โต๊ะแห่งการเรียนรู้จากการสัมผัสเรื่องแสง หัวข้อการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี

Tangible User Interface Table:

The Learning of Light Reflection and Color Addition

นายจาตุรนต์ ไก่แก้ว รหัส 54360049

นายศิรวัฒน์ อ่อนเหล็ก รหัส 54360308

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 20 ก.ค. 2558
เลขทะเบียน 16875610
เลขเรียกหนังสือ ป5
มหาวิทยาลัยนเรศวร ค.ศ. 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	โต๊ะแห่งการเรียนรู้จากการสัมผัสเรื่องแสง หัวข้อการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายจาตุรนต์ ไก่แก้ว รหัส 54360049
	นายศิรวัฒน์ อ่อนเหล็ก รหัส 54360308
ที่ปรึกษาโครงงาน	นายรัฐภูมิ วรานุสาสน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2557

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล มุณีสว่าง)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	โต๊ะแห่งการเรียนรู้จากการสัมผัสเรื่องแสง หัวข้อการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายจาตุรนต์ ไก่แก้ว รหัส 54360049
	นายศิรวัฒน์ อ่อนเหล็ก รหัส 54360308
ที่ปรึกษาโครงงาน	นายรัฐภูมิ วรานุสาสน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้นำเทคโนโลยีการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสมาประยุกต์เพื่อพัฒนาเป็น "โต๊ะแห่งการเรียนรู้จากการสัมผัสเรื่องแสง หัวข้อการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี" ที่ตอบสนองกับสัญลักษณ์วัตถุที่สมมติให้เป็นแหล่งกำเนิดแสง 3 สีได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยที่ผู้ใช้สามารถวางสัญลักษณ์ลงบนพื้นผิว ซึ่งจะทำให้เกิดลำแสงขึ้นบนพื้นผิว จากนั้นสามารถนำวัตถุที่สมมติให้เป็นตัวสะท้อนแสงที่มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า วางคั่นในทิศทางที่ลำแสงส่องไป จากนั้นต้นแบบจะทำการตอบสนองเป็นการแสดงภาพการสะท้อนของแสงในมุมต่างๆ หากมีการเคลื่อนย้ายวัตถุที่เป็นตัวสะท้อนแสง มุมของแสงที่สะท้อนจะเปลี่ยนไปตามการเคลื่อนย้ายวัตถุนั้นด้วย และหากลำแสงมีการทับซ้อนกับลำแสงอื่นๆ จะเกิดการผสมแสงสีขึ้น ตามสีของลำแสงทั้งสองที่ทับซ้อนกัน ในการออกแบบตัวต้นแบบนี้ใช้หลักการการแพร่กระจายจากด้านล่าง ในส่วนของซอฟต์แวร์ได้จำแนกสัญลักษณ์ที่เป็นวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงโดยใช้อัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์

Project title	Tangible User Interface Table: The Learning of Light Reflection and Color Addition
Name	Mr. Chaturon Kaikaew ID. 54360049
	Mr. Sirawat Onlek ID. 54360308
Project advisor	Mr. Rattapoom Waranusast
Major	Computer Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2014

Abstract

The purpose of this project is to apply tangible user interface technology to develop "Tangible User Interface Table: The Learning of Light Reflection and Color Addition" that can interact with tangible token which represent light sources of 3 colors: red, green, blue. The user can put the tokens on the surface which affects virtual light beams and can use another rectangle tokens reflect the direction light beams on the surface. The directions of the light beams are depending on the positions and orientations of the tokens on the surface. The light beams can be overlapped and the color of the overlapping spots are the mixture of the overlapping beams. The hardware part of the prototype is based on Rear Diffused Illumination multi-touch table and the software can classify the tokens using K-Nearest Neighbor algorithm.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์นี้ สำเร็จลุล่วงมาได้ ด้วยความเมตตานุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์ ที่ได้สละเวลาคอยช่วยเหลือ เป็นผู้ชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ รวมทั้งให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาที่ทำโครงงาน จนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณะกรรมการโครงงานทั้งสองท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนมขวัญ ริยะมงคล และรองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล มุณีสว่าง ที่เป็นผู้ชี้แนะให้เห็นถึงปัญหาของโครงงานและสิ่งที่ควรปรับปรุงโครงงาน คณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายเหนืออื่นใด ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้อง ที่ได้คอยสนับสนุนในด้านกำลังทรัพย์ รวมถึงกำลังกายและกำลังใจให้ผู้จัดทำตลอดมา ขอขอบคุณคณะอาจารย์ทุกท่านที่ได้ค่อยสั่งสอนและให้ความรู้มาใช้ในการทำโครงงานจนสำเร็จลุล่วง และสุดท้ายขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ได้คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และคอยเป็นกำลังใจให้กันอยู่เสมอ จนแก้ไขปัญหาต่างๆ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำโครงงาน
นายจาตุรนต์ ไก่แก้ว
นายศิรวัฒน์ อ่อนเหล็ก

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงาน 2

1.5 แผนการดำเนินงานของโครงงาน 3

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.7 งบประมาณของโครงงาน 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส 5

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ 6

2.2.1 การทำงานของ Image Processing 6

2.2.2 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ 6

2.2.3 การแปลงภาพระดับสีเทา 7

2.2.4 การแปลงภาพสีเป็นขาวดำ 8

2.2.5 การปรับความสว่างและคอนทราสต์ของภาพ 9

2.2.6 การกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน 10

2.2.7 การแปลงระยะทาง 10

2.2.8 เคเนียร์เรสต์เนเบอร์ 11

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิก 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1 ประเภทของภาพกราฟิก 12

2.3.2 หลักการใช้สีและแสงในคอมพิวเตอร์ 14

2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแสง 16

2.4.1 การกำเนิดแสง 16

2.4.2 พฤติกรรมต่างๆ ของแสง 17

2.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไลบรารีของโอเพนซีวี 18

2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างโต๊ะและหลักการของการออกแบบ 19

2.6.1 Diffused Illumination 19

2.6.2 Frustrated Total Internal Reflection 20

2.6.3 Laser Light Plane 20

2.6.4 Diffused Surface Illumination 21

2.6.5 LED Light Plane 21

2.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ 22

2.7.1 สมการเชิงเส้นสองตัวแปร 22

2.7.2 ความชัน 22

2.7.3 เส้นตรงสองเส้นตัดกัน 23

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 24

3.1 ขั้นตอนการพัฒนาฮาร์ดแวร์ 24

3.1.1 ศึกษาค้นคว้าหลักการเกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างตัวต้นแบบ 25

3.1.2 ออกแบบขนาดและโครงสร้างของตัวต้นแบบ 26

3.1.3 ขั้นตอนการสร้างตัวต้นแบบ 27

3.1.4 วิธีการดัดแปลงกล้อง Webcam เป็นกล้องอินฟราเรด 28

3.1.5 ออกแบบและสร้างวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงและตัวแทนการสะท้อนแสง 28

3.1.6 ติดตั้งอุปกรณ์ไว้ภายในตัวต้นแบบ 29

3.1.7 ทดสอบการทำงานของตัวต้นแบบ 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ขั้นตอนการพัฒนาซอฟแวร์ 33
3.2.1 การประมวลผลภาพเบื้องต้น 35
3.2.2 การหาพื้นที่พิกเซลที่ติดกัน 38
3.2.3 การจำแนกชนิดวัตถุ 38
3.2.4 สมการเส้นตรงของวัตถุ 43
3.2.5 การหาจุดตัดของสมการเส้นตรง 46

บทที่ 4 ผลการทดลอง 54
4.1 ผลการทดลองความแม่นยำของการจำแนกชนิดของวัตถุ 54
4.1.1 กรณีตรวจพบวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง 55
4.1.2 กรณีตรวจพบวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง 56
4.1.3 กรณีตรวจพบวัตถุอื่นๆ 56
4.1.4 กรณีตรวจไม่พบวัตถุ 57
4.2 ผลการทดลองการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี 58
4.2.1 กรณีไม่เกิดการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี 58
4.2.2 กรณีการสะท้อนแสง 58
4.2.3 กรณีการผสมแสงสี 59
4.2.4 กรณีการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี 59
4.2.5 กรณีการผสมแสงสีของเส้นสะท้อนแสง 60

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 61
5.1 สรุปผลการทดลอง 61
5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง 61
5.3 ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหา 62
5.4 ข้อเสนอแนะในการพัฒนางานต่อไปในอนาคต 62

เอกสารอ้างอิง 63
ภาคผนวก ก 65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข 75
ภาคผนวก ค 77
ภาคผนวก ง 80
ภาคผนวก จ 83
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 84

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส (Tangible User Interface).....5
2.2 หลักการเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ.....6
2.3 การแปลงภาพสี RGB ไปเป็นภาพระดับเทา.....8
2.4 การแปลงภาพภาพระดับสีเทาเป็นภาพขาวดำ.....8
2.5 การปรับค่าความสว่างของภาพ.....9
2.6 การปรับค่าคอนทราสต์ของภาพ.....9
2.7 การกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน.....10
2.8 ค่าระยะทางของภาพจากกลางภาพถึงขอบภาพ.....10
2.9 การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยอัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์.....11
2.10 การประมวลผลแบบ Vector และ การประมวลผลแบบ Raster (Bitmap).....13
2.11 การประมวลผลภาพกราฟิกแบบ 3 มิติ.....13
2.12 สีในระบบ RGB.....14
2.13 สีในระบบ CMYK.....15
2.14 สีในระบบ HSB.....15
2.15 สีในระบบ LAB.....16
2.16 การสะท้อนแสงเมื่อตกกระทบวัตถุผิวเรียบ.....17
2.17 การสะท้อนแสงเมื่อตกกระทบวัตถุผิวขรุขระ.....17
2.18 การหักเหของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลาง 2 ชนิด คือ น้ำและอากาศ.....18
2.19 เทคนิคแบบ Front Diffused Illumination.....19
2.20 เทคนิคแบบ Rear Diffused Illumination.....20
2.21 เทคนิคแบบ Frustrated Total Internal Reflection.....20
2.22 เทคนิคแบบ Laser Light Plane.....21
2.23 เทคนิคแบบ Diffused Surface Illumination.....21
2.24 เทคนิคแบบ LED Light Plane.....22
3.1 ขั้นตอนการพัฒนาฮาร์ดแวร์.....25
3.2 เทคนิคแบบ Rear Diffused Illumination.....25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.3 ออกแบบขนาดและโครงสร้างของตัวต้นแบบ ออกแบบด้วยโปรแกรม SketchUp 26
3.4 การสร้างตัวต้นแบบ 27
3.5 การดัดแปลงกล้องเว็บแคมเป็นกล้องอินฟราเรด 28
3.6 ออกแบบวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง มีทั้งหมด 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน 28
3.7 ออกแบบวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง 29
3.8 สร้างวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงจากกระดาษแข็ง 29
3.9 สร้างวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงจากแผ่นอะคริลิค 29
3.10 การติดตั้งกล้องอินฟราเรด 30
3.11 การติดตั้งไฟอินฟราเรด 30
3.12 การติดตั้งกระจกเงา 31
3.13 การติดตั้งโปรเจคเตอร์ 31
3.14 การทดสอบการทำงานของตัวต้นแบบ 32
3.15 ขั้นตอนการพัฒนาซอฟต์แวร์ 34
3.16 กระบวนการผสมแสงสี 35
3.17 การกลับภาพ 36
3.18 การทำภาพระดับเทา 36
3.19 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน 37
3.20 การทำภาพขาวดำ 37
3.21 การหาพื้นที่พิกเซลที่ติดกัน 38
3.22 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปของวัตถุกับเส้นรอบ Convex Hull 39
3.23 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่ Convex Hull รอบวัตถุ 39
3.24 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่สี่เหลี่ยมรอบวัตถุ 40
3.25 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างด้านสั้นกับด้านยาวของสี่เหลี่ยม 40
3.26 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่วงรีรอบวัตถุ 41
3.27 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างด้านสั้นกับด้านยาวของวงรี 41
3.28 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปของวัตถุกับเส้นวงรีรอบรูปของวัตถุ 42
3.29 การหาค่าอัตราส่วนของจำนวนรูในวัตถุ 42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.30 การ Train เพื่อหา Feature ของวัตถุ 43

3.31 ตัวอย่างการจำแนกวัตถุแต่ละชนิด 43

3.32 การกำหนดจุดศูนย์กลางและตีกรอบที่เล็กที่สุดให้วัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิด 44

3.33 การหาระยะทางจากจุดศูนย์กลางวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดไปยังมุมของสี่เหลี่ยม 44

3.34 จุดสองจุดที่ใกล้จุดศูนย์กลางวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงมากที่สุด 44

3.35 จุดสองจุดที่ใช้สร้างเส้นตรงของลำแสง 45

3.36 การกำหนดจุดศูนย์กลางและตีกรอบที่เล็กที่สุดให้วัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง 45

3.37 การหาระยะทางจากจุดศูนย์กลางวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงไปยังมุมของสี่เหลี่ยม 46

3.38 จุดสองจุดที่ใกล้จุดศูนย์กลางวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงมากที่สุด 46

3.39 สมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกับขอบภาพ 46

3.40 แสดงเส้นตรงของลำแสงไปยังจุดตัดขอบภาพ 48

3.41 แสดงเส้นตรงของลำแสงไปยังจุดตัดยังหน้าสะท้อน ในขอบเขตของจุดสองจุด 48

3.42 แสดงเส้นที่ตั้งฉากกับหน้าสะท้อน 49

3.43 แสดงมุมตกกระทบ 49

3.44 แสดงมุมสะท้อน 50

3.45 การหาจุดตัดของสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงใดๆ 51

3.46 การหาจุดตัดของสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงใดๆ 51

3.47 การผสมแสงสีเมื่อแสงตัดกัน 3 สี 51

3.48 การหาจุดตัดของสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงใดๆ และจุดตัดของสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกับวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง 52

3.49 แสดงการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี 52

3.50 การหาจุดตัดของสมการเส้นตรงของเส้นสะท้อนตัดกัน 53

3.51 แสดงการผสมแสงสีของเส้นสะท้อนที่ตัดกัน 53

4.1 กราฟเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการจำแนกชนิดวัตถุ 54

