
3.2.6.2 อุปกรณ์ชนิดที่ 2 แบบ 4 จุด

เนื่องจากการวางตัวของตำแหน่งจุดในอุปกรณ์ชนิดที่ 2 มี 4 จุดซึ่งทำให้มี 4 ด้าน จึงเริ่มคำนวณความยาวและจุดกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุด ดังรูปที่ 3.24



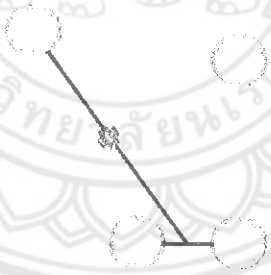
รูปที่ 3.24 การจำลองการหาตำแหน่งกึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุด ของตัวต้นแบบ ชนิดที่มี 4 จุด

จากนั้นหาความยาวของจุดกึ่งกลางด้านที่สั้นที่สุดไปยังจุดที่เหลืออีก 2 จุด ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 การจำลองหาความยาวของจุดกึ่งกลางด้านที่สั้นที่สุดไปยังจุดที่เหลืออีก 2 จุด

แล้วนำความยาวของทั้งสองด้านมาเปรียบเทียบกัน เมื่อด้านที่ยาวกว่านำมาหาจุดกึ่งกลางเพื่อหาจุดกึ่งกลางของอุปกรณ์ต่อไป ดังรูปที่ 3.26

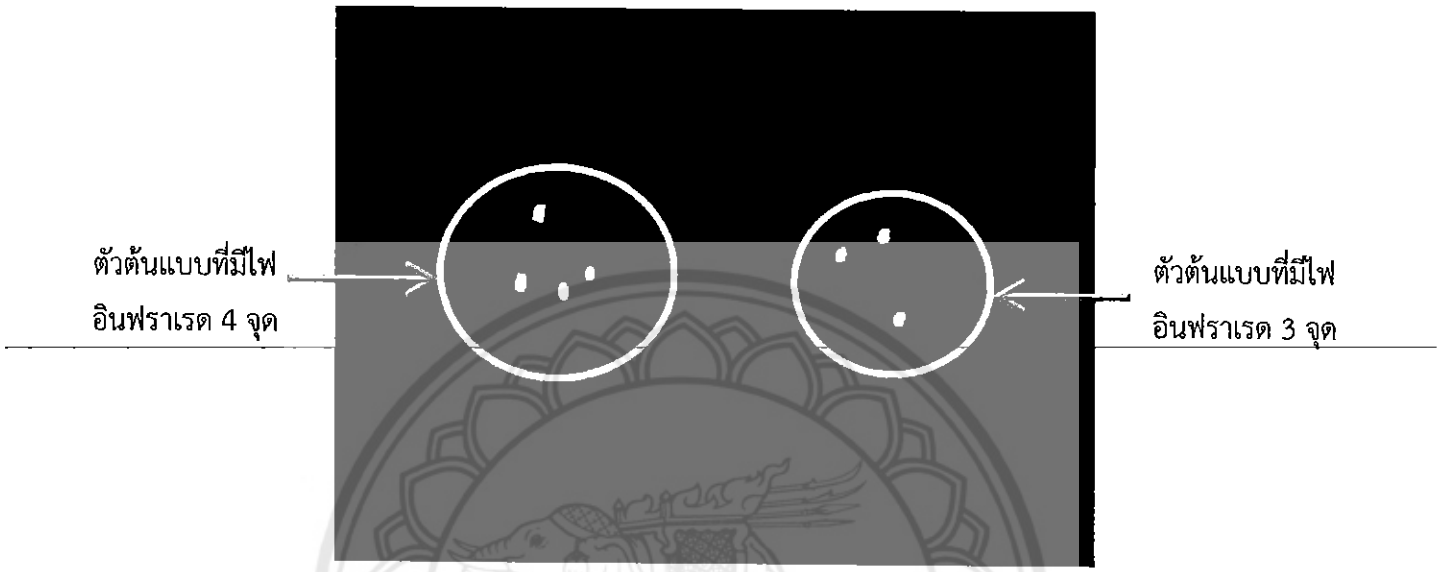


รูปที่ 3.26 การจำลองหาจุดกึ่งกลางของด้านที่ยาวกว่าของตัวต้นแบบ ชนิดที่มี 4 จุด

ในส่วนของ Rotation เพื่อหาการวางตัวทำมุมซึ่งกันและกันระหว่างจุด กึ่งกลางของด้านที่สั้นที่สุด กับด้านที่ยาวที่สุด

3.2.7 ตำแหน่งของจุดอินฟราเรดทั้ง 2 กลุ่ม

เมื่อสร้างตัวต้นแบบ ทั้ง 2 แบบ ได้แก่ แบบมีไฟอินฟราเรด 3 จุด และ 4 จุด สำเร็จแล้วนำไปทดลองใช้กับตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะ และใช้กล้องอินฟราเรดถ่าย ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 ตำแหน่งของจุดอินฟราเรดทั้ง 2 กลุ่ม

บทที่ 4

ผลการทดลอง

โครงงาน "ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว : กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ควบคุมรูปภาพโดยอาศัยอุปกรณ์ต้นแบบ" ดังนั้นจึงแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของ ซอฟแวร์และฮาร์ดแวร์

4.1 ผลการทดลองความแม่นยำของตำแหน่งในการเคลื่อนที่ตัวต้นแบบ

การทดลองความแม่นยำของตำแหน่งการเคลื่อนที่ของต้นแบบนั้น ผู้จัดทำได้ทำการตรวจสอบจากระยะความคลาดเคลื่อนจากจุดกึ่งกลางของภาพที่อยู่บนพื้นผิวกับจุดกึ่งกลางของอุปกรณ์ต้นแบบ ว่ามีระยะห่างเท่าใด และสรุปเป็นตาราง โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 แบบ ตามชนิดของอุปกรณ์ต้นแบบ ได้ดังนี้

4.1.1 ตารางการทดลองตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 1 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 3 จุด

ในการทดลองตรวจสอบความแม่นยำของตำแหน่งการเคลื่อนที่ของตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 1 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 3 จุด ผู้จัดทำได้ทำการทดลอง 50 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดลองตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 1 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 3 จุด

ผลการทดลองครั้งที่	X Position	Y Position	Error Distance (cm)	Accuracy (%)
1	238	244	1	90
2	290	214	0	100
3	231	211	2	80
4	238	244	2	80
5	290	214	0	100
6	231	211	2	80
7	303	287	0	100
8	295	255	3	70

ผลการทดลองครั้งที่	X Position	Y Position	Error Distance (cm)	Accuracy (%)
9	354	255	3	70
10	333	153	3	70
11	325	121	0	100
12	385	121	2	80
13	201	50	3	70
14	193	118	3	70
15	252	117	2	80
16	115	166	1	90
17	107	134	3	70
18	165	135	1	90
19	101	222	2	80
20	92	191	2	80
21	150	188	1	90
22	128	260	1	90
23	99	228	2	80
24	156	226	2	80
25	129	284	1	90
26	152	252	1	90
27	160	312	1	90
28	214	286	2	80
29	156	279	0	100
30	198	337	0	100
31	250	309	3	70
32	192	305	3	70
33	232	338	2	80
34	222	307	0	100
35	280	303	2	80
36	273	335	2	80
37	264	304	0	100

ผลการทดลองครั้งที่	X Position	Y Position	Error Distance (cm)	Accuracy (%)
38	322	301	2	80
39	313	326	0	100
40	304	295	3	70
41	361	294	0	100
42	348	289	1	90
43	340	258	0	100
44	398	258	3	70
45	354	232	3	70
46	404	204	3	70
47	347	201	0	100
48	346	224	3	70
49	340	193	3	70
50	347	204	3	70

สรุปผลการทดลองความแม่นยำของอุปกรณ์ต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพที่มีไฟอินฟราเรด 3 จุด มีความแม่นยำเฉลี่ย 81.60 %

4.1.2 ตารางการทดลองตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 1 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 4 จุด

ในการทดลองตรวจสอบความแม่นยำของตำแหน่งการเคลื่อนที่ของตัวต้นแบบ ที่ใช้ควบคุมภาพ 1 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 4 จุด ผู้จัดทำได้ทำการทดลอง 50 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดลองตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 1 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 4 จุด

ผลการทดลองครั้งที่	X Position	Y Position	Error Distance (cm)	Accuracy (%)
1	324	224	2	80
2	268	213	2	80
3	287	190	3	70
4	271	236	3	70

ผลการทดลองครั้งที่	X Position	Y Position	Error Distance (cm)	Accuracy (%)
5	270	236	1	90
6	269	238	4	60
7	129	300	2	80
8	121	305	0	100
9	120	324	3	70
10	111	299	1	90
11	101	290	0	100
12	91	270	2	80
13	91	246	3	70
14	92	234	3	70
15	98	204	4	60
16	103	196	3	70
17	114	177	1	90
18	131	165	0	100
19	124	144	3	70
20	180	142	0	100
21	137	116	3	70
22	157	149	2	80
23	149	128	0	100
24	206	126	3	70
25	168	101	2	80
26	243	104	4	60
27	237	83	1	90
28	294	82	3	70
29	251	56	0	100
30	338	124	4	60
31	429	223	4	60
32	433	229	2	80
33	437	238	0	100

ผลการทดลองครั้งที่	X Position	Y Position	Error Distance (cm)	Accuracy (%)
34	437	244	0	100
35	436	253	1	90
36	437	260	0	100
37	439	267	1	90
38	439	286	2	80
39	442	310	1	100
40	435	310	3	70
41	421	307	3	70
42	406	305	3	70
43	387	311	3	70
44	365	318	0	100
45	324	325	0	100
46	320	306	3	70
47	316	282	0	100
48	315	267	4	60
49	327	285	2	80
50	320	298	2	80

ตารางที่ 4.2 การทดลองตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 1 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 4 จุด

สรุปผลการทดลองความแม่นยำของอุปกรณ์ต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพที่มีไฟอินฟราเรด 4 จุด มีความแม่นยำเฉลี่ย 79.20 %

4.1.2 ตารางการทดลองตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 2 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 7 จุด

ในการทดลองตรวจสอบความแม่นยำของตำแหน่งการเคลื่อนที่ของตัวต้นแบบ ที่ใช้ควบคุมภาพ 2 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด73 จุด ผู้จัดทำได้ทำการทดลอง 10 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การทดลองตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 2 อุปกรณ์ ที่มีไฟอินฟราเรด 7 จุด