4.2 การจำแนกวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงสีแดง 55

4.3 การจำแนกวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงสีเขียว 55

4.4 การจำแนกวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงสีน้ำเงิน 56

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.5 การจำแนกวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง 56

4.6 การจำแนกวัตถุอื่น 57

4.7 กรณีไม่เกิดการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี 58

4.8 กรณีการสะท้อนแสง 58

4.9 กรณีการผสมแสงสีแบบจุดเดียว 59

4.10 กรณีการผสมแสงสีแบบสามจุด 59

4.11 กรณีการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี 60

4.12 กรณีการผสมแสงสีของเส้นสะท้อนแสงจากวัตถุตัวแทนการสะท้อน 60

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบัน การเรียนการสอนของโรงเรียนในระดับประถมศึกษา มีสื่อการเรียนการสอนที่ใช้หนังสือเรียนเป็นหลัก โดยมีเนื้อหาเป็นการบรรยายด้วยตัวอักษร และมีรูปประกอบ แต่ในบางครั้งเนื้อหาที่มีอยู่ในหนังสือจะเป็นเนื้อหาที่เข้าใจยาก ซึ่งจะมีปัญหาคืออาจจะทำให้เด็กนักเรียนไม่เข้าใจหรือไม่เห็นภาพที่แท้จริง ไม่สนุกกับการเรียน เพราะไม่ได้ลงมือปฏิบัติ จึงทำให้เด็กนักเรียนไม่ตั้งใจเรียนหรือเบื่อการเรียนได้

สืบเนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีที่ทำให้มนุษย์กับคอมพิวเตอร์ได้เชื่อมต่อและตอบโต้กันมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก สังเกตได้จากในชีวิตประจำวันของเราในปัจจุบัน จะมีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น ระบบหน้าจอสัมผัสในคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟน โดยจะเป็นเทคโนโลยีที่มนุษย์ได้มีส่วนร่วมในระบบของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเน้นไปที่การสัมผัสทางกาย ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะผู้ใช้งานสามารถควบคุมการใช้งานได้ง่ายและสามารถใช้งานได้เป็นธรรมชาติ โดยอาจใช้เพียงนิ้วมือสัมผัสหรือใช้วัตถุที่เป็นตัวแทนของอินพุท ซึ่งเป็นการนำเอาคุณลักษณะทางกายภาพของวัตถุมาประยุกต์เพื่อใช้งานร่วมกับการเชื่อมต่ออุปกรณ์

ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้นำแนวคิดเรื่องการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส มาพัฒนาเป็น "โต๊ะแห่งการเรียนรู้จากการสัมผัสเรื่องแสง หัวข้อการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี" (Tangible User Interface Table: The Learning of Light Reflection and Color Addition) เพื่อเป็นต้นแบบระบบและสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบพึ่งตนเอง ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการใช้งานและการเรียนรู้ คือ การนำวัตถุที่เราสมมติให้เป็นแหล่งกำเนิดแสง 3 สีได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน วางลงบนพื้นผิว จากนั้นนำวัตถุตัวแทนการสะท้อน วางคั่นในทิศทางที่แสงส่องไป แล้วใช้กล้องเว็บแคมซึ่งหาซื้อได้ทั่วไปที่ผ่านการดัดแปลงเป็นกล้องอินฟราเรดแล้ว ตรวจจับวัตถุด้วยแสงสะท้อนที่ได้จากแสงไฟอินฟราเรด แล้วนำผลการตรวจจับนั้นไปประมวลผลเพื่อตอบสนองเป็นการแสดงผลภาพ เช่น ในกรณีที่ลำแสงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงส่องไปกระทบกับวัตถุตัวแทนการสะท้อน จะแสดงผลการสะท้อนของแสงในมุมต่างๆ หรือในกรณีที่ลำแสงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงมีการทับซ้อนกัน จะแสดงผลการผสมแสงสีขึ้นตามสีของวัตถุที่ทับซ้อนกัน เช่น สีแดงทับซ้อนกับสีเขียว จะเกิดการผสมแสงสีเป็นสีเหลือง เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนให้แก่เด็กในระดับประถมศึกษา

1.2.2 เพื่อศึกษาระบบการเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัส

1.2.3 เพื่อพัฒนาระบบการเชื่อมต่อสำหรับคอมพิวเตอร์โดยเน้นการจับต้องวัตถุ

1.2.4 เพื่อศึกษาการสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบวัตถุในมุมต่างๆ

1.2.5 เพื่อศึกษาการผสมสีของแสง เมื่อแสงเกิดการทับซ้อนกัน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ตัวต้นแบบซึ่งเป็นโต๊ะแสดงผล สามารถแสดงภาพบนพื้นผิวได้

1.3.2 ระบบสามารถตรวจจับวัตถุที่อยู่บนพื้นผิวได้ โดยวัตถุที่ใช้จะมี 2 ชนิดคือ วัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงมี 3 สีคือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน มีลักษณะคล้ายไฟฉาย และวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

1.3.3 ตัวต้นแบบสามารถแสดงกราฟิกของลำแสง ซึ่งออกจากวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง สามารถกำหนดทิศทางของลำแสงได้

1.3.4 วัตถุตัวแทนการสะท้อนสามารถสะท้อนแสงที่เป็นมุมตกกระทบในลักษณะต่างๆ ได้

1.3.5 ลำแสงเมื่อเกิดการทับซ้อนกัน จะเกิดการผสมแสงทำให้เกิดสีใหม่ขึ้น ตัวอย่างเช่น เมื่อแสงสีเขียวทับซ้อนกับแสงสีแดง จุดที่ทับซ้อนกันจะเกิดสีเหลืองขึ้น เป็นต้น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงาน

1.4.1 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับไลบรารีโอเพนซีวี (Opencv Library)

1.4.2 ศึกษาข้อมูลการออกแบบตัวต้นแบบและสร้างตัวต้นแบบ

1.4.3 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการประมวลผลภาพเบื้องต้น

1.4.4 ออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจจับและจำแนกวัตถุบนผิวสัมผัส

1.4.5 ออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี

1.4.6 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม

1.4.7 แก้ไขข้อผิดพลาดและเก็บรายละเอียดต่างๆ ของโปรแกรม

1.4.8 สรุปผลการทำโครงงานและจัดทำรูปเล่มโครงงาน

1.5 แผนการดำเนินงานของโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2557					ปี 2558				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับไลบรารีโอเพนซีวี										
2. ศึกษาข้อมูลการออกแบบตัวต้นแบบและสร้างตัวต้นแบบ										
3. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการประมวลผลภาพเบื้องต้น										
4. ออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจจับและจำแนกวัตถุบนผิวสัมผัส										
5. ออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี										
6. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม										
7. แก้ไขข้อผิดพลาดและเก็บรายละเอียดต่างๆ ของโปรแกรม										
8. สรุปผลการทำโครงงานและจัดทำรูปเล่มโครงงาน										

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ศึกษาและพัฒนากระบวนการคิดและวิเคราะห์อัลกอริทึมที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัส

1.6.2 สามารถนำต้นแบบและระบบที่พัฒนาไปประยุกต์ใช้งานต่อให้เกิดประโยชน์ได้

1.7 งบประมาณของโครงงาน

1.7.1 ค่าอุปกรณ์ทำโครงงานและค่าการดำเนินโครงงาน	1,000	บาท
1.7.2 ค่าเอกสาร ค่าหมึกพิมพ์ ค่าเข้าเล่มโครงงาน	1,000	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	2,000	บาท

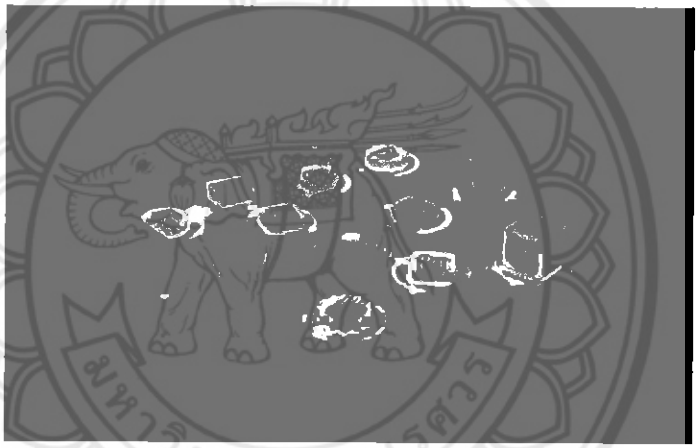
หมายเหตุ ขออนุมัติถัวเฉลี่ยทุกรายการ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส (Tangible User Interface) [1][2]

การเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส (Tangible User Interface) เป็นระบบหนึ่งของการเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (Human Computer Interaction) ที่มีความจำเป็นอย่างมาก เพราะทำให้ได้ใช้ความสามารถของมนุษย์ในการใช้งานอย่างเป็นธรรมชาติ และจัดการกับอุปกรณ์ทางกายภาพต่างๆ โดยใช้เพียงการสัมผัสจากนิ้วมือหรือใช้วัตถุต่างๆ แทนการใช้อุปกรณ์อินพุทต่างๆ เช่น เมาส์ แป้นพิมพ์ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส (Tangible User Interface)
ที่มา: http://avant.mur.at/weixler/studinfo/CMS/invlec4_Tangible.html

ระบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์จากผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสและจับต้อง จะใช้การประมวลผลภาพ (Image Processing) ที่ได้จากกล้องอินฟราเรดซึ่งอยู่ด้านล่างของโต๊ะ โดยนำมาใช้สำหรับการตรวจจับการสัมผัสหรือตรวจจับวัตถุบนพื้นผิว ส่วนการแสดงผลเป็นภาพที่สร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิกฉายจากด้านล่างของโต๊ะด้วยเครื่องฉายโปรเจคเตอร์

Human Computer Interaction (HCI) คือ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีปัจจัยที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถตอบโต้กับมนุษย์ได้อย่างประสบความสำเร็จ โดยจะประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ผู้ใช้ คอมพิวเตอร์ และวิธีการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ โดยผู้ใช้หมายถึงบุคคลหรือกลุ่มของบุคคล ซึ่งมีความหลากหลาย และมีความสามารถในการปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์

แตกต่างกันไป ส่วนคอมพิวเตอร์ หมายถึงตั้งแต่คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ไปจนถึงระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ หรือเป็นอุปกรณ์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต ก็เรียกว่าเป็นคอมพิวเตอร์ด้วยเหมือนกัน

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ (Image Processing) [3]

การประมวลผลภาพ (Image processing) หมายถึง เป็นหลักการนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่างๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อให้ได้ภาพในอีกลักษณะหนึ่ง แล้วนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งสามารถเข้าใจได้โดยทั่วไป เช่น ขนาด รูปร่าง หรือทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ

รูปที่ 2.2 หลักการเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ
ที่มา: bc.feu.ac.th/pichate/graphic/pwp/Chapter02.ppt

จากรูปที่ 2.2 เมื่อรับภาพอินพุทเข้ามา ระบบจะทำการประมวลผลกับภาพอินพุท เพื่อให้ได้เป็นภาพภาพที่ต้องการ จากนั้นจะแสดงภาพผลลัพธ์กลับไป

2.2.1 การทำงานของ Image Processing [4]

เริ่มต้นเมื่อรับอินพุทภาพเข้ามาจะต้องทำการเปลี่ยนข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปของไบนารีเสียก่อน นั่นคือ Digitize = Convert Analog to Digital เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจข้อมูลภาพได้ จากนั้นทำการจัดการกับภาพ เช่น ปรับสี ความคมชัด เป็นต้น แล้วจึงนำภาพไปประมวลผลต่อไป

2.2.2 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ (Morphological Image Processing) [5]

การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ (Morphological Image Processing) เป็นการประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ โดยใช้การดำเนินการพื้นฐานโดยทั่วไป

2.2.2.1 การขยายภาพ (Dilation)

การ Dilation คือการขยายพิกเซลของภาพโดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มพิกเซลไปยังขอบพิกเซลเดิม ทำให้ขนาดของภาพมีการขยายใหญ่ขึ้น

2.2.2.2 การย่อภาพ (Erosion)

การ Dilation คือการย่อพิกเซลของภาพโดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพ จุดประสงค์เพื่อลบพิกเซลที่ไม่ควรจะมีออกไป

2.2.2.3 การเปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ (Opening)

การเปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ (Opening) คือเอารูปภาพประมวลผลโดยวิธี Erosion จากนั้นนำภาพที่ได้ไปผ่านการประมวลผล Dilation เพราะเนื่องการ Noise จะหายไปตอนทำ Erosion แต่ขนาดของวัตถุจะเล็กลงจึงใช้วิธีการทำ Dilation เพื่อขยายภาพกลับมา

2.2.2.4 การปิดช่องว่างภายในภาพ (Closing)

การปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ (Closing) คือกระบวนการที่ตรงข้ามกับ Opening โดยเป็นการเอารูปภาพประมวลผลโดยวิธี Dilation ก่อนจากนั้นนำภาพที่ได้ไปผ่านการประมวลผลด้วยวิธี Erosion

2.2.3 การแปลงภาพระดับเทา (Gray Scale) [6]

การแปลงภาพระดับเทา (Gray Scale) คือการนำภาพสี RGB มาแปลงเป็นภาพที่มีระดับสีเป็นภาพขาว-ดำ-เทา โดยจะมีระดับความเข้มของสีเทาคือ 0-255 (8 bit) โดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ดังนี้

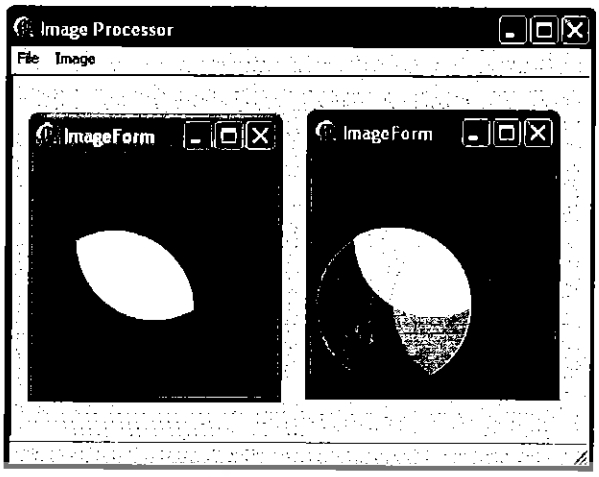
$$Gray = (0.299 \times R) + (0.587 \times G) + (0.114 \times B) \quad (2.1)$$