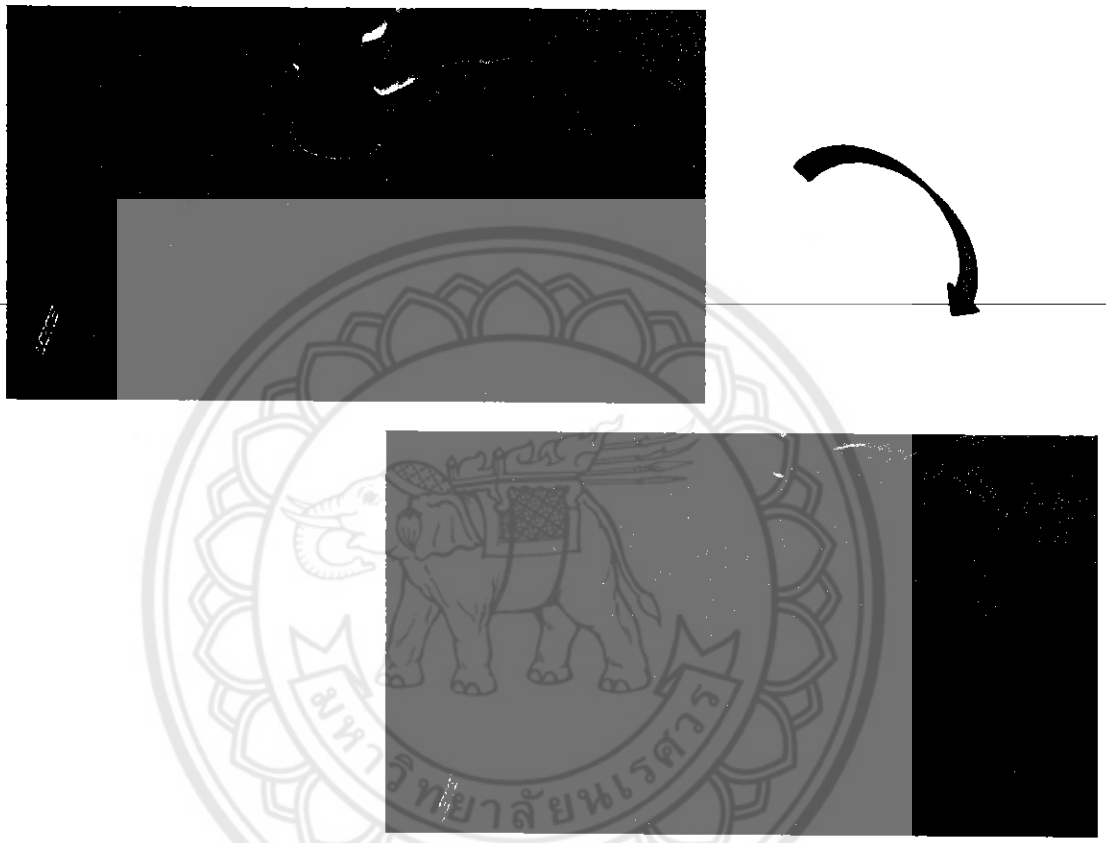
ครั้งที่	X Position (Group 1)	Y Position (Group 1)	X Position (Group 2)	Y Position (Group 2)	Error Distance (cm)	Accuracy (%)
1	106	345.33	475.25	149	0	100
2	475.25	148.75	106.33	345.33	0	100
3	475.25	148.75	106.33	345.33	1	90
4	105.66	345.33	475.25	149	1	90
5	475.25	149	106	345.33	1	90
6	105.66	345.33	475.25	149	0	100
7	106	345.33	475.25	149	0	100
8	475.25	148.75	106.33	345.33	1	90
9	105.66	345.33	475.25	149	0	100
10	105	345.21	475.25	149	0	100

สรุปผลการทดลองความแม่นยำของอุปกรณ์ต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 2 อุปกรณ์ **ที่มีไฟอินฟราเรด 7 จุด**

มีความแม่นยำเฉลี่ย 86.00 %

4.2 ตรวจสอบระยะห่างของอุปกรณ์จากพื้นผิว

ผู้จัดทำได้ทำการตรวจสอบจากระยะห่างจากการยกอุปกรณ์ต้นแบบกับพื้นผิวว่ามีระยะห่าง 0-5 เซนติเมตร ที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงการยกตัวอุปกรณ์ต้นแบบห่างจากพื้น 0-5 เซนติเมตร

โดยได้บันทึกผลการทดลองการยกอุปกรณ์ต้นแบบกับพื้นผิวระยะห่าง 0-5 เซนติเมตรดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 การทดลองยกอุปกรณ์ต้นแบบกับพื้นผิวระยะห่าง 0-5 เซนติเมตร

การทดลองครั้งที่	ระยะทางที่คาดหวัง (cm)	ระยะทางที่ได้จริง (cm)	ความแม่นยำ (%)
1	5	5	100
2	5	5	100
3	5	4	80
4	5	5	100

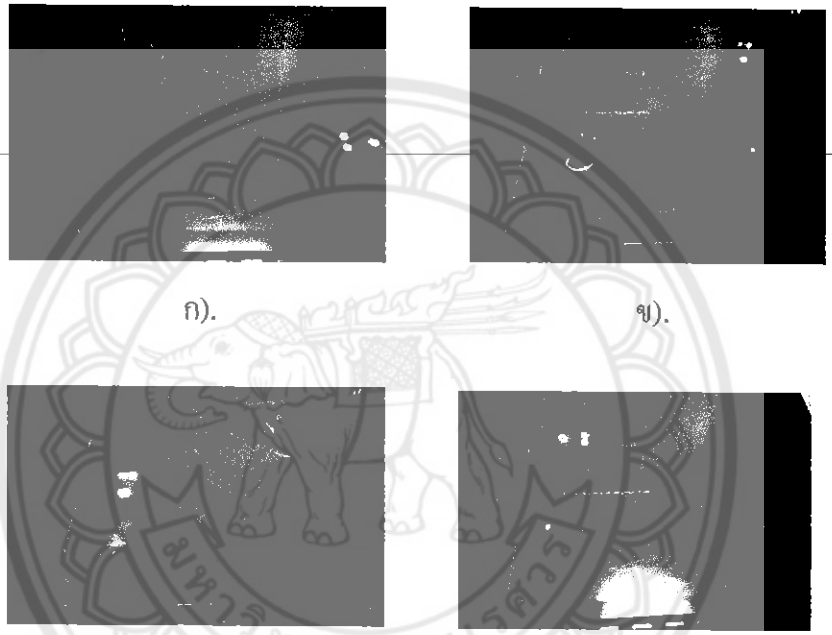
การทดลองครั้งที่	ระยะทางที่คาดหวัง (cm)	ระยะทางที่ได้จริง (cm)	ความแม่นยำ (%)
5	5	5	100
6	5	5	100
7	5	4	80
8	5	5	100
9	5	5	100
10	5	4	80
11	5	4	100
12	5	5	100
13	5	5	100
14	5	4	80
15	5	5	100
16	5	5	100
17	5	4	100
18	5	5	100
19	5	4	100
20	5	5	100

สรุปผลการทดลองความแม่นยำของอุปกรณ์ต้นแบบกับพื้นผิวระยะห่าง 0-5 เซนติเมตร

มีความแม่นยำเฉลี่ย 96.00 %

4.3 ผลการทดลองการตั้งค่าตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพ

ก่อนการเริ่มโปรแกรมทุกครั้งจะต้องทำการตั้งค่าตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งของจุดไฟอินฟราเรดในตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ ซึ่งการตั้งค่านั้นจะต้องทำการเลือกตำแหน่งทั้ง 5 ตำแหน่งของภาพที่ได้จากกล้องโดยตรง ดังรูปที่ 4.2



ก). ข).

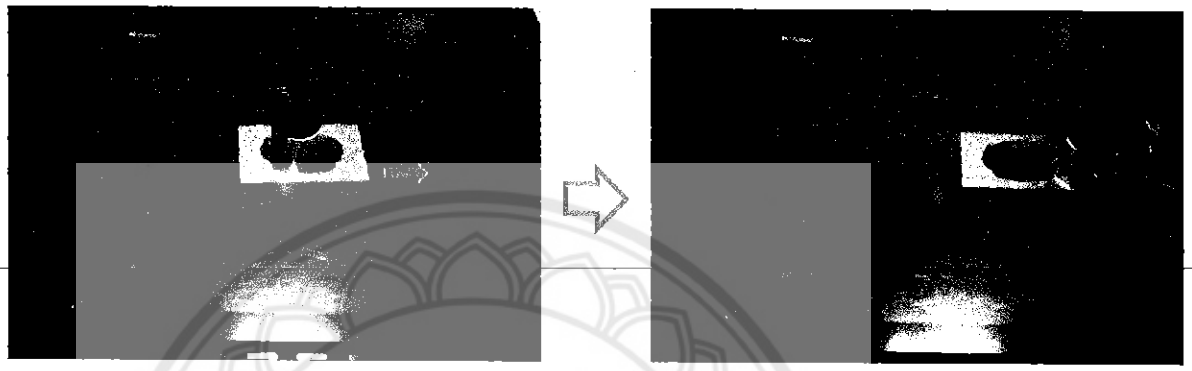
ค). ง).

รูปที่ 4.2 ก). การเลือกตำแหน่งที่ 1 มุมบนซ้าย
ข). การเลือกตำแหน่งที่ 2 มุมล่างซ้าย
ค). การเลือกตำแหน่งที่ 3 มุมบนขวา
ง). การเลือกตำแหน่งที่ 4 มุมล่างขวา

4.4 ผลการทดลองการควบคุมภาพ

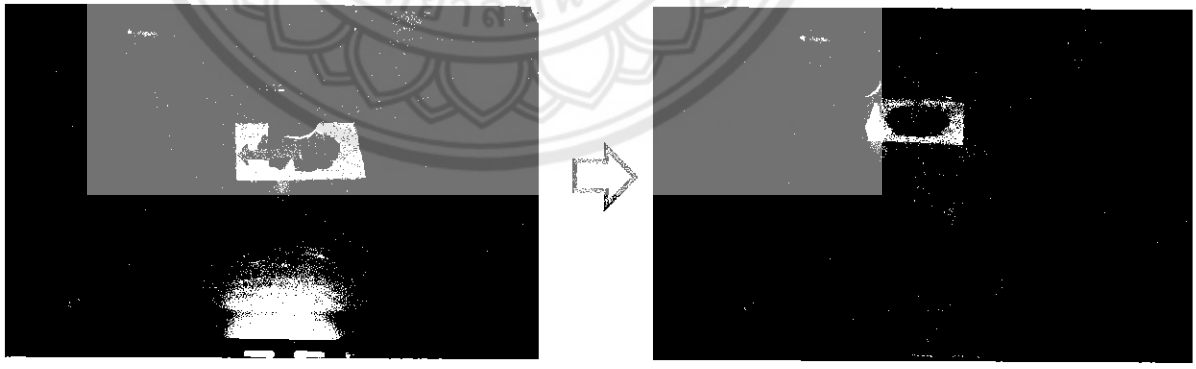
4.4.1 กรณีตรวจพบไฟอินฟราเรด 1 อุปกรณ์

4.4.1.1 ทดสอบการควบคุมภาพ โดยการเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากจุดกึ่งกลางไปทางขวา ดังรูปที่ 4.3



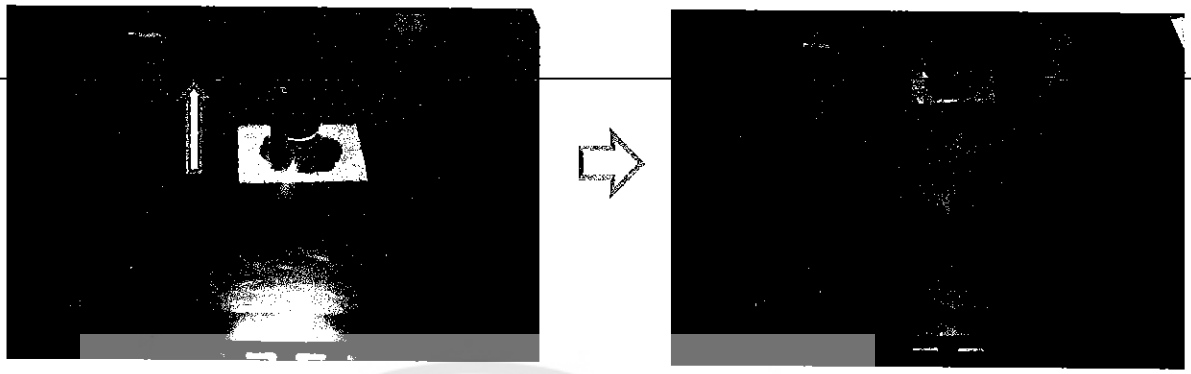
รูปที่ 4.3 การเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากจุดกึ่งกลางไปทางขวา