โดย Gray คือ ค่าระดับเทา

R คือ ค่าระดับสีแดง

G คือ ค่าระดับสีเขียว

B คือ ค่าระดับสีน้ำเงิน

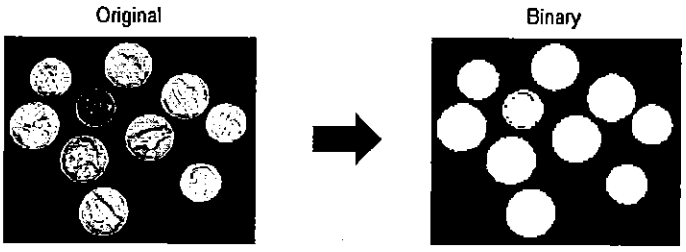


รูปที่ 2.3 การแปลงภาพสี RGB ไปเป็นภาพระดับเทา
ที่มา: http://imageprocessingindelphi.blogspot.com/2008/08/rgb-to-gray-scale-conversion-using.html

จากรูปที่ 2.3 เป็นการแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทา โดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ก่อนหน้านี้ โดยเป็นการคำนวณไปทีละพิกเซลจะทั่วทั้งภาพ

2.2.4 การแปลงภาพสีเป็นขาวดำ (Threshold) [7]

การแปลงภาพเป็นภาพขาวดำมีขั้นตอนคือ แปลงภาพสีเป็น Gray scale แล้วแปลงภาพ Gray scale เป็นภาพขาวดำอีกที การแปลงภาพ Gray scale เป็นภาพขาวดำ จำเป็นต้องกำหนดค่า Threshold เพื่อให้ได้ภาพขาวดำที่เหมาะสม ค่า Threshold มีไว้สำหรับกำหนดว่าค่าความสว่างของรูปในแต่ละ Pixel เมื่อแปลงเป็นภาพขาวดำแล้ว Pixel ดังกล่าวควรจะเป็น สีดำหรือสีขาว นั่นคือจะมีระดับของความเข้มเพียง 2 ระดับเท่านั้น ดังรูปที่ 2.4

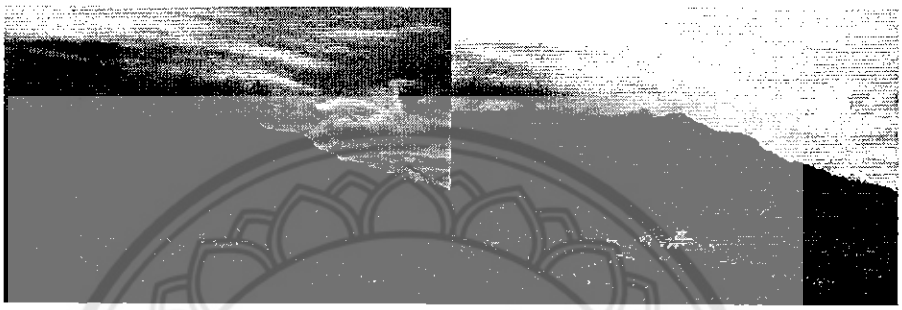


รูปที่ 2.4 การแปลงภาพภาพระดับเทาเป็นภาพขาวดำ
ที่มา: http://www.mathworks.com/help/images/ref/bwconvhull.html

2.2.5 การปรับความสว่างและคอนทราสต์ของภาพ (Brightness/Contrast) [8]

2.2.5.1 ความสว่าง (Brightness)

การปรับค่าค่าสว่าง (Brightness) คือการจัดการความมืดและความสว่างของภาพ ซึ่งหลักการทำงานคือการเพิ่มหรือลดค่าสีเข้าไป ทำให้ได้ผลของความมืดหรือความสว่างในภาพ โดยถ้าเพิ่มค่าความสว่างของสีจะทำให้ค่าสีในพิกเซลเกิดความสว่างขึ้น ในขณะเดียวกันเมื่อลดค่าความสว่างของสีจะทำให้เกิดความมืดในพิกเซลเช่นกัน ทำให้ภาพสว่างลดลง

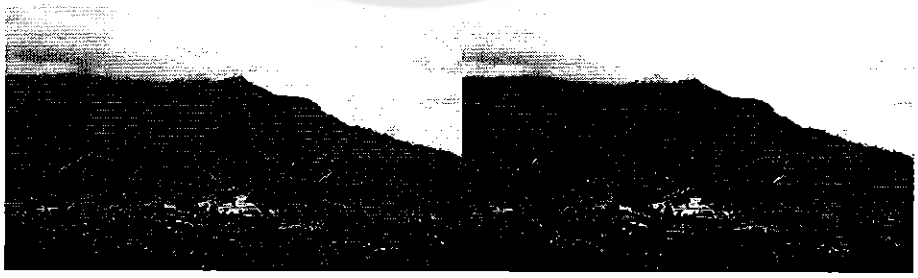


รูปที่ 2.5 การปรับค่าความสว่างของภาพ

จากรูปที่ 2.5 เป็นการปรับความสว่างของภาพให้มากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากรูปขวาว่าในส่วนมืดเห็นรายละเอียดเพิ่มมากขึ้น และส่วนท้องฟ้าก็สว่างขึ้นเช่นกัน

2.2.5.2 คอนทราสต์ (Contrast)

คอนทราสต์ (Contrast) หรือ ค่าความเปรียบต่าง คือการปรับความแตกต่างระหว่างความมืดความสว่าง หรือเรียกว่าการปรับให้ส่วนที่สว่างให้มีความสว่างมากขึ้น และปรับให้ในส่วนของความมืดก็ให้มีความมืดลง ทำให้เกินความแตกต่างที่ชัดเจนของส่วนมืดและส่วนสว่าง

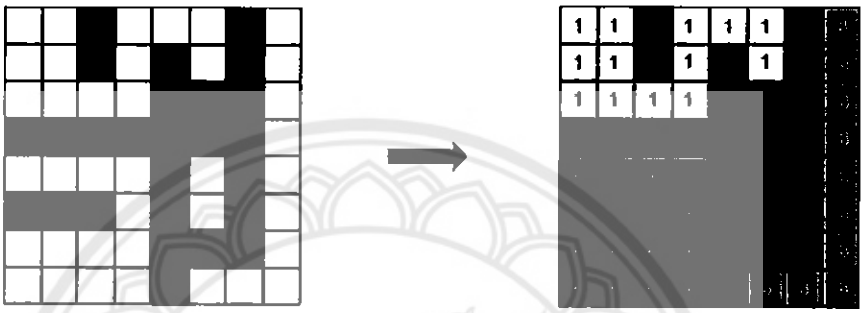


รูปที่ 2.6 การปรับค่าคอนทราสต์ของภาพ

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่ามีความเปรียบต่างของส่วนมืดและสว่างมาก นั่นคือมีมีการปรับค่าคอนทราสต์ให้มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนมืดก็จะมืดลง ส่วนสว่างก็จะสว่างมากขึ้น

2.2.6 การกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน (Connected-component labeling) [9]

ใช้ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบหรือบริเวณที่มีการเชื่อมติดกันและใช้ในการแยกบริเวณต่างๆ ออกจากกันโดยวิธีการกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน (Connected-component labeling) เป็นวิธีที่ใช้ในคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision) เพื่อตรวจจับบริเวณที่เชื่อมติดกันของภาพขาวดำหรือภาพสี แต่โดยทั่วไปใช้ในภาพขาวดำที่ผ่านการประมวลผลมาแล้ว แล้วนำมากำหนดพื้นที่ที่ติดกัน ซึ่งอาจใช้ในการนับจำนวนการกรองและการติดตาม ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 2.7

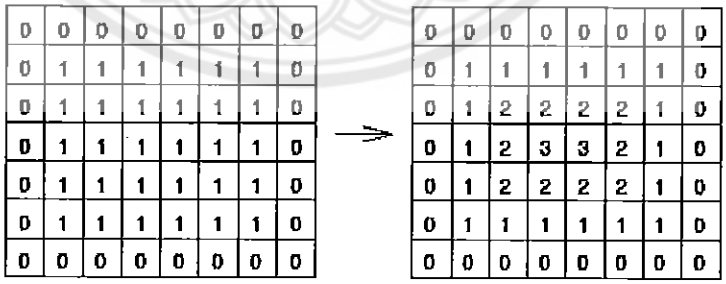


รูปที่ 2.7 การกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน

ที่มา: http://www.aishack.in/tutorials/labelling-connected-components-example/

2.2.7 การแปลงระยะทาง (Distance Transform) [10]

เป็นการข้อมูลขอบภาพไบนารีเป็นข้อมูลภาพระยะทาง ผลของการแปลงเป็นภาพที่มีลักษณะคล้ายกับภาพที่ใส่ความเข้มของจุดต่างๆในภาพ แต่ละจุดจะเก็บค่าระยะห่างระหว่างจุดนั้นถึงเส้นขอบ ถ้าระยะห่างจากเส้นขอบมาก ภาพจะมีความสว่างมาก ดังรูปที่ 2.8



0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	2	2	2	2	1	0
0	1	2	3	3	2	1	0
0	1	2	2	2	2	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 2.8 ค่าระยะทางของภาพจากกลางภาพถึงขอบภาพ

ที่มา: http://fivedots.coe.psu.ac.th/~somchai/Projects/ShapeDetector/ScreenShot/0.0.15/

2.2.8 เคเนียร์เรสต์เนเบอร์ (K-Nearest Neighbors) [11]

เป็นขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูล (Classification) โดยเทคนิคนี้จะตัดสินใจว่า กลุ่มข้อมูลใดที่จะแทนเงื่อนไขหรือกรณีใหม่ๆ ได้บ้าง ซึ่งข้อมูลที่นำมาเรียนรู้ (Training data) จะต้องมีสัญลักษณ์ (Label) คอยบอกไว้ว่าคืออะไร จึงเป็นการจัดกลุ่มข้อมูลที่อยู่ใกล้กันเข้าไว้ด้วยกัน โดยจำนวนของข้อมูลที่นำมาพิจารณาคือค่า K (ควรกำหนดให้เป็นเลขคี่) โดยจะหาผลรวมของจำนวนเงื่อนไขหรือกรณีต่างๆ สำหรับแต่ละกลุ่มข้อมูล และกำหนดเงื่อนไขใหม่ๆ ให้กับกลุ่มข้อมูลที่เหมือนกัน

รูปที่ 2.9 การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยอัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์

ที่มา: https://mayuresha.wordpress.com/category/uncategorized/page/3/

จากรูปที่ 2.9 รูปดาวคือข้อมูลที่ต้องการพิจารณาว่าเป็นข้อมูลกลุ่มใด โดยดูจากระยะห่างไปยังข้อมูลอื่นๆ ซึ่งจะมีการกำหนดจำนวนข้อมูลที่นำมาพิจารณา นั่นคือค่า K โดยจากรูปจะมีการใช้ค่า K = 3 และ K = 7 ซึ่งสามารถจัดกลุ่มได้เป็นแบบจุดสีดำทั้งคู่

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิก [12][13]

คอมพิวเตอร์กราฟิก คือ การใช้คอมพิวเตอร์สร้างภาพและจัดการเกี่ยวกับรูปภาพ เพื่อใช้สื่อความหมายของข้อมูลต่างๆ ให้น่าสนใจยิ่งขึ้น ในปัจจุบันภาพกราฟิกเข้ามามีบทบาทกับงานด้านต่างๆ เป็นอย่างมาก เช่น งานนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของเส้นกราฟ กราฟแท่ง แผนภูมิ การใช้ภาพกราฟิกประกอบการโฆษณาต่างๆ การสร้างเว็บเพจ การสร้างสื่อการเรียนการสอน การสร้างการ์ตูน การสร้างโลโก้ และงานออกแบบต่างๆ เป็นต้น โดยภาพกราฟิกจะทำให้งานมีความสวยงามและน่าสนใจยิ่งขึ้น

2.3.1 ประเภทของภาพกราฟิก

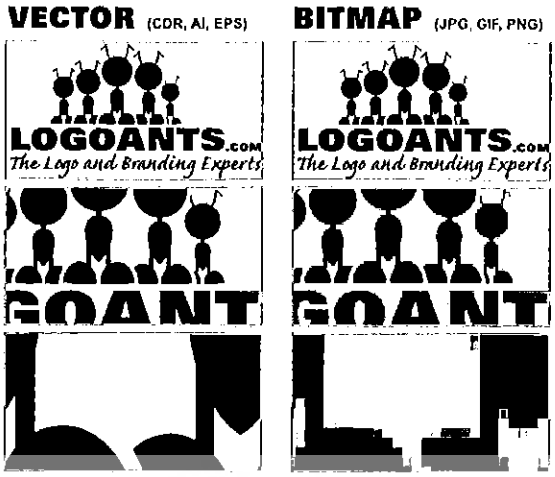
ภาพกราฟิก แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.3.1.1 ภาพกราฟิกแบบ 2 มิติ

ภาพกราฟิกแบบ 2 มิติ เป็นภาพที่พบเห็นโดยทั่วไป เช่น ภาพถ่าย ภาพลายเส้น รูปวาด สัญลักษณ์ กราฟ รวมถึงการ์ตูนต่างๆ ในโทรทัศน์ ตัวอย่างเช่น การ์ตูนเรื่องชินจัง, เรื่องโดราเอม่อน เป็นต้น ซึ่งการ์ตูนจะเป็นภาพกราฟิกเคลื่อนไหว (Animation) โดยจะมีกระบวนการสร้างที่ซับซ้อนกว่าภาพวาดปกติ ปัจจุบันในคอมพิวเตอร์จะมีการประมวลผลภาพอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ การประมวลผลแบบ Raster หรือ Bitmap และการประมวลผลแบบ Vector