4.4.1.2 ทดสอบการควบคุมภาพ โดยการเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากทางขวาไปทางซ้าย ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากทางขวาไปทางซ้าย

4.4.1.3 ทดสอบการควบคุมภาพ โดยการเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากกึ่งกลางไปด้านบน ดังรูปที่ 4.5

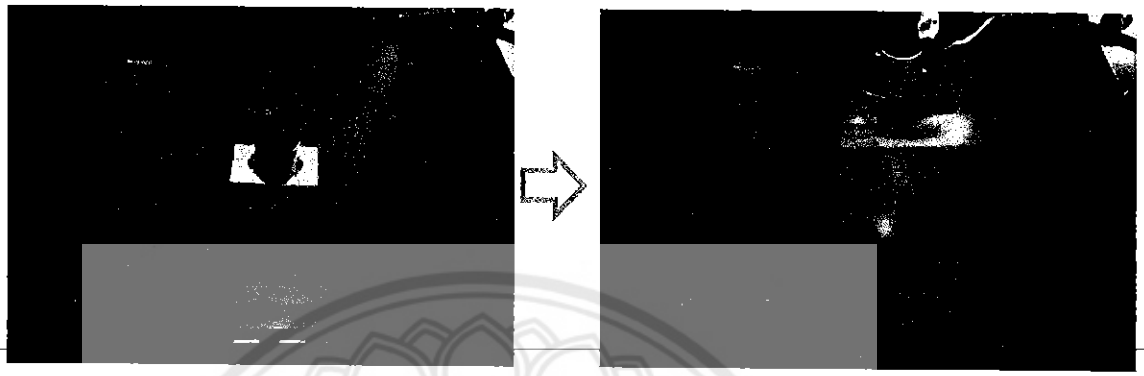


รูปที่ 4.5 การเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากกึ่งกลางไปด้านบน

4.4.1.4 ทดสอบการควบคุมภาพ โดยการเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากกึ่งกลางไปด้านล่าง ดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 การเคลื่อนที่ตัวต้นแบบจากกึ่งกลางไปด้านล่าง

4.4.1.5 ทดสอบการควบคุมภาพ โดยการขยายภาพ ทำได้โดยยกตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพขึ้นเหนือพื้นผิว ดังรูปที่ 4.7



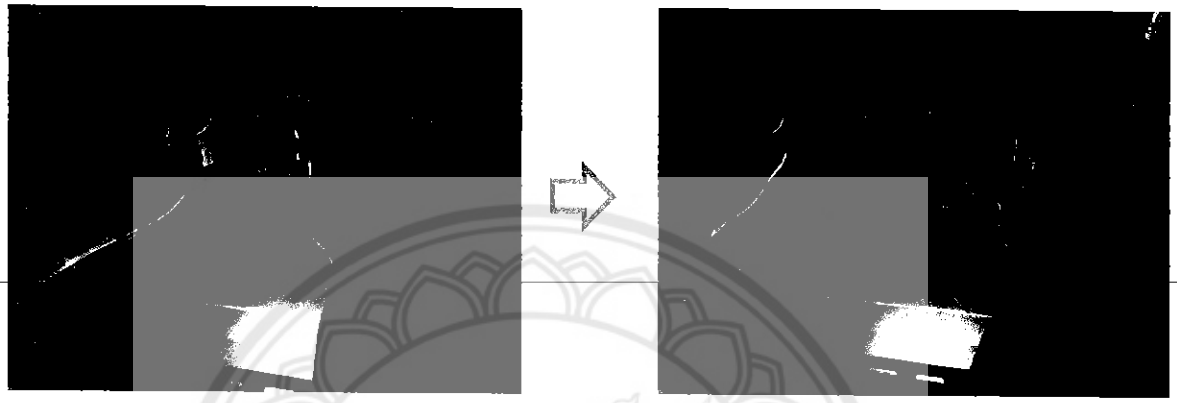
รูปที่ 4.7 การยกตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพขึ้นเหนือพื้นผิว

4.4.1.5 ทดสอบการควบคุมภาพ โดยการหมุนตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ ดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 การหมุนตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ

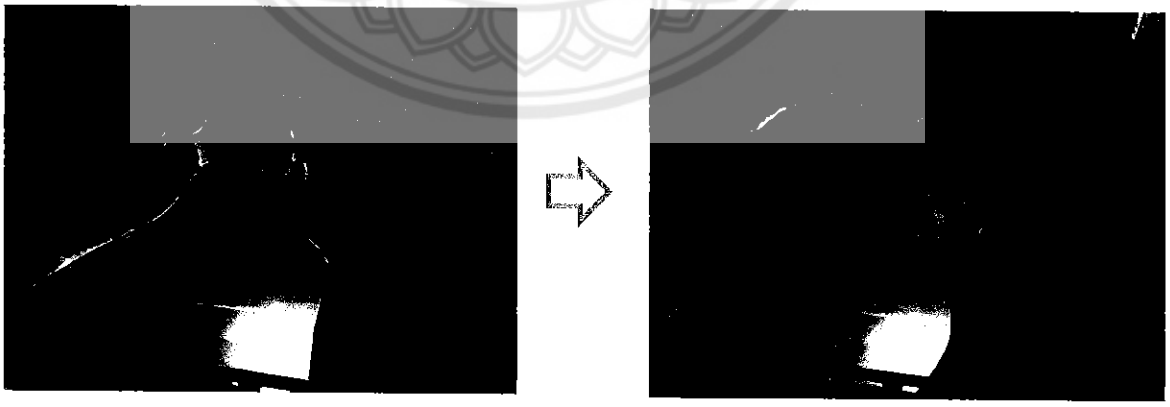
4.4.2 กรณีตรวจพบไฟอินฟราเรด 2 อุปกรณ์

4.4.2.1 ทดสอบการควบคุมภาพ โดยการขยายภาพ ทำได้โดยเคลื่อนที่ตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพให้ห่างออกจากกัน ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การขยายภาพด้วยตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 2 อุปกรณ์

4.4.2.2 ทดสอบการควบคุมภาพ โดยการหมุนภาพ ทำได้โดยเคลื่อนที่ตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพตามต้องการ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การหมุนภาพด้วยตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ 2 อุปกรณ์

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากบทที่แล้วนั้นผู้จัดทำโครงงานได้ทำการทดลอง และทดสอบการทำงาน ในบทนี้จึงจะกล่าวถึง ผลการทดลองที่ได้ทำขึ้นในบทที่ 4 เพื่อเสนอแนวทางของปัญหาที่พบ พร้อมทั้งเสนอแนะวิธีการการปัญหา และการพัฒนาระบบต่อไป

5.1 สรุปผลการทำงาน

การทำงานของระบบฮาร์ดแวร์ ได้ตัวต้นแบบ 2 ชิ้น คือ ตัวต้นแบบที่ใช้แสดงผลและตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพ ตัวต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพสามารถควบคุมภาพตามแนวระดับ แนวดิ่งได้อย่างถูกต้อง และยังสามารถหมุนภาพ ขยายภาพเข้า ขยายภาพออกได้

การทำงานของระบบซอฟต์แวร์ ตรวจสอบความเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ต้นแบบที่ใช้ควบคุมภาพเพื่อระบุตำแหน่งในการควบคุมภาพบนอุปกรณ์ต้นแบบแสดงผล โดยการหาจุดศูนย์กลางของอุปกรณ์ต้นแบบ

5.2 ปัญหาที่พบ

1. ความสว่างของแสงในแต่ละวันและแต่ละสถานที่ไม่เท่ากัน สามารถรบกวนการรับภาพจากกล้องเว็บแคมได้ จึงทำให้ผลของการทดลองคลาดเคลื่อน
2. การติดตั้งอุปกรณ์ในตำแหน่งที่เหมาะสม มีผลต่อการแสดงผลของหน้าจอ
3. การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ต้นแบบทำให้แสงอินฟราเรดสว่างไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ภาพที่รับจากกล้องเว็บแคมคลาดเคลื่อน
4. เมื่อมีการเคลื่อนย้ายตัวต้นแบบ จะต้องทำการ calibrate ใหม่ทุกครั้ง

5.3 ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหา

1. ควรออกแบบตัวต้นแบบให้เหมาะสมใช้ได้กับทุกๆความสว่าง
2. ควรปรับปรุง Software ให้รับการคลาดเคลื่อนที่เกิดจากภาพที่มีความสว่างไม่สม่ำเสมอได้
3. การคำนวณตำแหน่งของกล้องให้มีความเหมาะสมกับการรับภาพ
4. ปรับปรุงอุปกรณ์ต้นแบบ ลดความคลาดเคลื่อนในการเปล่งแสงอินฟราเรดให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น หรืออาจปรับระดับการสว่างได้

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนางานต่อไปในอนาคต

1. พัฒนาโดยการเพิ่มรูปให้มีจำนวนเพิ่มขึ้นในการควบคุมการเคลื่อนที่
2. ปรับปรุงรูปแบบโปรแกรมให้สวยงามและเหมาะสมต่อการใช้งาน
3. สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมอื่นๆที่บริหารจัดการรูปภาพได้

เอกสารอ้างอิง

[1] Augmented Reality หรือ AR (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2556
สืบค้นจาก: http://education.dusit.ac.th/articles/AR.pdf

[2] How to Make a Webcam Into an Infrared Camera (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 29 กรกฎาคม 2557 สืบค้นจาก : http://www.wikihow.com/Make-a-Webcam-Into-an-Infrared-Camera

[3] Image processing (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2556
สืบค้นจาก: http://jaratcyberu.blogspot.com/2009/10/image-processing.html

[4] Learning OpenCV: Contour (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 17 พฤษภาคม 2556
สืบค้นจาก: http://sapachan.blogspot.com/2010/04/detect-edge-canny-edge-contour-opencv.html

[5] OpenCV (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 17 พฤษภาคม 2556
สืบค้นจาก: http://vblogza.blogspot.com/2009/06/open-cv-1.html

[7] Venice Unfolding (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2556
สืบค้นจาก: http://tillnagel.com/2010/11/venice-unfolding/

[8] Visual Studio 2010 and openCV (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2556
สืบค้นจาก: http://kwangee1245.blogspot.com/

[9] กราฟฟิก (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 29 กรกฎาคม 2557
สืบค้นจาก: https://th.answers.yahoo.com/question/index?qid=20071113192637AAD9tdy

[10] การใช้โปรแกรมกราฟิก (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 29 กรกฎาคม 2557
สืบค้นจาก: http://sangrawee1366.blogspot.com/p/1.html

[11] ความรู้เกี่ยวกับกราฟิก (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 29 กรกฎาคม 2557
สืบค้นจาก: http://graphic1122.blogspot.com/

[12] ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิก (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2556
สืบค้นจาก: http://sangrawee1366.blogspot.com/p/1.html

[13] จีราภา ทิพกรณ์ และอริญชย์ บั้งเงิน. ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว: กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น. สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2556

[14] ระยะทางแบบยุคลิด (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2556
สืบค้นจาก:
http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%A2%E0%B8%B0

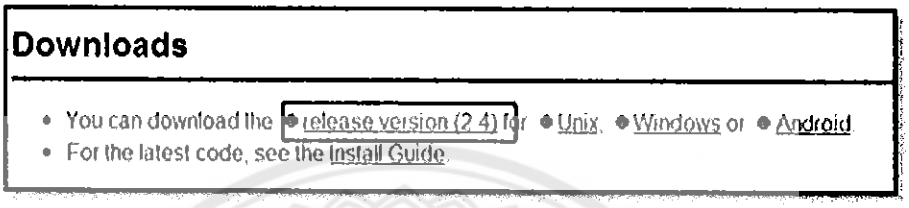
%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A
%E0%B8%A2%E0%B8%B8%E0%B8%84%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%94
[15] สีในงานคอมพิวเตอร์กราฟิก (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 17 พฤษภาคม 2556
สืบค้นจาก: http://lprusofteng.blogspot.com/2012/04/blog-post_04.html
[16] หลักการประมวลผลภาพ (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 17 พฤษภาคม 2556
สืบค้นจาก: http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2731/7/250935_ch3.pdf

ภาคผนวก ก

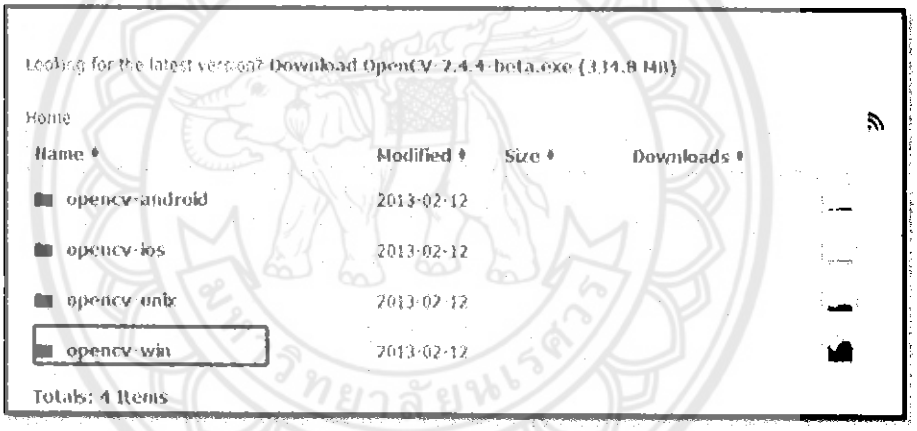
การตั้งค่าการใช้งานไลบรารีโอเพนซีวี

1. ดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 หรือversion อื่นให้เรียบร้อย

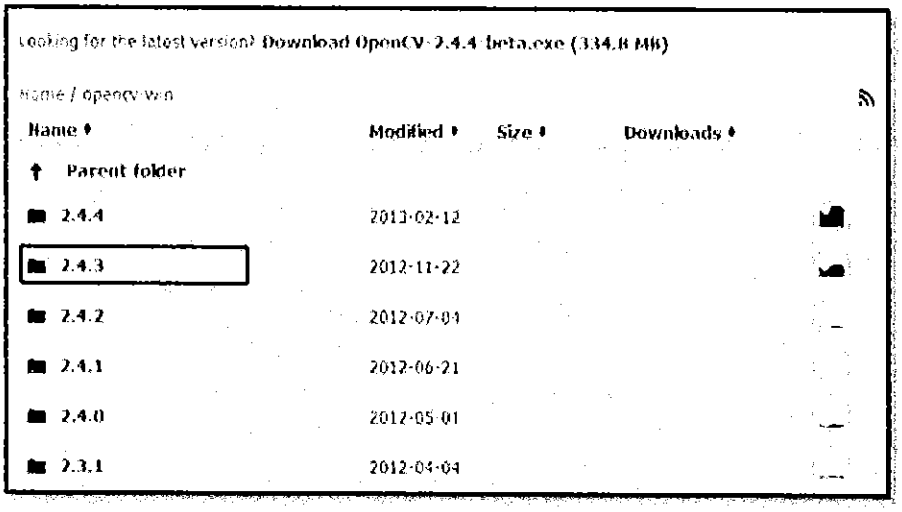
2. ดาวน์โหลดและติดตั้งไลบรารี opencv ได้จาก http://opencv.willowgarage.com/wiki/ ในส่วนของ Download ให้เลือก release version ดังรูป



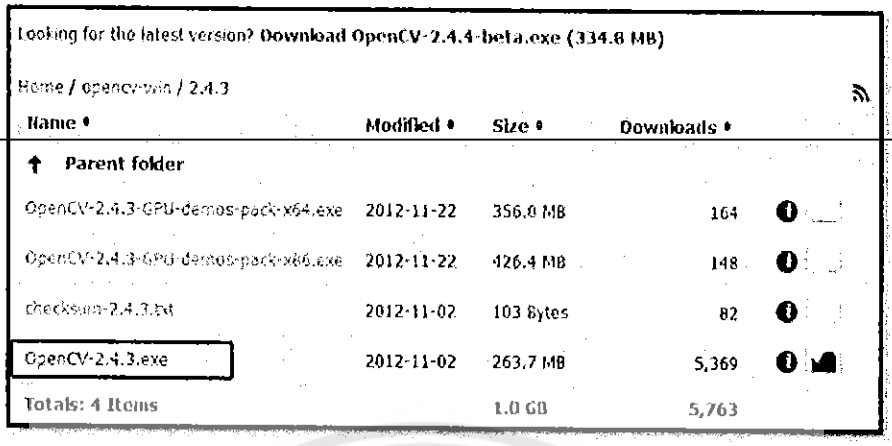
3. เลือกระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ (ในที่นี้ผู้จัดทำ เลือกใช้ opencv-win) ดังรูป



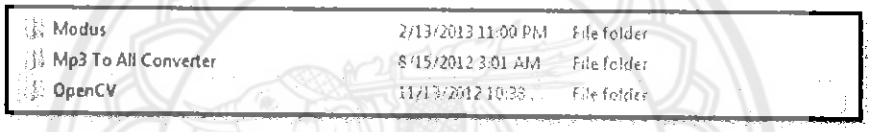
4. เลือกversionของ opencv (ในที่นี้ผู้จัดทำ เลือกใช้ version 2.4.3) ดังรูป



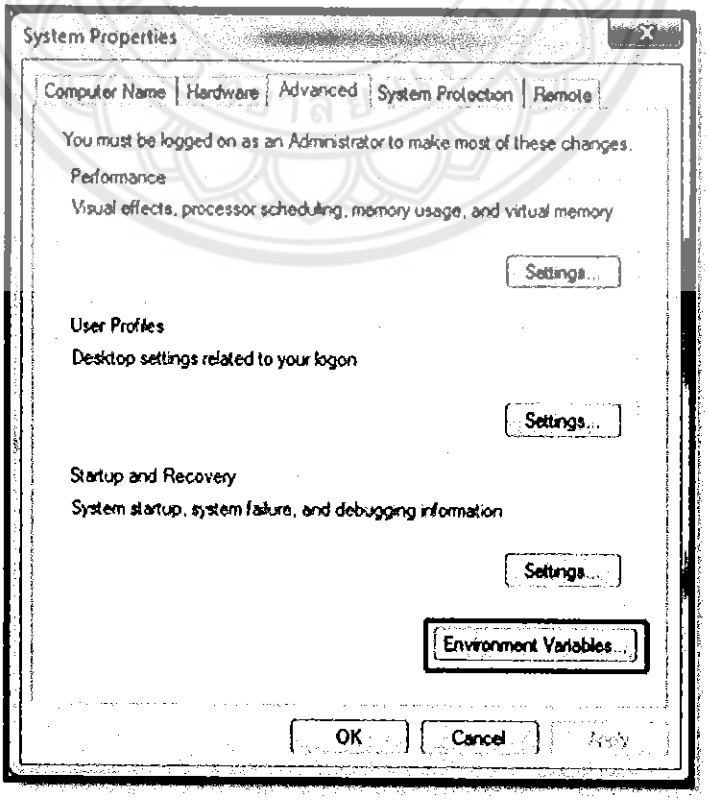
5. เลือก OpenCV-2.4.3.exe เพื่อดาวน์โหลดดังรูป



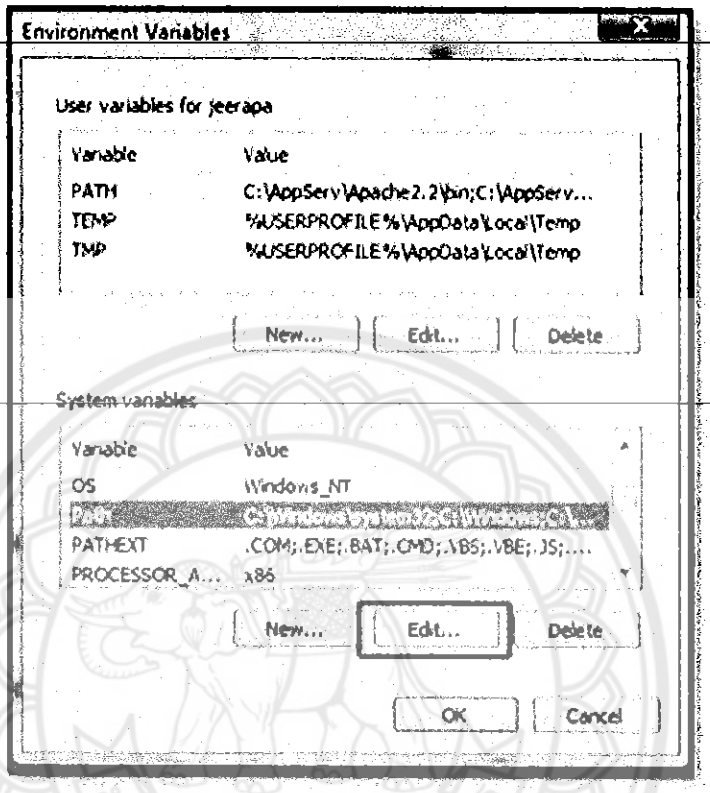
6. ทำการติดตั้งให้เรียบร้อยจะได้โฟลเดอร์ของ opencv ดังรูป