การประมวลผลแบบ Raster หรือแบบบิตแมป (Bitmap) หลักการทำงาน คือ จะเป็นการประมวลแบบอาศัยการอ่านค่าสีในแต่ละพิกเซล ซึ่งมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Bitmap ซึ่งจะเก็บค่าของข้อมูลเป็นค่า 0 และ 1 และในแต่ละพิกเซลจะมีการเก็บค่าสีที่เจาะจงในแต่ละตำแหน่ง ลักษณะที่สำคัญของภาพประเภทนี้ คือ จะประกอบขึ้นด้วยจุดสีต่างๆที่มีจำนวนคงที่ตายตัว ตามการสร้างภาพที่มีความละเอียดแตกต่างกันไป ภาพแบบ Bitmap นี้ มีข้อดี คือ เหมาะสำหรับภาพที่ต้องการระบายสีสร้างสี หรือกำหนดสีที่ต้องละเอียดและสวยงามได้ง่าย ข้อจำกัดคือ เมื่อมีพิกเซลจำนวนคงที่นำภาพมาขยายให้ใหญ่ขึ้น ความละเอียดก็จะลดลง มองเห็นภาพเป็นแบบจุด และถ้าเพิ่มความละเอียดให้แก่ภาพ จะทำให้ไฟล์มีขนาดใหญ่ และเปลืองเนื้อที่หน่วยความจำมาก ไฟล์ของรูปภาพที่เกิดจากการประมวลผลแบบ Raster คือ ไฟล์พวกที่มี นามสกุล เป็น .BMP, .PCX, .TIF, .JPG, .GIF, .MSP, .PNG, .PCT โดยโปรแกรมที่ใช้จัดการกับภาพประเภทนี้ คือ โปรแกรมประเภทจัดการภาพ ตกแต่งภาพ ซึ่งปัจจุบันนี้มีโปรแกรมมากมายให้เราได้ใช้กัน เช่น Photoscape, Photoshop และอีกมากมาย

การประมวลผลแบบ Vector เป็นภาพที่มีลักษณะของการสร้างจากคอมพิวเตอร์ ที่มีการสร้างให้แต่ละส่วนของภาพเป็นอิสระต่อกัน โดยแยกชิ้นส่วนของภาพทั้งหมดออกเป็นเส้นตรง รูปทรง หรือ ส่วนโค้ง โดยอ้างอิงตามความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ หรืออาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยมีสีและตำแหน่งของสีที่แน่นอน ฉะนั้นไม่ว่าจะมีการเคลื่อนย้าย หรือย่อขยายขนาดของภาพ ก็จะไม่เสียรูปทรงและความละเอียดของภาพจะไม่ลดลง จึงทำให้ภาพยังคงชัดเจนเหมือนเดิม แม้ขนาดของภาพจะมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงก็ตาม แต่มีข้อเสียที่ไม่สามารถใช้เอฟเฟคในการปรับแต่งภาพได้เหมือนกับภาพแบบ Raster การประมวลผลภาพแบบVector ได้แก่ภาพที่มี นามสกุล .AI, .DRW, .CDR , .EPS, .PS ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในการวาดภาพก็มีมากมายหลายโปรแกรม เช่น Illustrator, CorelDraw เป็นต้น



รูปที่ 2.10 การประมวลผลแบบ Vector และการประมวลผลแบบ Raster (Bitmap)
ที่มา: http://iamthaigraphic.blogspot.com/2012/07/raster-vector.html

จากรูปที่ 2.10 เป็นรูปที่แสดงความแตกต่างระหว่างภาพ Vector กับภาพ Bitmap เมื่อขยายภาพเข้าไปใกล้ๆ จะเห็นว่า ภาพ Bitmap จะเห็นเม็ดพิกเซล ในขณะที่ภาพ vector ยังคงชัดเจนเหมือนเดิม

2.3.1.2 ภาพกราฟิกแบบ 3 มิติ

ภาพกราฟิกแบบ 3 มิติ เป็นภาพกราฟิกที่ใช้โปรแกรมสร้างภาพ 3 มิติสร้างขึ้นโดยเฉพาะ เช่น โปรแกรม 3Ds max, โปรแกรม Maya เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ได้ภาพมีสีและแสงเงาเหมือนจริง เหมาะกับงานด้านสถาปัตยกรรมและการออกแบบต่างๆ รวมถึงการสร้างเป็นภาพยนตร์-การ์ตูนหรือโฆษณาสินค้าต่างๆ เช่น การ์ตูนเรื่อง Nemo, การ์ตูนเรื่อง The Bug และเรื่องปังปอนด์-แอนิเมชัน เป็นต้น

รูปที่ 2.11 การประมวลผลภาพกราฟิกแบบ 3 มิติ
ที่มา: http://www.nairaland.com/357947/3ds-max-face-rig

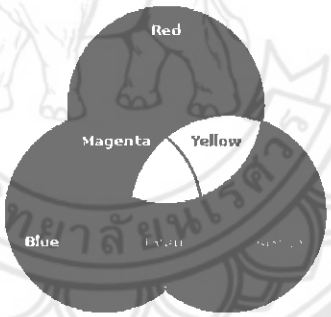
ภาพที่ 2.11 เป็นตัวอย่างการสร้างภาพ 3 มิติโดยใช้โปรแกรม 3D Max ซึ่งจะเห็นว่าภาพมีลักษณะที่สมจริง ดูมีมิติกว่าภาพ 2 มิติ

2.3.2 หลักการใช้สีและแสงในคอมพิวเตอร์

การใช้สีกับงานกราฟิกในคอมพิวเตอร์ มีอยู่หลายระบบ แต่ละระบบจะมีลักษณะเฉพาะ ดังนั้นจึงควรทราบถึงระบบสีที่ใช้บนคอมพิวเตอร์เสียก่อน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการแสดงผลแสงที่แสดงบนจอคอมพิวเตอร์ โดยมีลักษณะการแสดงผล คือ ถ้าไม่มีแสดงผลสีใดเลยบนจอภาพจะแสดงเป็นสีดำ และหากสีทุกสีแสดงผลพร้อมกันจะเห็นสีบนจอภาพเป็นสีขาว ส่วนสีอื่นๆ เกิดจากการแสดงสีหลายๆ สี และมีค่าสีต่างกันไป สีที่ใช้ในงานด้านกราฟิกทั่วไป มี 4 ระบบ คือ

2.3.2.1 RGB

RGB เป็นระบบสีที่ประกอบด้วยแม่สี 3 สี คือ แดง (Red), เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) บนจอคอมพิวเตอร์มีได้มากถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งจะใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นปกติ เมื่อนำมาผสมผสานกันจะทำให้เกิดเป็นสีใหม่ขึ้นมา สีที่ได้จากการผสมจะขึ้นอยู่กับความเข้มของสี โดยถ้าสีมีความเข้มมาก เมื่อนำมาผสมกันจะทำให้เกิดเป็นสีขาว จึงเรียกระบบสีนี้ว่าแบบ Additive หรือการผสมสีแบบบวก ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 2.12

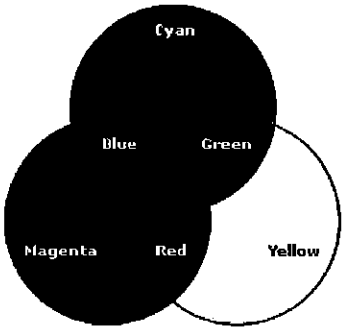


รูปที่ 2.12 สีในระบบ RGB

ที่มา: http://tc.mengrai.ac.th/krunoom/instruction/photoshop/unit1-2.php

2.3.2.2 CMYK

CMYK เป็นระบบสีที่ใช้กับเครื่องพิมพ์ ซึ่งประกอบด้วย สีหลัก 4 สี คือ สีฟ้า (Cyan), สีม่วงแดง (Magenta), สีเหลือง (Yellow) และสีดำ (Black) เมื่อนำทั้ง 4 สีมาผสมกันจะเกิดเป็นสีดำ แต่จะไม่ดำสนิท เนื่องจากหมึกพิมพ์มีความไม่บริสุทธิ์ จึงเป็นการผสมสีแบบลบ (Subtractive) หลักการเกิดสีของระบบนี้ คือ หมึกสีหนึ่งจะดูด กลืนแสงจากสีหนึ่งแล้วสะท้อนกลับออกมาเป็นสีต่างๆ ซึ่งจะสังเกตได้ว่าสีที่สะท้อนออกมาจะเป็นสีหลักของระบบ RGB การเกิดสีในระบบนี้จึงตรงข้ามกับการเกิดสีในระบบ RGB ดังภาพที่ 2.13

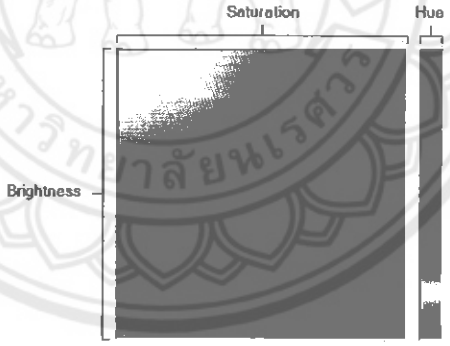


รูปที่ 2.13 สีในระบบ CMYK

ที่มา: http://tc.mengrai.ac.th/krunoom/instruction/photoshop/unit1-2.php

2.3.2.3 HSB

HSB เป็นระบบสีแบบการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ Hue คือ เฉดสีต่างๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุแล้วเข้าสู่สายตาของเรา ซึ่งมักจะเรียกสีตามชื่อสี เช่น สีน้ำเงิน สีดำสีเขียว เป็นต้น Saturation คือ ความสดหรือความอิ่มตัวของสี ถ้ากำหนด Saturation มากๆ สีก็จะมีความอิ่มตัวมาก Brightness คือ ระดับความสว่างของสี ถ้ากำหนดให้มีค่ามากๆ ก็จะมีความสว่างมาก ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กันดังรูปที่ 2.14

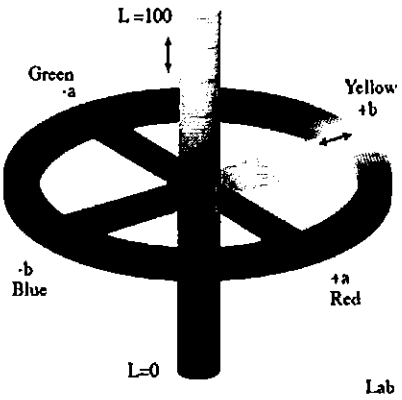


รูปที่ 2.14 สีในระบบ HSB

ที่มา: http://tc.mengrai.ac.th/krunoom/instruction/photoshop/unit1-2.php

2.3.2.4 LAB

LAB เป็นระบบสีที่ไม่ขึ้นกับอุปกรณ์ใดๆ (Device Independent) โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ "L" หรือ Luminance เป็นการกำหนดความสว่าง ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดให้มีค่าน้อยๆ ก็จะเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดให้มีค่ามากๆ ก็ให้เป็นสีขาว "A" เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีเขียวไปสีแดง "B" เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีน้ำเงินไปเหลือง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กันดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 สีในระบบ LAB

ที่มา: http://www.photoscreenprint.com/the-yrgbk-droplet-color-separating-with-the-lab-mode/

2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแสง [14][15]

แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของพลังงานแสงจะอยู่ในรูปของคลื่น เดินทางในรูปคลื่นด้วยอัตราเร็วสูง 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380-760 นาโนเมตร (Nanometers) ช่วงความยาวคลื่นของพลังงานแสงดังกล่าวช่วยทำให้เกิดการเห็น ส่วนพลังงานรูปอื่น เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต, รังสีเอกซ์ ที่มีความยาวคลื่นสั้นกวา 380 นาโนเมตร หรือคลื่นวิทยุ, คลื่นโทรทัศน์และพลังงานไฟฟ้า ที่มีช่วงความยาวคลื่นยาวกว่า 760 นาโนเมตร ซึ่งพลังงานที่ไม่สามารถมองเห็นได้

2.4.1 การกำเนิดแสง

การกำเนิดแสงสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ลักษณะคือ

2.4.1.1 แบบอินแคนเดสเซนต์ (Incandescence)

แบบอินแคนเดสเซนต์ (Incandescence) เป็นการกำเนิดแสงที่เกิดจากการเผาหรือการให้พลังงานความร้อน เช่นการเผาแท่งเหล็กที่ความร้อนสูงมากๆ โดยการเพิ่มอุณหภูมิไปเรื่อยๆ แท่งเหล็กจะเปลี่ยนสีออกทางส้มและเหลืองจ้าสว่างในที่สุด

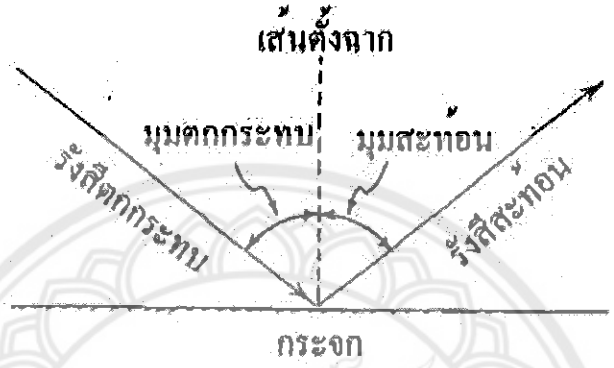
2.4.1.2 แบบลูมิเนสเซนต์ (Luminescence)

แบบลูมิเนสเซนต์ (Luminescence) เป็นการกำเนิดแสงที่ไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานแสง เช่น แสงจากตัวแมลง, แสงที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี, แสงที่เกิดจากการเปลี่ยนวงโคจรของอิเลคตรอน รวมไปถึงแสงที่เกิดจากการปล่อยประจุของก๊าซ เช่น แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น

2.4.2 พฤติกรรมต่าง ๆ ของแสง

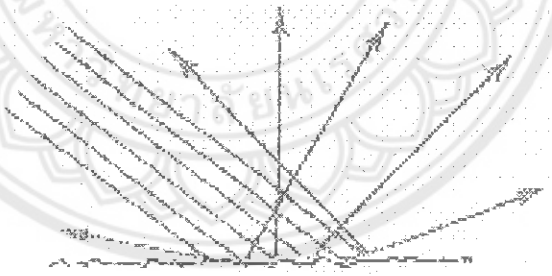
2.4.2.1 การสะท้อน (Reflection)