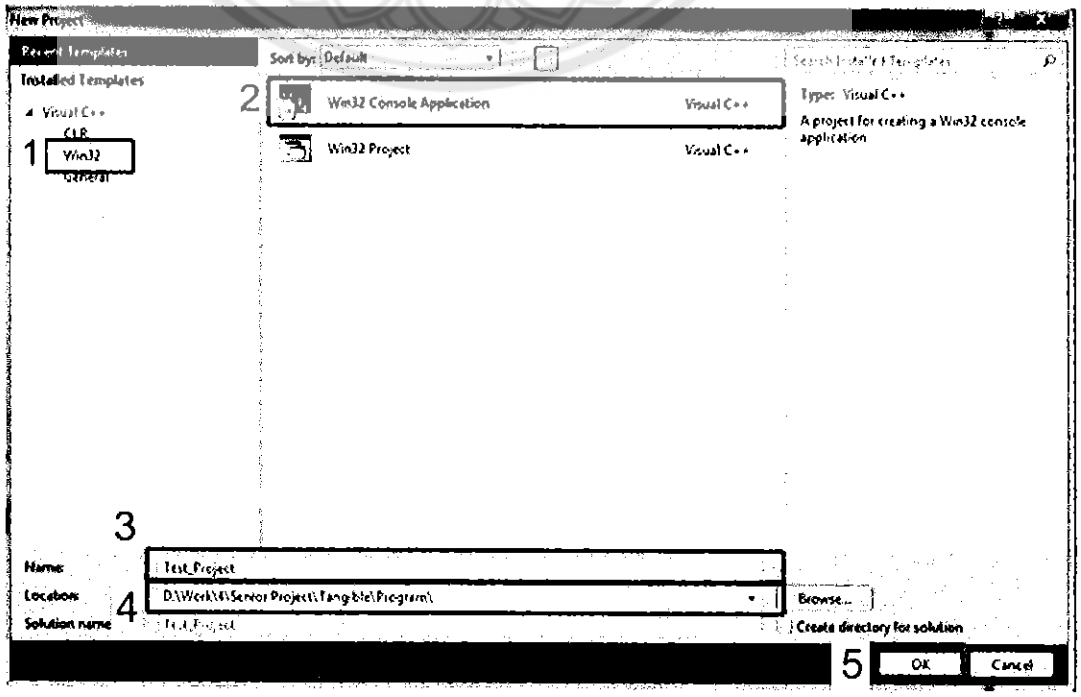
7. ทำการตั้งค่า path ดังนี้ ไปที่ ControlPanel > SystemandSecurity > System > Advanced system settings เลือก Environment Variableดังรูป



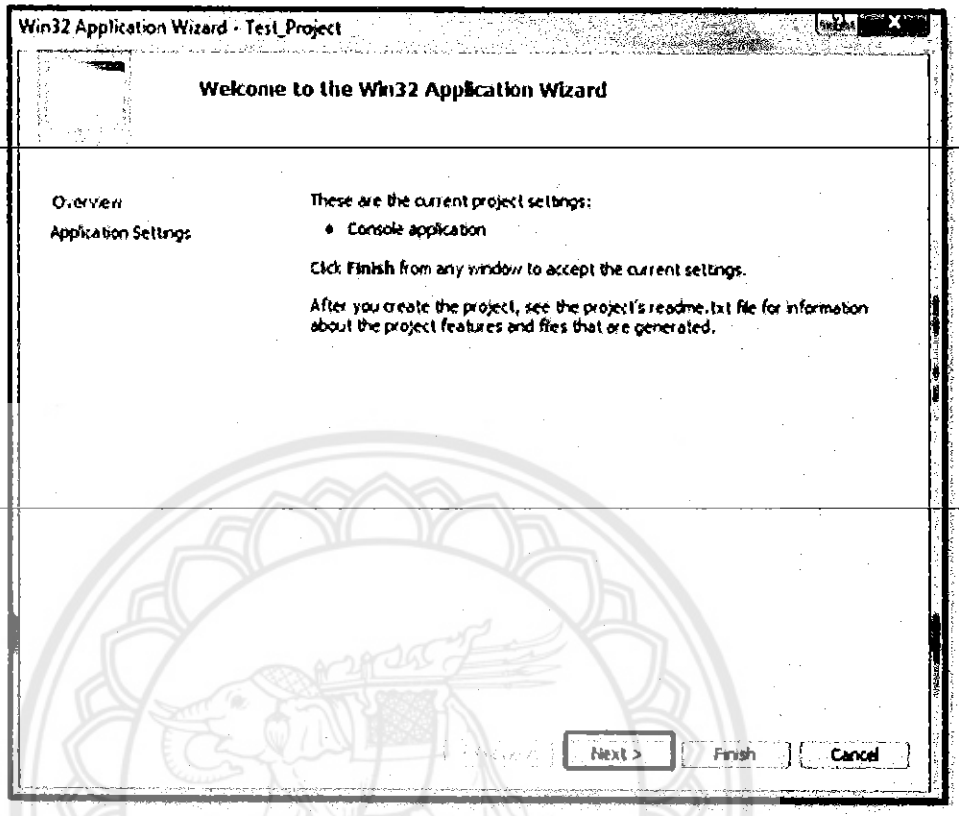
8. ที่ System variables เลือก path จากนั้นกดปุ่ม Edit แล้วทำการเพิ่ม path ของ opencv ดังนั้น E:\OpenCV\opencv\build\x86\vc10\bin; (โดยชื่อ Drive ที่ขีดเส้นใต้จะขึ้นอยู่กับผู้ติดตั้งว่าติดตั้งไว้ที่ไหน) แล้วกดปุ่ม OK



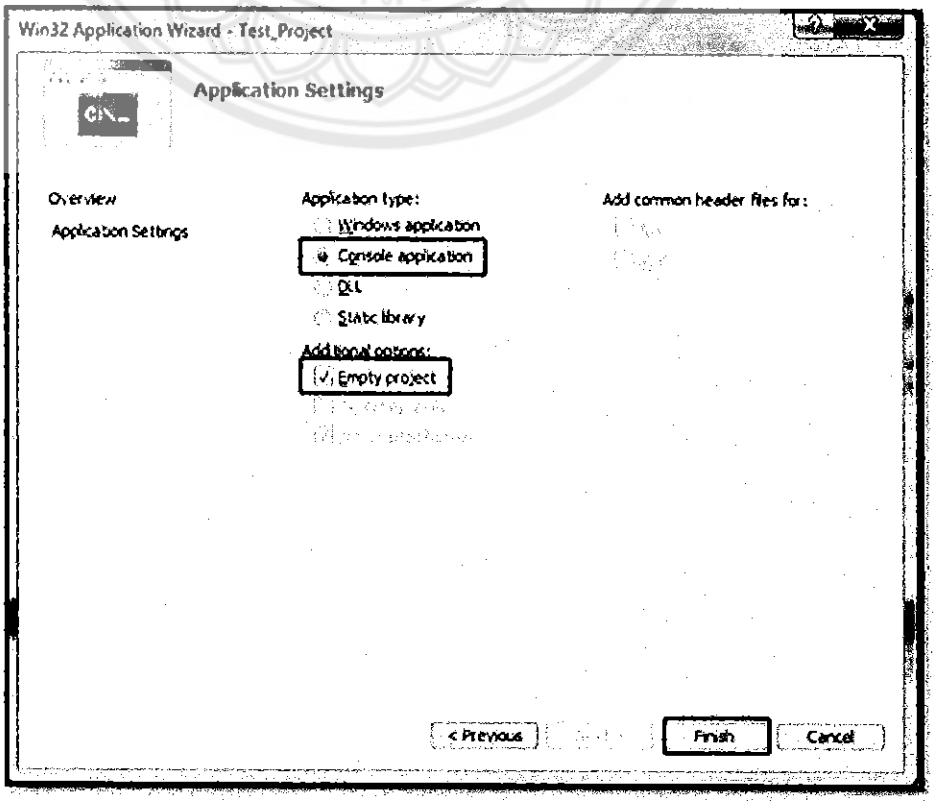
9. เปิดโปรแกรม Microsoft Visual Studio ขึ้นมาทำการสร้าง New Project เลือก Win32 >Win32 Console Application> ตั้งชื่อ Project > เลือก Location ที่ต้องการ save> OK



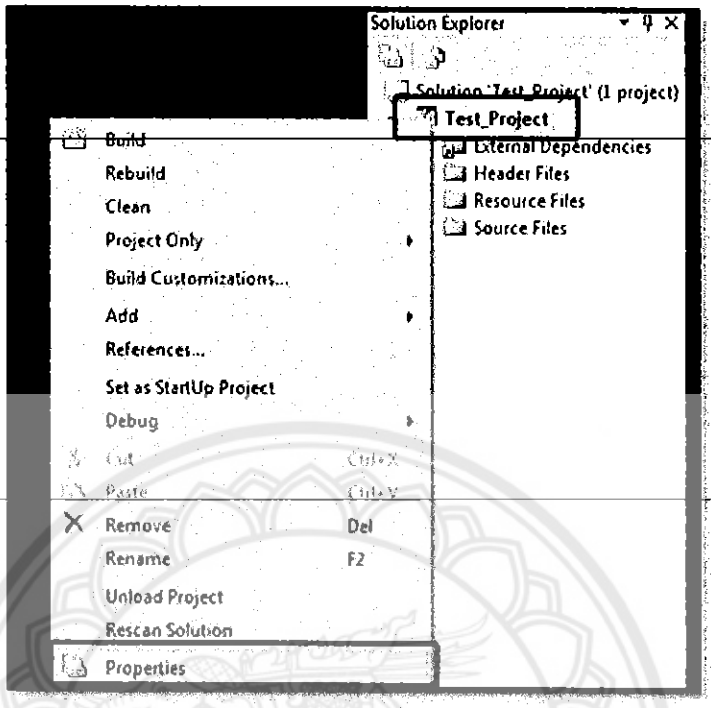
10. เลือกปุ่ม Next



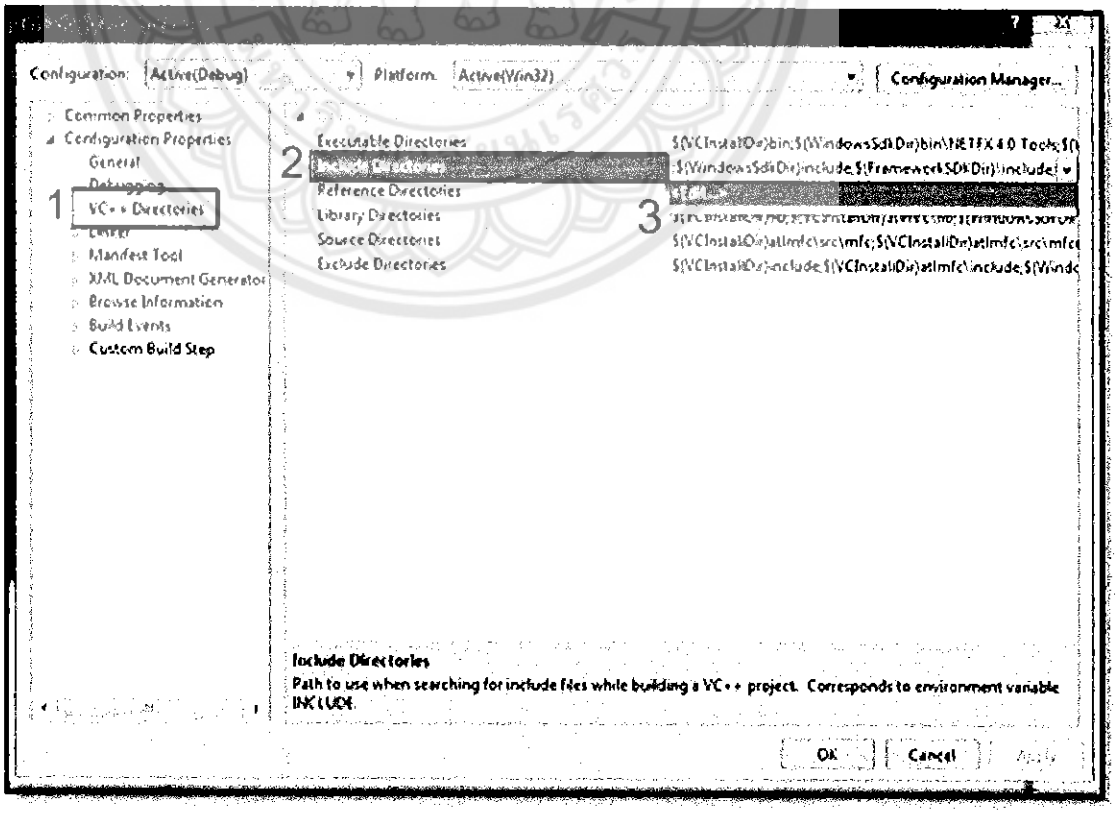
11. เลือก Console type เป็น Console applicationและ Additional options เป็น Empty project จากนั้นกดปุ่ม Finish



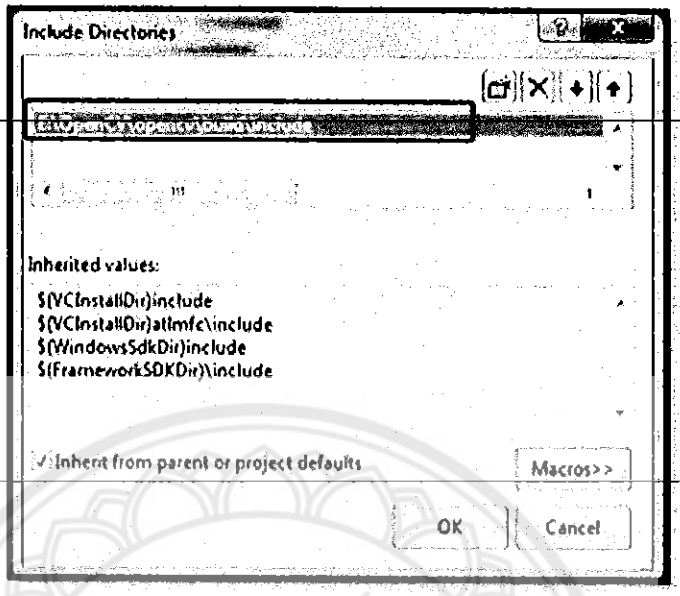
12. ที่หน้าต่าง Solution Explorer ให้คลิกขวาที่ ชื่อ project เลือก Properties



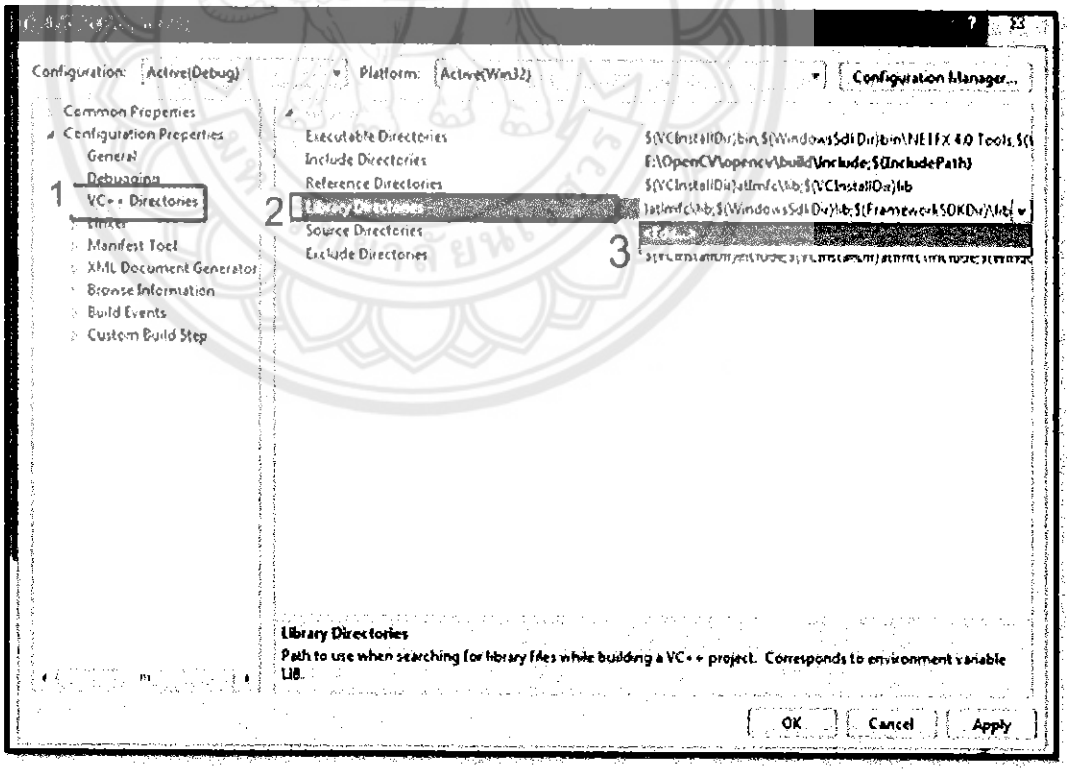
13. เลือก VC++ Directories > Include Directories> Edit



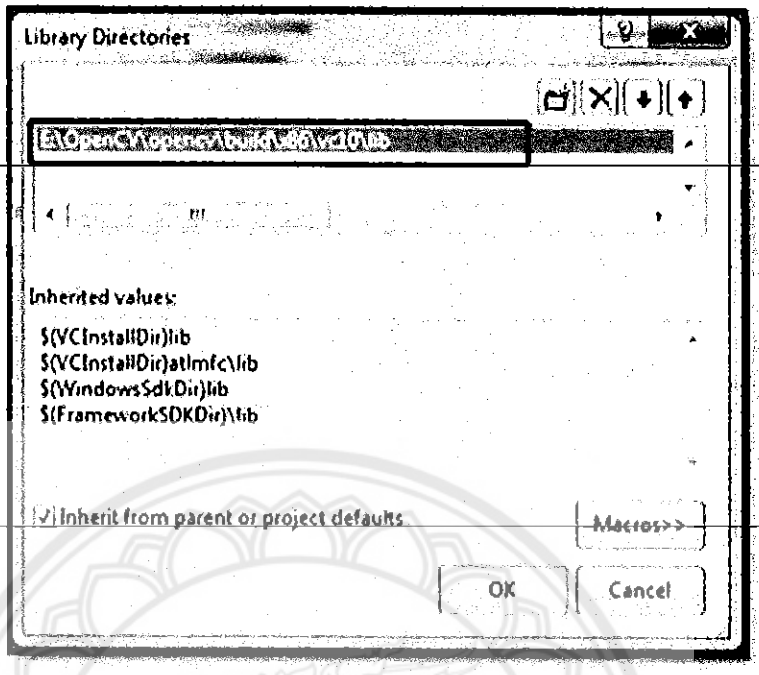
14. ให้เพิ่มโฟลเดอร์ E:\OpenCV\opencv\build\include เข้ามาดังรูป > OK



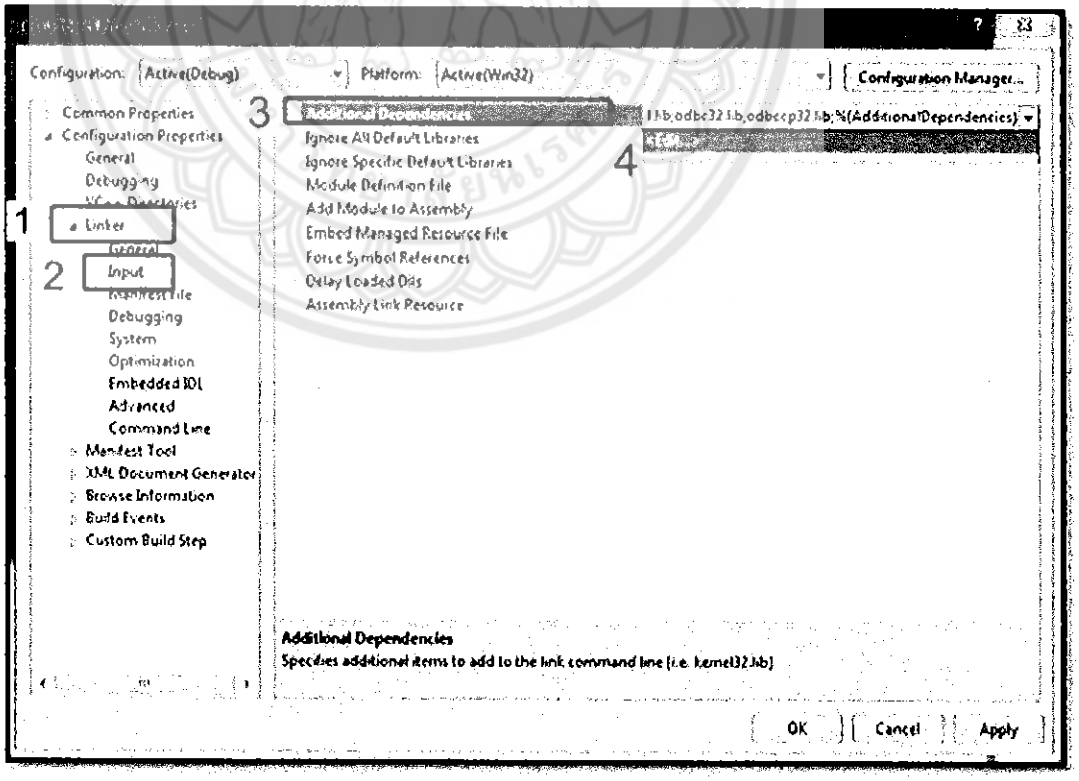
15. เลือก VC++ Directories > Library Directories> Edit



16. ให้เพิ่มโฟลเดอร์ E:\OpenCV\opencv\build\x86\vc10\lib เข้ามาดังรูป > OK



17. Linker > Input > Additional Dependencies > Edit



18. เพิ่ม .lib ดังรูป > OK (opencv_core243d.lib ตัวเลข 243 ที่ขีดเส้นใต้คือ เลข version ของ opencv ซึ่งในที่นี้เป็น version 2.4.3 ส่วนตัวอักษร d หลังตัวเลขคือ บอกว่า เป็น debug mode)