การสะท้อน (Reflection) เป็นพฤติกรรมที่แสงตกกระทบบนตัวกลางและสะท้อนตัวออก ถ้าตัวกลางเป็นวัตถุผิวเรียบขัดมัน จะทำให้มุมของแสงที่ตกกระทบจะมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน แต่เมื่อแสงสะท้อนที่ผิวขรุขระ แสงจะสะท้อนออกไปหลายทิศทาง ดังรูปที่ 2.16 และ รูปที่ 2.17



รูปที่ 2.16 การสะท้อนแสงเมื่อตกกระทบวัตถุผิวเรียบ

ที่มา: http://www.neutron.rmutphysics.com/science-news/index.php?option=com_content&task=view&id=2135&Itemid=4

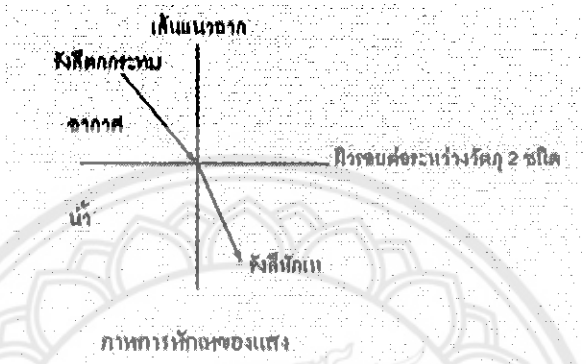


รูปที่ 2.17 การสะท้อนแสงเมื่อตกกระทบวัตถุผิวขรุขระ

ที่มา: http://www.neutron.rmutphysics.com/science-news/index.php?option=com_content&task=view&id=2135&Itemid=4

2.4.2.2 การหักเห (Refraction)

การหักเห (Refraction) โดยปกติแสงจะเดินทางเป็นเส้นตรง เมื่อเดินทางผ่านวัตถุโปร่งใสชนิดเดียวกัน แต่บางครั้งการเดินทางของแสงผ่านวัตถุ 2 ชนิด เช่น แสงเดินทางผ่านอากาศแล้วผ่านไปในน้ำ การเดินทางของแสงในวัตถุทั้งสองจะเป็นเส้นตรง แต่ไม่อยู่ในแนวเดียวกัน นั่นคือแสงจะเกิดการหักเหไปจากแนวเดิม ตรงรอยต่อระหว่างผิวของวัตถุทั้ง 2 ชนิดนั้น เราเรียกว่า การหักเหของแสง



รูปที่ 2.18 การหักเหของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลาง 2 ชนิด คือ น้ำและอากาศ

ที่มา: http://arts.kmutt.ac.th/ssc210/Group%20Project/ASSC210/1.48LearningForFun/File/3.htm

จากรูปที่ 2.18 เป็นการหักเหของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลาง 2 ชนิด คือ อากาศและน้ำ ซึ่งจะมีรังสีตกกระทบอยู่บนอากาศมาถึงผิวน้ำ แล้วเกิดรังสีหักเหในน้ำ

2.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไลบรารีของโอเพนซีวี (OpenCV) [16]

OpenCV ย่อมาจาก Open source Computer Vision เป็น Library ที่ถูกเขียนขึ้นจากภาษา C และ C++ ซึ่งไลบรารีโอเพนซีวี ได้มีการรวบรวมฟังก์ชั่นต่างๆ สำหรับใช้ในการประมวลผลภาพ (Image Processing) และคอมพิวเตอร์วิทัศนศาสตร์ (Computer Vision) เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งมีจุดเด่นที่สามารถรันได้บนทั้ง Linux, Mac OSX และWindows และนอกจากนั้นยังมี Interface ที่ไว้เชื่อมต่อกับภาษาหรือ Tool อื่นๆ ด้วย อาทิ เช่น Python, Ruby, Matlab เป็นต้น

นอกจากนี้จุดเด่นอีกอย่างของ OpenCV คือสามารถประมวลผลภาพดิจิตอลได้ทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว เช่น ภาพจากกล้องวีดีโอ หรือไฟล์วีดีโอ เป็นต้น โดยไม่ยึดติดทางด้านฮาร์ดแวร์ และเป็นไลบรารีที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้หรือนักพัฒนาสามารถใช้ฟังก์ชันในประยุกต์ใช้ในการพัฒนาชิ้นงานที่มีความซับซ้อนขึ้นมาได้ ตัวอย่าง เช่น การจดจำใบหน้า (Face Recognition), การจดจำม่านตา (iris Recognition) เป็นต้น

2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างโต๊ะและหลักการของการออกแบบ [17]

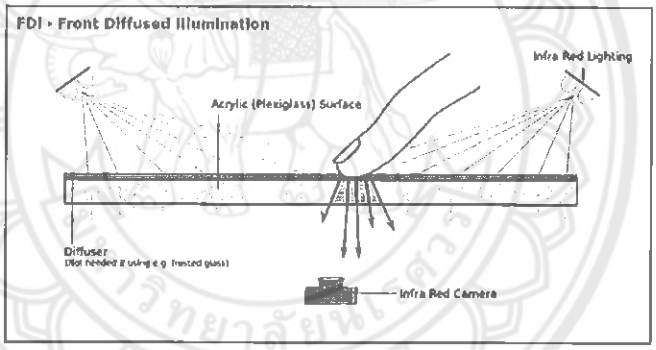
การสร้างโต๊ะมีหลักการของการออกแบบอยู่หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีจะมีความคล้ายกัน แต่จะมีส่วนที่แตกต่างเล็กน้อยในเรื่องของการเลือกใช้อุปกรณ์และตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ ซึ่งจะมีวิธีดังนี้

2.6.1 Diffused Illumination (DI)

วิธีการส่องสว่างแบบกระจาย (Diffused Illumination, DI) เป็นเทคนิคการออกแบบสำหรับตรวจสอบการติดต่อผู้ใช้แบบผิวสัมผัส โดยอาศัยกล้องอินฟราเรด สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ หากแสงไฟ LED ของอินฟราเรดส่องมาด้านหน้าพื้นผิวสัมผัสจะเรียกว่า Front DI หากแสงไฟ LED ของอินฟราเรดส่งมาจากด้านหลังพื้นผิวสัมผัสจะเรียกว่า Rear DI แต่ทั้งสองแบบจะใช้หลักการเดียวกัน

2.6.1.1 Front DI

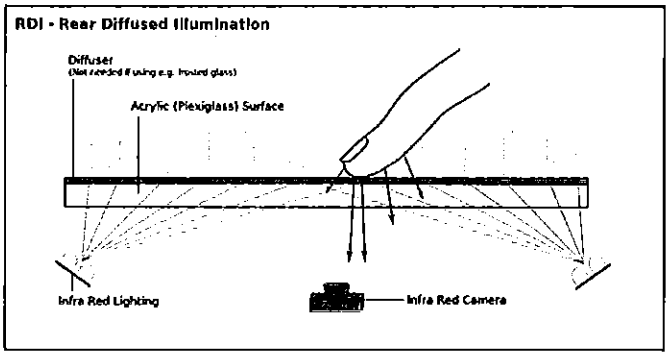
Front Diffused Illumination (Front DI) เป็นเทคนิคการออกแบบโดยให้ไฟ LED อินฟราเรดส่องกระจายมาที่พื้นผิวสัมผัสจากด้านบน เมื่อนิ้วหรือวัตถุสัมผัสลงที่หน้าพื้นผิวจะทำให้เกิดเงา จากนั้นกล้องอินฟราเรดที่อยู่ด้านล่างจะทำการตรวจจับวัตถุนั้น แล้วนำไปทำการประมวลผลภาพ ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 เทคนิคแบบ Front Diffused Illumination
ที่มา: http://sethsandler.com/multitouch/frontdi/

2.6.1.2 Rear DI

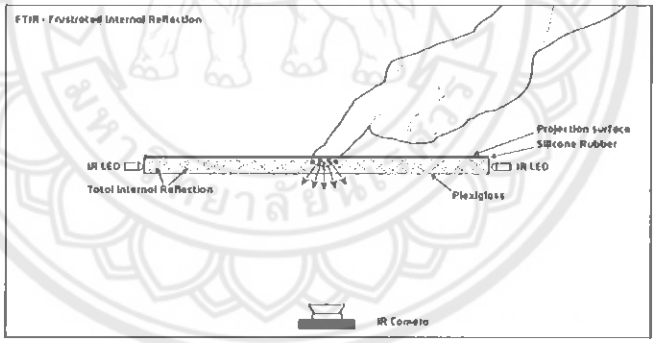
Rear Diffused Illumination (Rear DI) เป็นการออกแบบโดยให้ไฟ LED อินฟราเรดส่องกระจายมาที่พื้นผิวสัมผัสจากด้านล่าง ซึ่งจะตรงข้ามกับแบบ Front Diffused Illumination เมื่อนิ้วหรือวัตถุสัมผัสลงที่หน้าพื้นผิวจะทำให้เกิดการสะท้อนลงมายังกล้องอินฟราเรดที่อยู่ด้านล่าง เพื่อทำการตรวจจับวัตถุนั้น แล้วนำไปทำการประมวลผลภาพ ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 เทคนิคแบบ Rear Diffused Illumination
ที่มา: http://sethsandler.com/multitouch/reardi/

2.6.2 Frustrated Total Internal Reflection (FTIR)

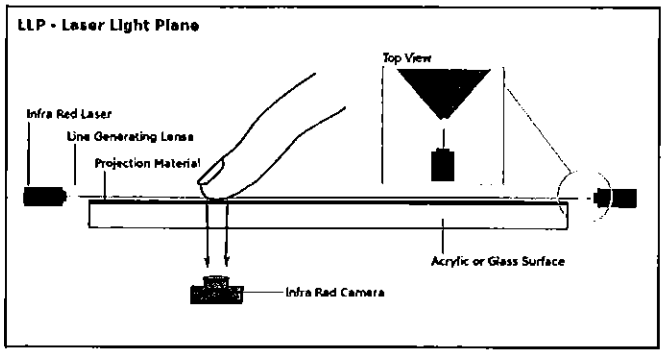
Frustrated Total Internal Reflection (FTIR) เป็นเทคนิคที่นิยมที่สุดในปัจจุบัน โดยจะมีการส่องไฟ LED อินฟราเรดเข้าทางด้านข้างแผ่นอะคริลิค ซึ่งแสงจะติดอยู่ภายในแผ่นอะคริลิคโดยการสะท้อนไปมา แล้วเมื่อนิ้วหรือวัตถุสัมผัสลงบนพื้นผิว แสงจะถูกกระจายลงสู่ด้านล่าง มายังกล้องอินฟราเรดที่อยู่ด้านล่าง เพื่อทำการตรวจจับวัตถุนั้น แล้วนำไปทำการประมวลผลภาพ ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 เทคนิคแบบ Frustrated Total Internal Reflection
ที่มา: http://sethsandler.com/projects/ftir-and-di-how-they-work/

2.6.3 Laser Light Plane (LLP)

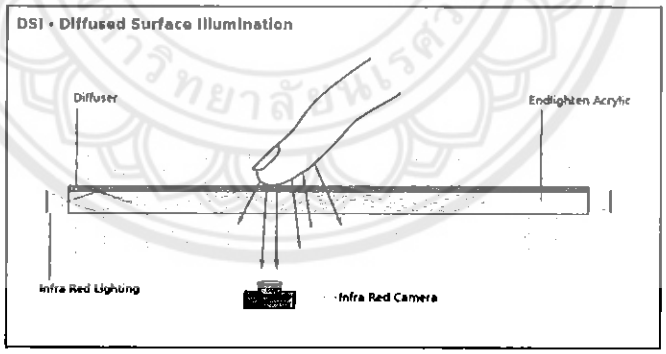
Laser Light Plane (LLP) เป็นเทคนิคการใช้เลเซอร์ส่องสว่างที่บริเวณด้านบนพื้นผิวในแนวระนาบ ซึ่งต้องมีการรักษากำลังไฟของเลเซอร์ และทั้งเลเซอร์ต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องเสมอ เมื่อนิ้วหรือวัตถุสัมผัสลงบนพื้นผิว แสงจะถูกบดบังแล้วเกิดการกระจายลง มายังกล้องอินฟราเรดที่อยู่ด้านล่าง เพื่อทำการตรวจจับวัตถุนั้น แล้วนำไปทำการประมวลผลภาพ ดังรูปที่ 2.22 แต่เทคนิคนี้มีข้อเสีย คือจะมีเลเซอร์เพียง 1 หรือ 2 ตัว ดังนั้นเมื่อวางวัตถุลงบนพื้นผิวสัมผัสอาจจะไปบดบังแสงในวัตถุอื่นๆ ได้



รูปที่ 2.22 เทคนิคแบบ Laser Light Plane
ที่มา: http://sethsandler.com/multitouch/llp/

2.6.4 Diffused Surface Illumination (DSI)

Diffused Surface Illumination (DSI) เป็นเทคนิคที่คล้ายคลึงกับเทคนิค Frustrated Total Internal Reflection (FTIR) ที่จะมีแสงอินฟราเรดวางอยู่บริเวณด้านข้างของแผ่นอะคริลิค แต่จะใช้แผ่นอะคริลิคชนิดพิเศษที่มีอนุภาคขนาดเล็กภายในคล้ายกับกระจกขนาดเล็กจำนวนมาก ที่ใช้ในการเกลี่ยแสงอินฟราเรด เมื่อนิ้วหรือวัตถุสัมผัสลงบนพื้นผิว แสงก็สว่างขึ้นจากแสงอินฟราเรดที่เปลี่ยนเส้นทางออกมาจากภายในและเป็นที่มองเห็นได้ด้วยกล้องอินฟราเรดที่อยู่ใต้พื้นผิวสัมผัส ผลที่ได้จะคล้ายกับแสงพร่า ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.23