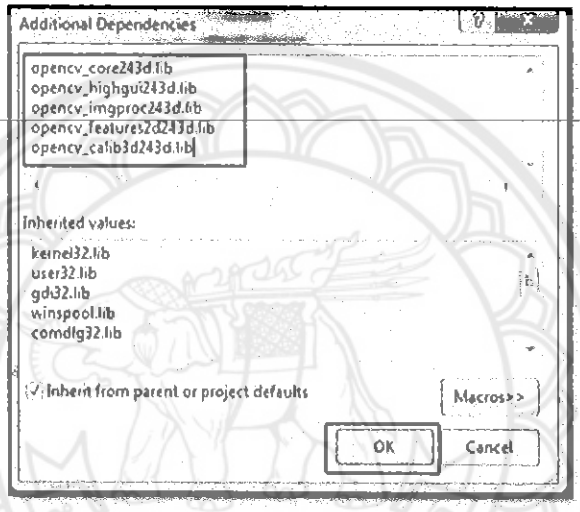
opencv_core243d.lib

opencv_highgui243d.lib

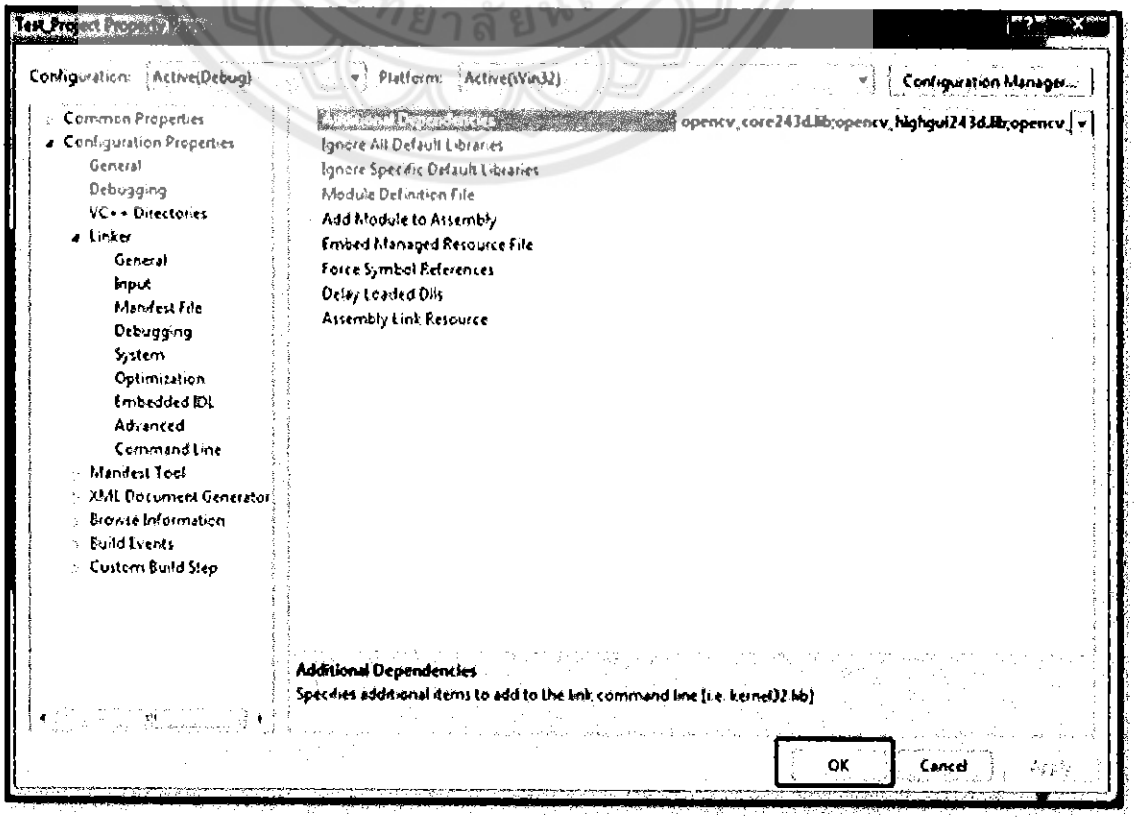
opencv_imgproc243d.lib

opencv_features2d243d.lib

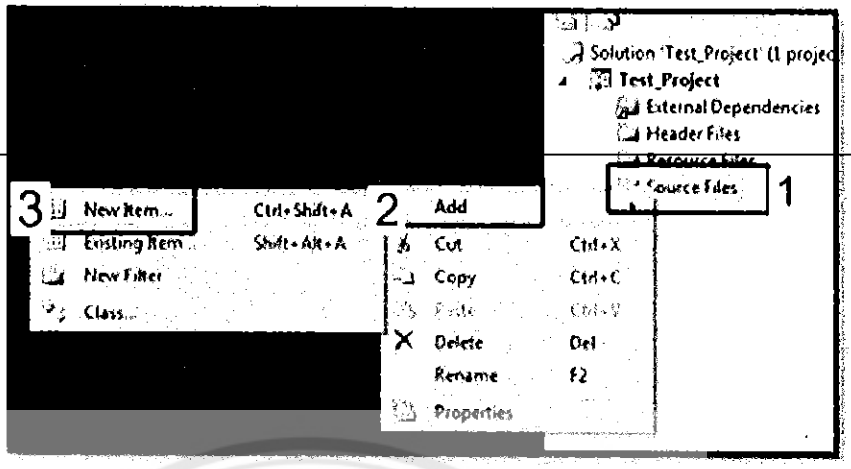
opencv_calib3d243d.lib



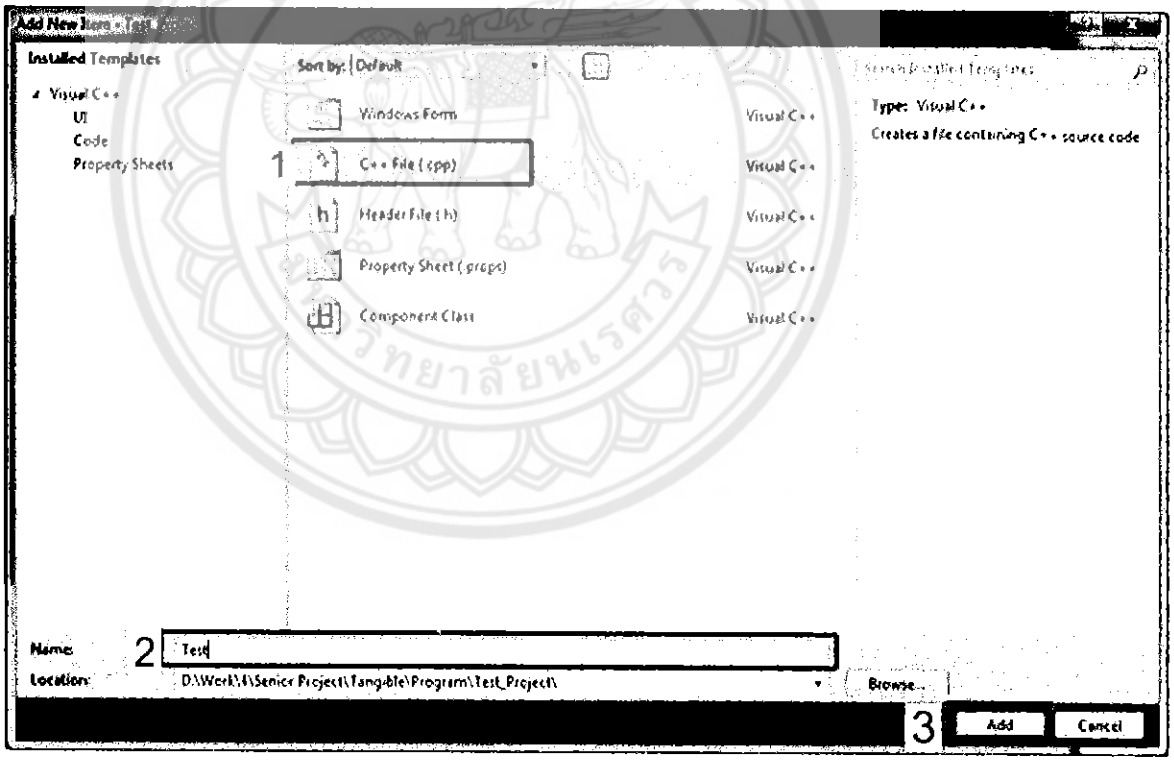
19. ตั้งค่าเสร็จแล้วให้กดปุ่ม OK



20. ตั้งค่าเสร็จแล้วให้คลิกขวาที่ Source File > Add > New Item



21. เลือก C++ File (.cpp) > ตั้งชื่อไฟล์ > Add

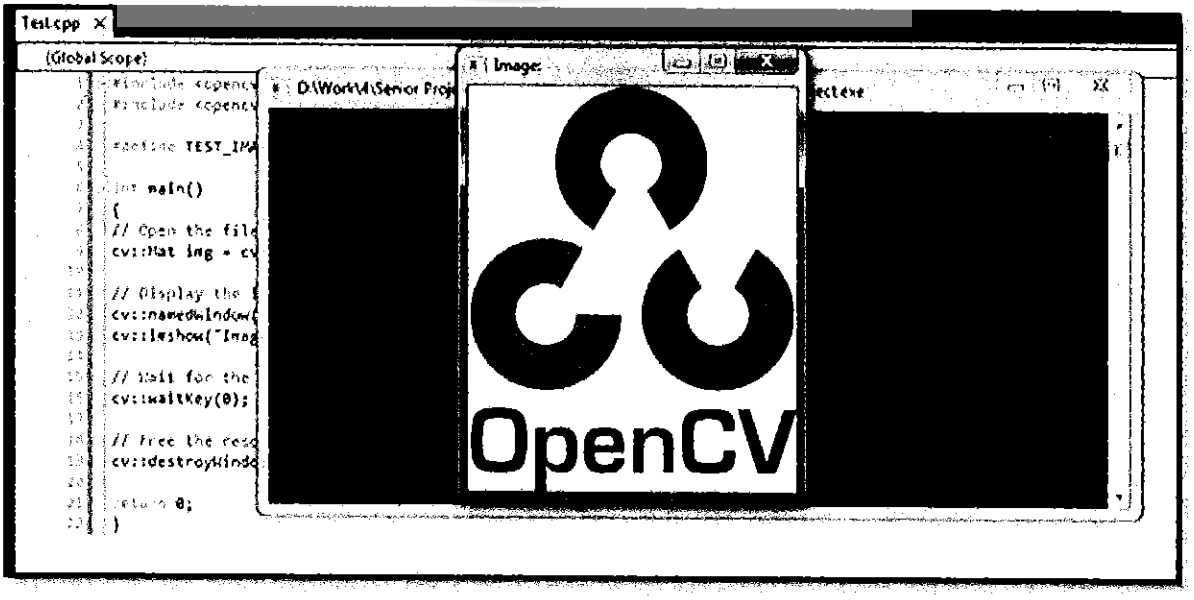


22. ทดลอง copy code ด้านล่างดังนี้

```
#include <opencv2\core\core.hpp>
#include <opencv2\highgui\highgui.hpp>
#define TEST_IMAGE "D:\\opencv.jpg"
int main()
{
// Open the file.
cv::Mat img = cv::imread(TEST_IMAGE);
// Display the image.
cv::namedWindow("Image:", CV_WINDOW_AUTOSIZE);
cv::imshow("Image:", img);
// Wait for the user to press a key in the GUI window.
cv::waitKey(0);
// Free the resources.
cv::destroyWindow("Image:");
return 0;
}
```