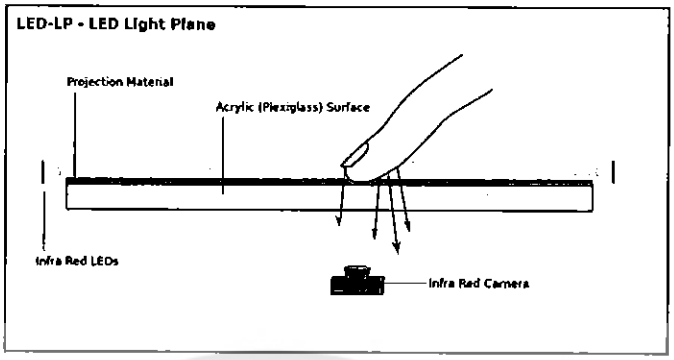


รูปที่ 2.23 เทคนิคแบบ Diffused Surface Illumination
ที่มา: http://sethsandler.com/multitouch/dsi/

2.6.5 LED Light Plane (LED-LP)

LED Light Plane (LED-LP) เป็นเทคนิคที่คล้ายคลึงกับเทคนิค Laser Light Plane (LLP) ที่จะมีแสงที่ถูกสร้างขึ้นเหนือพื้นผิวสัมผัส โดยใช้ไฟ LED ที่มีมุมแคบๆ แทนการใช้เลเซอร์ เพื่อสร้างระนาบ

ของแสง เมื่อนิ้วมือหรือวัตถุสัมผัสระนาบ แสงไฟจะติดสว่างและมองเห็นได้ด้วยกล้องอินฟราเรดใต้พื้นผิว ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 เทคนิคแบบ LED Light Plane
ที่มา: http://sethsandler.com/multitouch/ledlp/

2.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ [18]

2.7.1 สมการเชิงเส้นสองตัวแปร

สมการเชิงเส้นสองตัวแปร คือ สมการที่มีตัวแปรสองตัว เลขชี้กำลังของตัวแปรแต่ละตัวเป็น 1 และตัวแปรไม่อยู่ในรูปการคูณกัน รูปทั่วไปของสมการเชิงเส้นสองตัวแปร คือ

$$Ax + By + C = 0 \qquad (2.2)$$

เมื่อ x, y เป็นตัวแปร และ A, B, C เป็นค่าคงตัวที่ โดย A และ B ไม่เท่ากับศูนย์พร้อมกัน

เพื่อความสะดวกของการเขียนกราฟ นิยมจัดสมการให้อยู่ในรูปที่สะดวกต่อการแทนค่า x และหาค่า y ดังนี้

$$y = mx + c \qquad (2.3)$$

เมื่อ m, c เป็นค่าคงตัว โดย m เป็นความชันของกราฟ และ c เป็นระยะตัดแกน y

2.7.2 ความชัน (slope)

กำหนด L เป็นเส้นตรงที่ผ่านจุด P1 (x1 , y1) และ P2 (x2 , y2) โดยที่ $x1 \neq x2$, m เป็นความชันของ เส้นตรง L ก็ต่อเมื่อ

$$m = (y1 - y2) / (x1 - x2) \qquad (2.4)$$

2.7.3 เส้นตรงสองเส้นตัดกัน

ขั้นตอนการหาจุดตัดของเส้นตรงสองเส้นจากสมการเส้นตรง $y = mx + c$

$$L_1 \quad : \quad y_1 = m_1x_1 + c_1 \tag{2.5}$$

$$L_2 \quad : \quad y_2 = m_2x_2 + c_2 \tag{2.6}$$

โดยที่ m_1 คือความชันของเส้นตรงที่ 1

m_2 คือความชันของเส้นตรงที่ 2

คำนวณหาค่าของ c_1 และ c_2

$$c_1 = y_1 - (m_1) * x_1 \tag{2.7}$$

$$c_2 = y_3 - (m_2) * x_3 \tag{2.8}$$

จากนั้นนำไปหาจุดตัด (x , y)

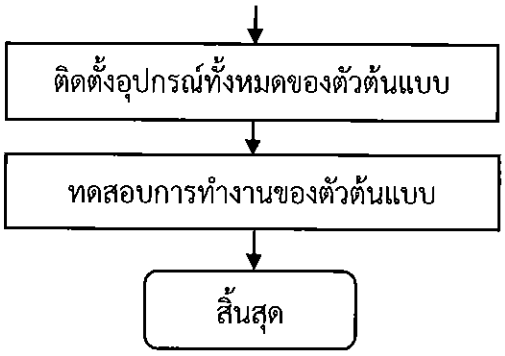
$$\text{intersection_x} = (c2 - c1) / (m1 - m2) \tag{2.9}$$

$$\text{intersection_y} = m1 * \text{intersection_x} + c1 \tag{2.10}$$

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

ในการสร้างโต๊ะแห่งการเรียนรู้จากการสัมผัสเรื่องแสง หัวข้อการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี (Tangible User Interface Table: The Learning of Light Reflection and Color Addition) มีขั้นตอนในการดำเนินการโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ขั้นตอนการพัฒนาฮาร์ดแวร์ ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนที่รับอินพุทไปประมวลผลยังคอมพิวเตอร์ รวมทั้งใช้แสดงผลเอาท์พุทตามเงื่อนไขของซอฟท์แวร์ และขั้นตอนการพัฒนาซอฟต์แวร์ ที่พัฒนาขึ้นเพื่อประมวลผลภาพอินพุทที่รับเข้ามาจากกล้อง รวมทั้งประมวลผลตามเงื่อนไขของโปรแกรม ก่อนนำไปแสดงยังส่วนฮาร์ดแวร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการพัฒนาฮาร์ดแวร์

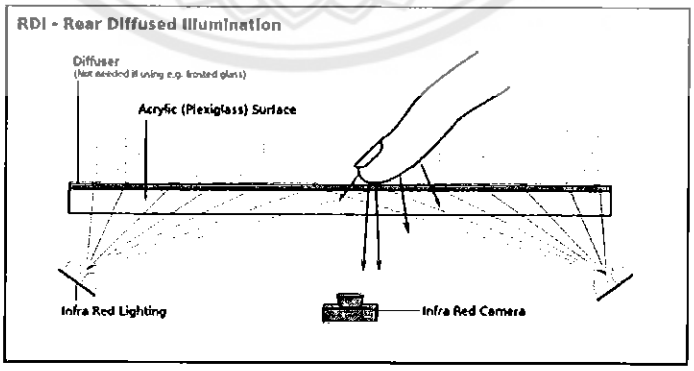


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการพัฒนาฮาร์ดแวร์

จากรูปที่ 3.1 เป็นการแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการพัฒนาในส่วนของฮาร์ดแวร์ เพื่อนำไปใช้ทดลองและใช้แสดงผลการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี จากการประมวลผลของซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้น โดยเริ่มจากการศึกษาค้นคว้าหลักการออกแบบ การสร้างตัวต้นแบบ การดัดแปลงอุปกรณ์ การติดตั้งอุปกรณ์จนถึงขั้นตอนทดสอบการทำงาน ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาค้นคว้าหลักการเกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างตัวต้นแบบ

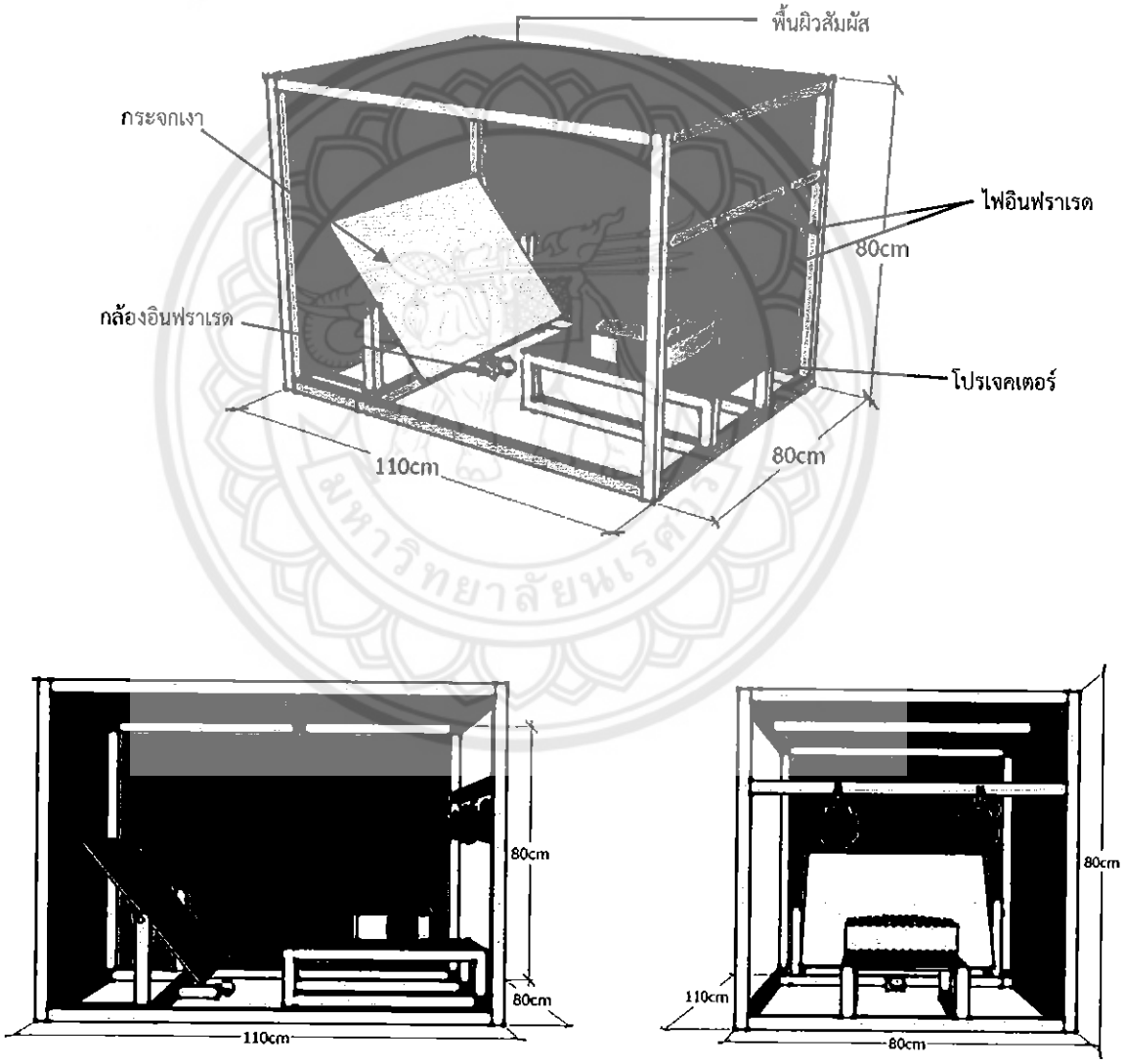
การสร้างตัวต้นแบบด้านฮาร์ดแวร์นั้น มีวิธีในการสร้างหลายวิธีและแต่ละวิธีจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป ซึ่งผู้จัดทำเลือกวิธีที่เหมาะสมและได้นำมาประยุกต์ใช้ นั่นคือเป็นวิธีการสร้างโดยอาศัยหลักการส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลัง (Rear Diffused Illumination : Rear DI) เพราะเป็นวิธีที่สามารถตรวจจับวัตถุที่อยู่ด้านบนพื้นผิวได้ แบ่งจำแนกชนิดของวัตถุได้ว่าวัตถุนั้นคืออะไร และวัสดุที่ใช้ในการสร้างตัวต้นแบบมีราคาไม่แพง โดยหลักของการสร้างจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เทคนิคแบบ Rear Diffused Illumination
ที่มา: http://sethsandler.com/multitouch/reardi/

3.1.2 ออกแบบขนาดและโครงสร้างของตัวต้นแบบ

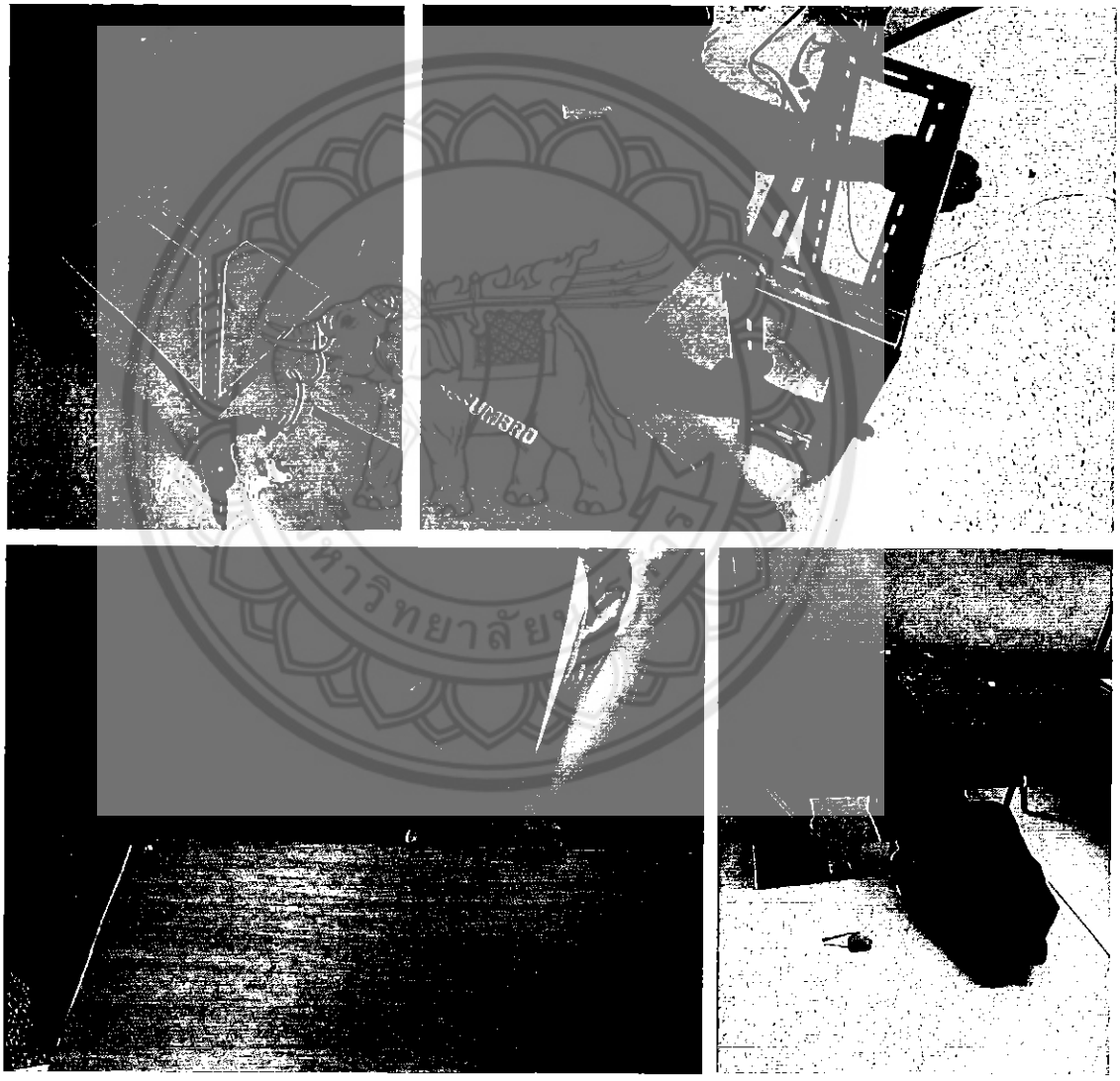
การออกแบบโครงสร้าง และชิ้นส่วนต่างๆของตัวต้นแบบนั้น ได้ออกแบบตามหลักการส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลัง (Rear Diffused Illumination : Rear DI) ซึ่งเป็นวิธีที่ต้องเอาไฟอินฟราเรด กล้องอินฟราเรด กระจกเงา และโปรเจคเตอร์ไว้ด้านในของตัวต้นแบบ ทางผู้จัดทำได้คำนวณขนาดของต้นแบบ ตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ แล้วออกแบบก่อนสร้างตัวต้นแบบจริงโดยใช้โปรแกรม SketchUp ซึ่งเป็นโปรแกรมออกแบบรูปภาพ 3 มิติ เพื่อให้การสร้างตัวต้นแบบจริงมีรูปแบบที่แน่นอน ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ออกแบบขนาดและโครงสร้างของตัวต้นแบบ ออกแบบด้วยโปรแกรม SketchUp