ที่ขีดเส้นใต้คือ path ของรูปภาพที่ต้องการจะรันดังนั้นจะต้องกำหนดถูกต้อง

23. จาก codeด้านบน จะได้ผลการ run ดังนี้ถือว่าติดตั้ง opencv สำเร็จ

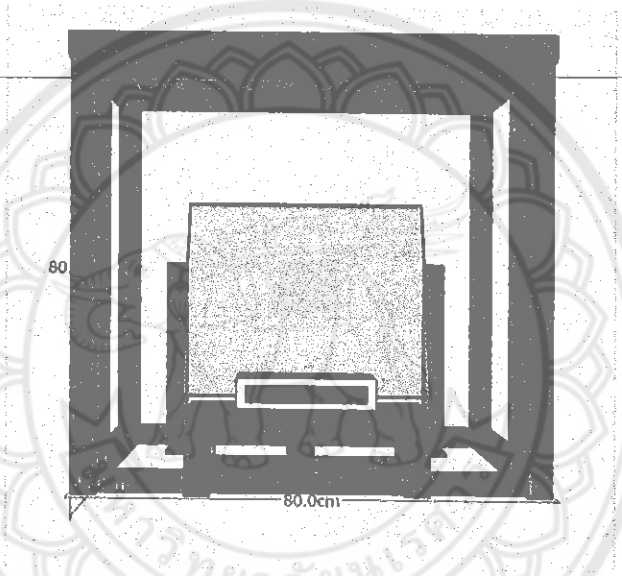


ภาคผนวก ข

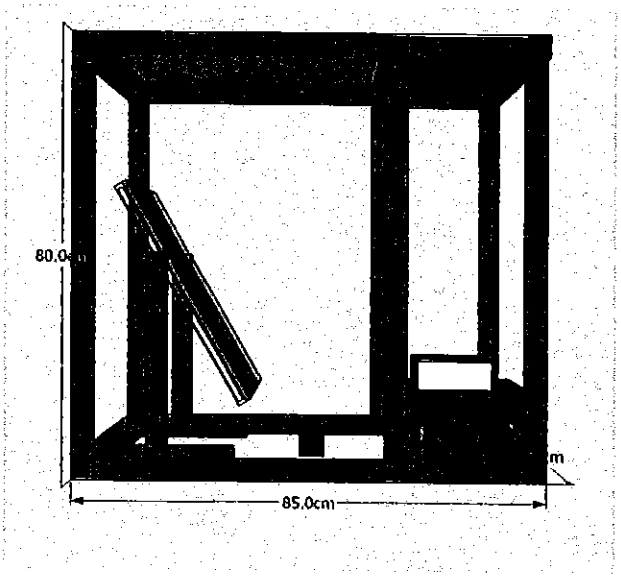
ตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะ

1. ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบและสร้างตัวต้นแบบโดยใช้เหล็กฉากเป็นวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้าง ซึ่งแข็งแรงและประกอบได้ง่าย

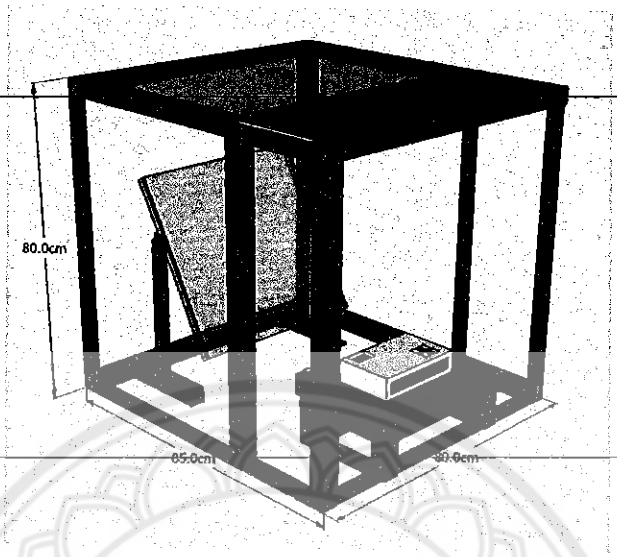
1.1 รูปการออกแบบตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะ ด้วยโปรแกรม Google SketchUp จากมุมมองด้านหลัง



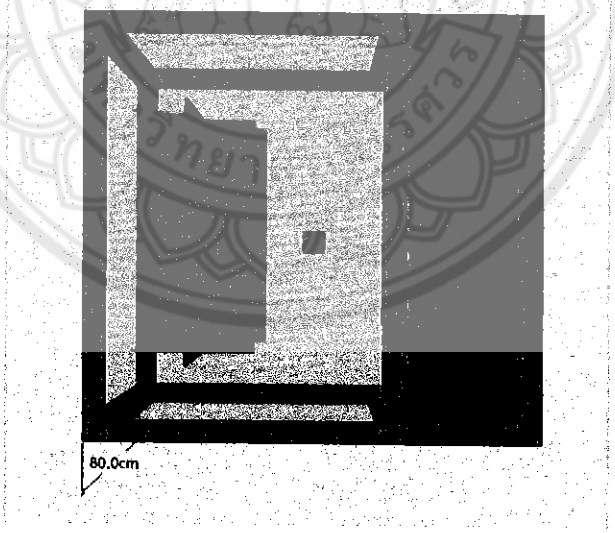
1.2 รูปการออกแบบตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะ ด้วยโปรแกรม Google SketchUp จากมุมมองด้านข้าง



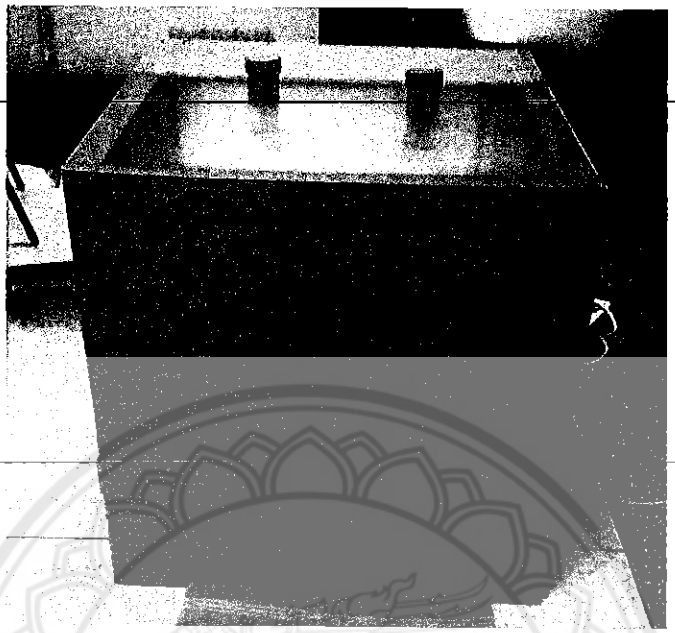
1.3 รูปการออกแบบตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะ ด้วยโปรแกรม Google SketchUp จากมุมมองของ IOS



1.4 รูปการออกแบบตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะ ด้วยโปรแกรม Google SketchUp จากมุมมองด้านบน



1.5 รูปตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะ

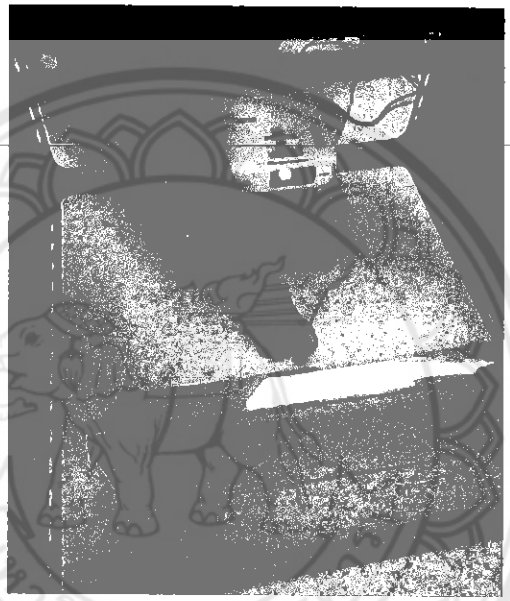


ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการติดตั้งตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะ

1. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในตัวต้นแบบ

1.1 กล้องอินฟราเรด จะติดตั้งอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางภายในของตัวต้นแบบ เนื่องจากจะได้มองเห็นภาพบนพื้นผิวได้อย่างชัดเจน



1.2 กระจกเงา จะติดตั้งไว้ภายในของตัวต้นแบบ และทำมุมเอียงให้เหมาะสม เพื่อรับแสงสะท้อนจากโพรเจ็กเตอร์ให้ปรากฏบนพื้นผิวของตัวต้นแบบ

1.3 โพรเจ็กเตอร์ จะติดตั้งไว้ภายในตัวต้นแบบ และติดตั้งไว้ตรงข้ามกับกระจกเงา ต้องทำมุมเอียงให้เหมาะสม เพื่อภาพที่ฉายออกมาจะได้ไม่ตบขอบของกระจกเงา

2. การตั้งค่าต่างๆ

หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการเปิดการทำงานและตั้งค่าอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1.1 เชื่อมต่อโปรเจ็คเตอร์กับคอมพิวเตอร์ และเปิดการทำงานของโปรเจคเตอร์

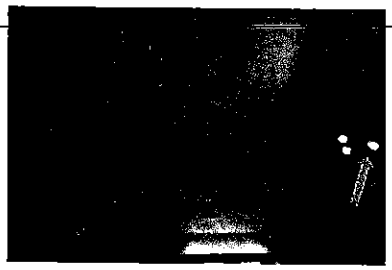
1.2 เชื่อมต่อกล้องอินฟราเรดกับคอมพิวเตอร์ และตั้งค่ามุมมองกล้องให้เหมาะสมกับพื้นผิว เพื่อการรับภาพอย่างทั่วถึง

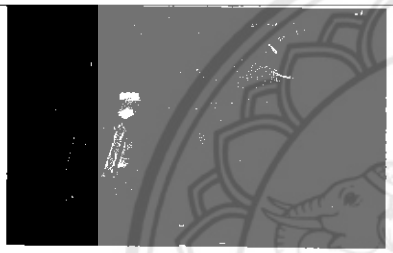
1.3 ตรวจสอบมุมมองของกระจกเงา ให้เหมาะสมกับการฉายภาพของโปรเจ็กเตอร์โดยตรวจสอบจากภาพที่ปรากฏบนพื้นผิวว่า ภาพที่แสดงบนพื้นผิวนั้น ครบถ้วนหรือไม่

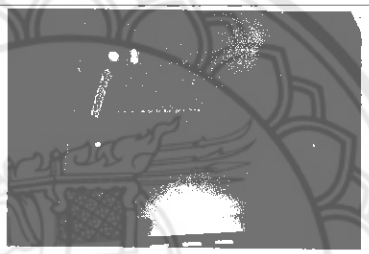
3. การ Calibrate กล้อง

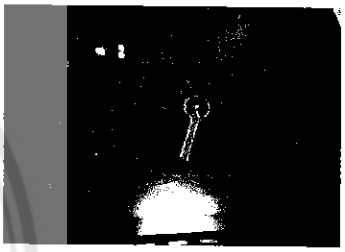
หลังจากติดตั้งอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น ก่อนจะเปิดใช้งานโปรแกรม จะต้องทำการ Calibrate กล้องก่อน เพื่อให้ตำแหน่งที่แสดงบนพื้นผิว ตรงกับลักษณะของตัวต้นแบบควบคุมภาพที่วางอยู่บนพื้นผิว โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 เปิดโปรแกรม Calibrate.cpp และทำการรันโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะให้เราทำการชี้จุดตามที่โปรแกรมต้องการทั้งหมด 5 จุด โดยเราจะต้องทำการคลิกที่ตำแหน่งของไฟอินฟราเรดที่ปรากฏดังรูปข้างล่าง









ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายอัครพล ปราณี

ภูมิลำเนา 275/3 หมู่ 6 ต.ลาดยาว อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนครสวรรค์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: jaychou48@hotmail.com

ชื่อ นายกิตติศักดิ์ รายสันเทียะ

ภูมิลำเนา 304/1 หมู่ 9 ต.วังใหญ่ อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพุขามครุฑมณีอุทิศ
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: compro222@gmail.com

ชื่อ นางสาวแววรรณ จันทะบุตร

ภูมิลำเนา 177 หมู่ 16 ต.บ่อถ้ำ อ.ขาณุวรลักษบุรี จ.กำแพงเพชร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสลกบาตรวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: waewwanwanj@gmail.com