3.1.3 ขั้นตอนการสร้างตัวต้นแบบ

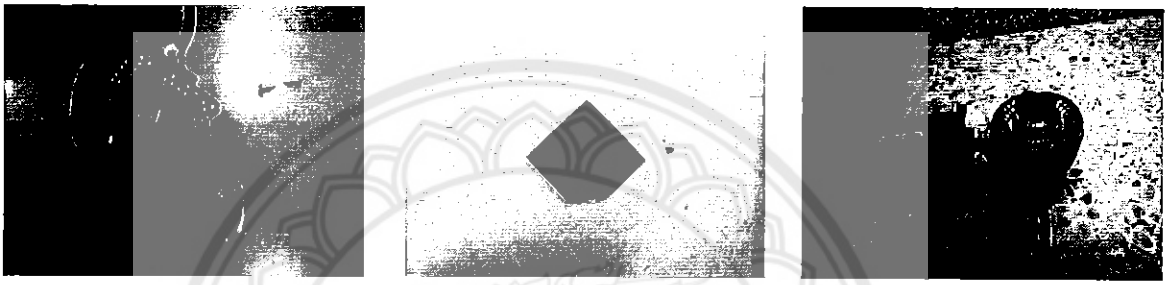
ในการสร้างตัวต้นแบบ หลังจากที่ได้ออกแบบไว้ในโปรแกรม SketchUp แล้ว ผู้จัดทำได้เลือกใช้เหล็กฉากแบบเจาะรูมาสร้างเป็นโครงของต้นแบบ เนื่องจากมีราคาถูกและหาซื้อได้ทั่วไป โดยขนาดของตัวต้นแบบมีขนาดความกว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 110 เซนติเมตร และสูง 80 เซนติเมตร ส่วนพื้นผิวด้านบนของตัวต้นแบบ จะใช้แผ่นอะคริลิค และส่วนรอบๆ ของตัวต้นแบบ จะใช้ไม้อัดแผ่นปิดล้อมรอบไว้โดยใช้น็อตยึดเพื่อความสวยงามและความเป็นระเบียบเรียบร้อย จะเห็นกระบวนการสร้างดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การสร้างตัวต้นแบบ

3.1.4 วิธีการดัดแปลงกล้อง Webcam เป็นกล้องอินฟราเรด

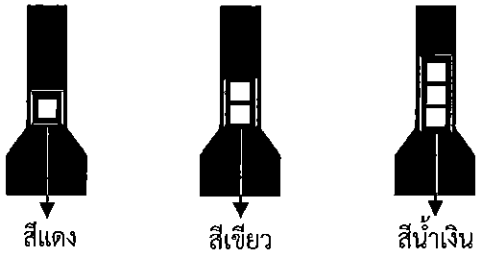
เนื่องจากระบบที่ผู้จัดทำสร้างขึ้นนี้จำเป็นต้องใช้กล้องอินฟราเรด เพื่อใช้เป็นส่วนรับภาพอินพุท แต่ด้วยเหตุที่ว่ากล้องอินฟราเรดนั้นมีราคาแพง หาซื้อได้ยาก จึงจำเป็นต้องประยุกต์อุปกรณ์ที่สามารถดัดแปลงเป็นกล้องอินฟราเรดได้ ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงได้นำเอากล้อง Webcam มาดัดแปลง โดยการถอดชิ้นส่วนเพื่อนำเอาแผ่นกรองแสงอินฟราเรดออก แล้วนำเอาแผ่นฟิล์มเนกาทีฟ หรือแผ่นแม่เหล็กสีดำทรงกลมที่อยู่ภายในฟลอปปี้ดิสก์ (Floppy Disk) ใส่เข้าไปแทนแผ่นกรองแสงอินฟราเรด และนำมาติดไว้บริเวณหน้าเลนส์กล้องอีกหนึ่งชั้น จากนั้นก็ประกอบชิ้นส่วนของกล้องเข้าที่เดิม ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การดัดแปลงกล้องเว็บแคมเป็นกล้องอินฟราเรด

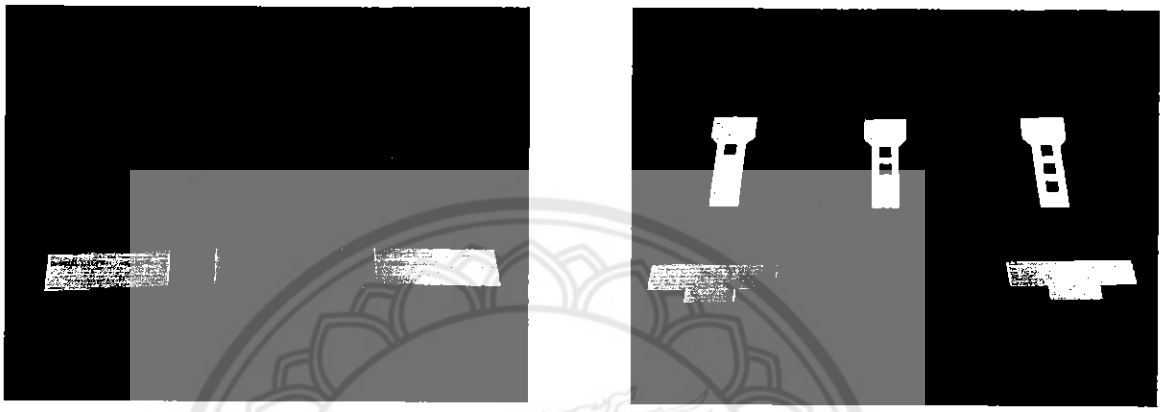
3.1.5 ออกแบบและสร้างวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง

ในการออกแบบและสร้างวัตถุที่ใช้เป็นตัวแทนของอินพุทจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงและประเภทตัวแทนการสะท้อนแสง โดยวัตถุประเภทตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงจะมีรูปทรงคล้ายไฟฉาย ด้านบนจะมีสีกำกับไว้ ด้านล่างไฟฉายแต่ละสีจะมีรูอยู่แตกต่างกันเพื่อจำแนกสี ส่วนประเภทตัวแทนการสะท้อนแสงจะมีลักษณะเป็นรูปทรงสีเหลี่ยมผืนผ้า ด้านล่างจะมีสัญลักษณ์รูปตัว T ซึ่งด้านส่วนหัวของตัว T จะเป็นด้านที่ใช้สะท้อนแสง ซึ่งได้มีการออกแบบแล้วทดลองสร้างจากกระดาษแข็ง แล้วสร้างจริงด้วยแผ่นอะคริลิค ดังรูปที่ 3.6 – รูปที่ 3.9

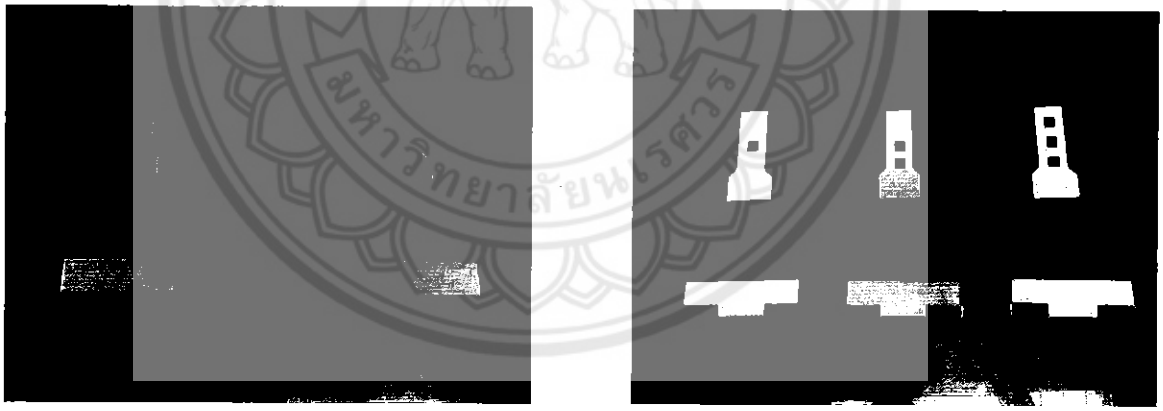


รูปที่ 3.6 ออกแบบวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง มีทั้งหมด 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน

รูปที่ 3.7 ออกแบบวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง



รูปที่ 3.8 สร้างวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงจากกระดาษแข็ง



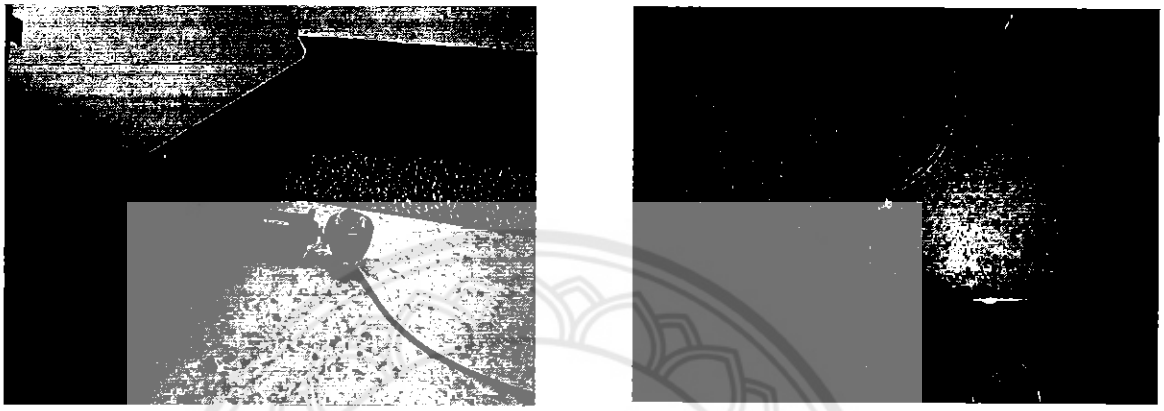
รูปที่ 3.9 สร้างวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงจากแผ่นอะคริลิค

3.1.6 ติดตั้งอุปกรณ์ไว้ภายในตัวต้นแบบ

ในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ จะติดตั้งตามหลักการของการส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลัง (Rear Diffused Illumination : Rear DI) ซึ่งต้องมีความระมัดระวัง และต้องมีความแม่นยำในเรื่องของตำแหน่ง รวมถึงองศาของการติดตั้ง ซึ่งจะแบ่งได้ดังนี้

3.1.6.1 การติดตั้งกล้องอินฟราเรด

การติดตั้งกล้องอินฟราเรดจะติดตั้งให้อยู่ด้านในของตัวต้นแบบบริเวณด้านล่างกระจก ซึ่งจะตรงกับตำแหน่งกึ่งกลางของพื้นผิวด้านบน เพื่อที่จะสามารถรับภาพจากพื้นผิวด้านบนได้อย่างทั่วถึง โดยการติดตั้งจะใช้เหล็กฉากยึดกับฐานของกล้องด้วยน็อต ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การติดตั้งกล้องอินฟราเรด

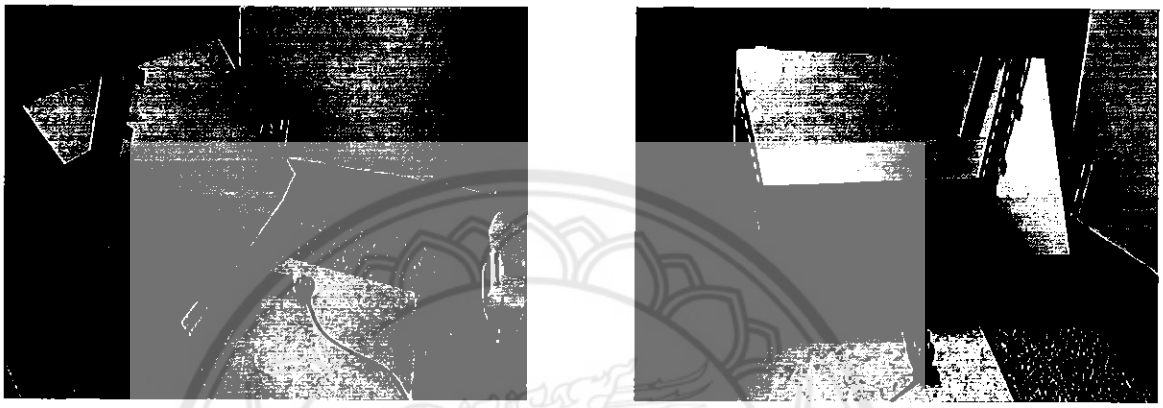
3.1.6.2 การติดตั้งไฟอินฟราเรด

การติดตั้งไฟอินฟราเรด จะต้องติดตั้งให้แสงของอินฟราเรดสะท้อนไปที่พื้นผิวของตัวต้นแบบจากด้านล่าง เพื่อให้วัตถุที่จะนำมาวางบนพื้นผิวสะท้อนกับแสงของอินฟราเรด จากนั้นกล้องอินฟราเรดก็ด้านล่างจะสามารถมองเห็นวัตถุได้ ซึ่งความสว่างของไฟอินฟราเรดจะส่งผลต่อความชัดเจนของวัตถุ ดังนั้นไฟอินฟราเรดที่ใช้ควรจะมีความสว่างที่พอดี ส่องสว่างอยากสม่ำเสมอและทั่วถึง จึงทำการติดตั้งไว้บริเวณเหนือโปรเจคเตอร์และมีทิศทางส่องไปยังใต้พื้นผิวแสดงผล ดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 การติดตั้งไฟอินฟราเรด

3.1.6.3 การติดตั้งกระจกเงา

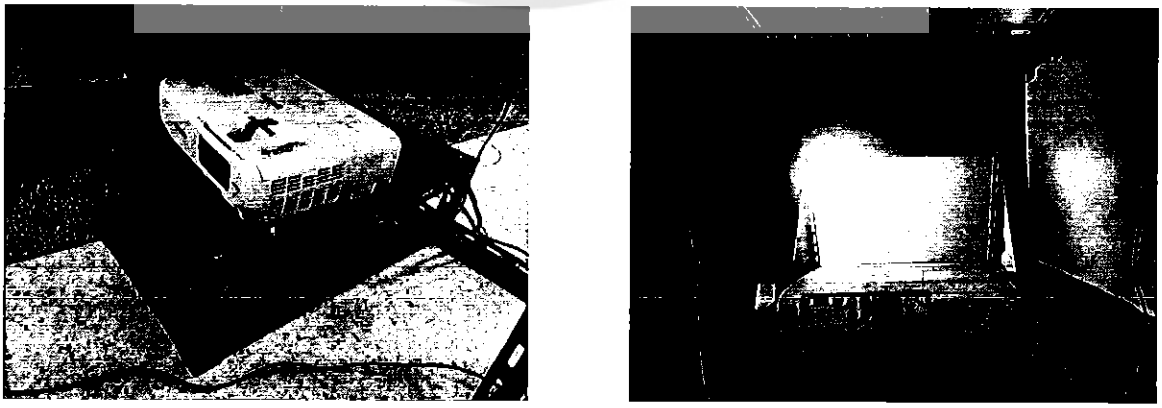
การติดตั้งกระจกเงาจะติดตั้งไว้ด้านในของตัวต้นแบบ เอียงทำมุมตามความเหมาะสม โดยจะปรับให้สะท้อนภาพจากโปรเจคเตอร์ไปยังพื้นผิวด้านบน ในระนาบที่พอดี โดยต้องทดลองฉายแสงจากโปรเจคเตอร์มาสะท้อน จากนั้นดูผลลัพธ์ตำแหน่งด้านบนพื้นผิว เมื่อได้องศาแล้วจะยึดตำแหน่งกระจกด้วยน็อตทั้งสองข้าง ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การติดตั้งกระจกเงา

3.1.6.4 การติดตั้งโปรเจคเตอร์

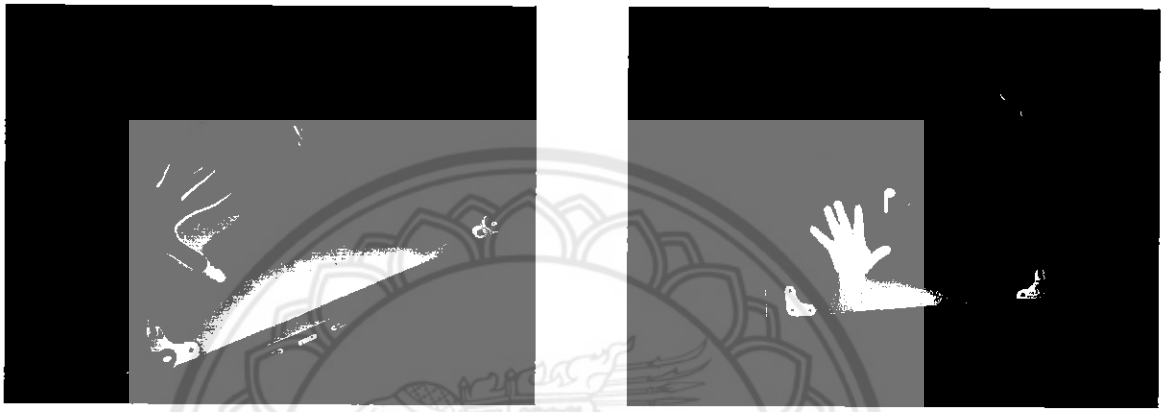
การติดตั้งโปรเจคเตอร์ จะมีฐานวางที่สร้างไว้ด้านในของตัวต้นแบบ โดยจะวางให้หันไปยังกระจกเงาเพื่อที่จะสะท้อนภาพขึ้นไปยังด้านบนพื้นผิว ซึ่งการวางตำแหน่งของโปรเจคเตอร์จะส่งผลอย่างมากต่อภาพที่ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้ความแม่นยำและระมัดระวังอย่างมาก ในส่วนคุณสมบัติของโปรเจคเตอร์ที่ใช้คือ โปรเจคเตอร์ที่ต้องสามารถปรับคีย์สโตนหรือปรับภาพสะท้อนที่มีมุมเอียงได้ จะเห็นลักษณะการวางตำแหน่ง ได้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การติดตั้งโปรเจคเตอร์

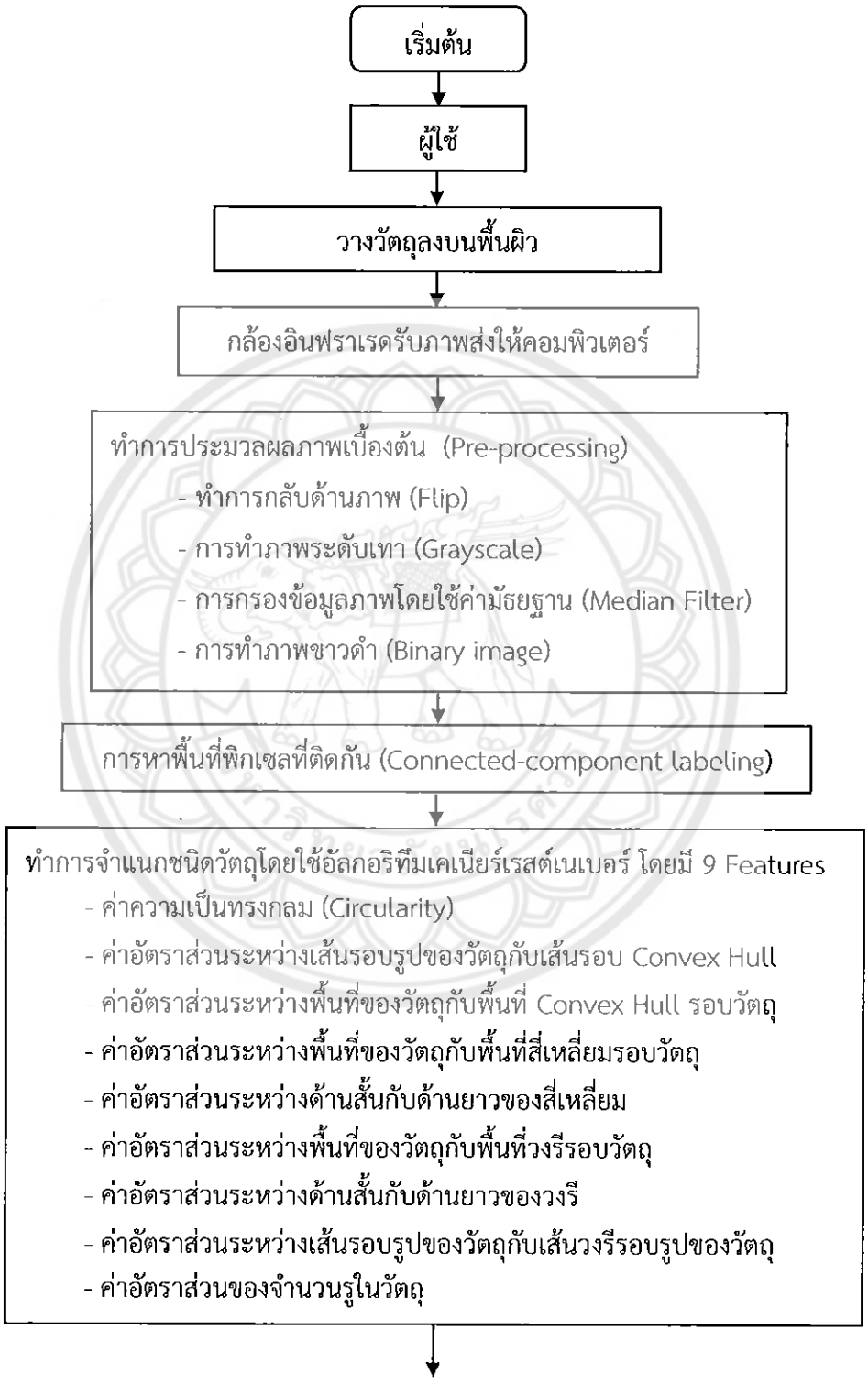
3.1.7 ทดสอบการทำงานของตัวต้นแบบ

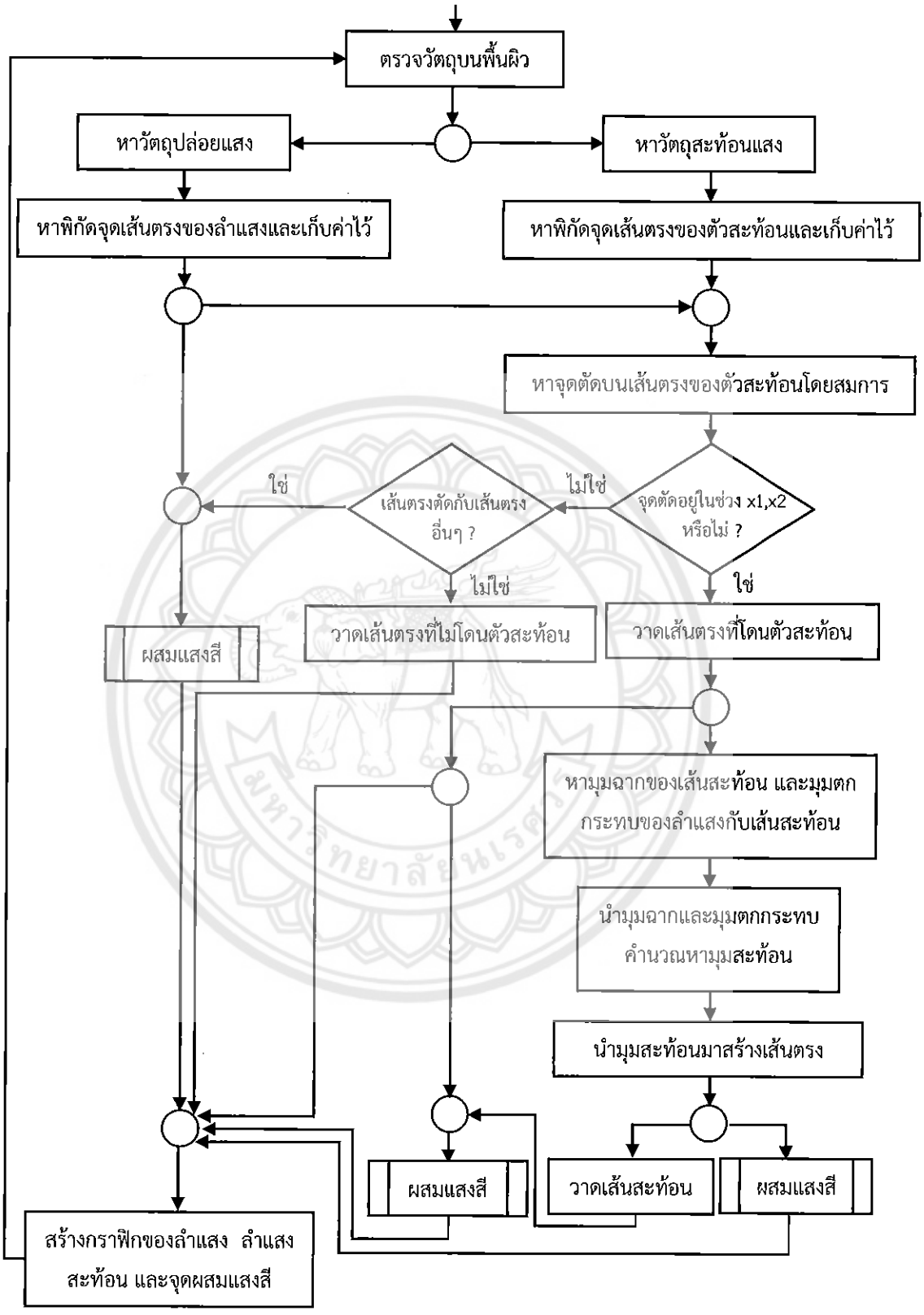
การทำงานโดยรวมของตัวต้นแบบ เมื่อนำวัตถุวางลงบนพื้นผิว กล้องอินฟราเรดด้านล่างจะทำการตรวจจับภาพวัตถุ ซึ่งมีไฟอินฟราเรดช่วยในการส่องสว่าง แล้วนำมาประมวลผลในคอมพิวเตอร์ เมื่อประมวลผลเสร็จจะนำเอาผลลัพธ์แสดงออกไปโดยการฉายภาพจากโปรเจคเตอร์ไปสะท้อนกับกระจกเงาขึ้นไปยังพื้นผิวแสดงของตัวต้นแบบ ทำให้ผู้ใช้งานมองเห็นภาพได้จากพื้นผิวด้านบน ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การทดสอบการทำงานของตัวต้นแบบ

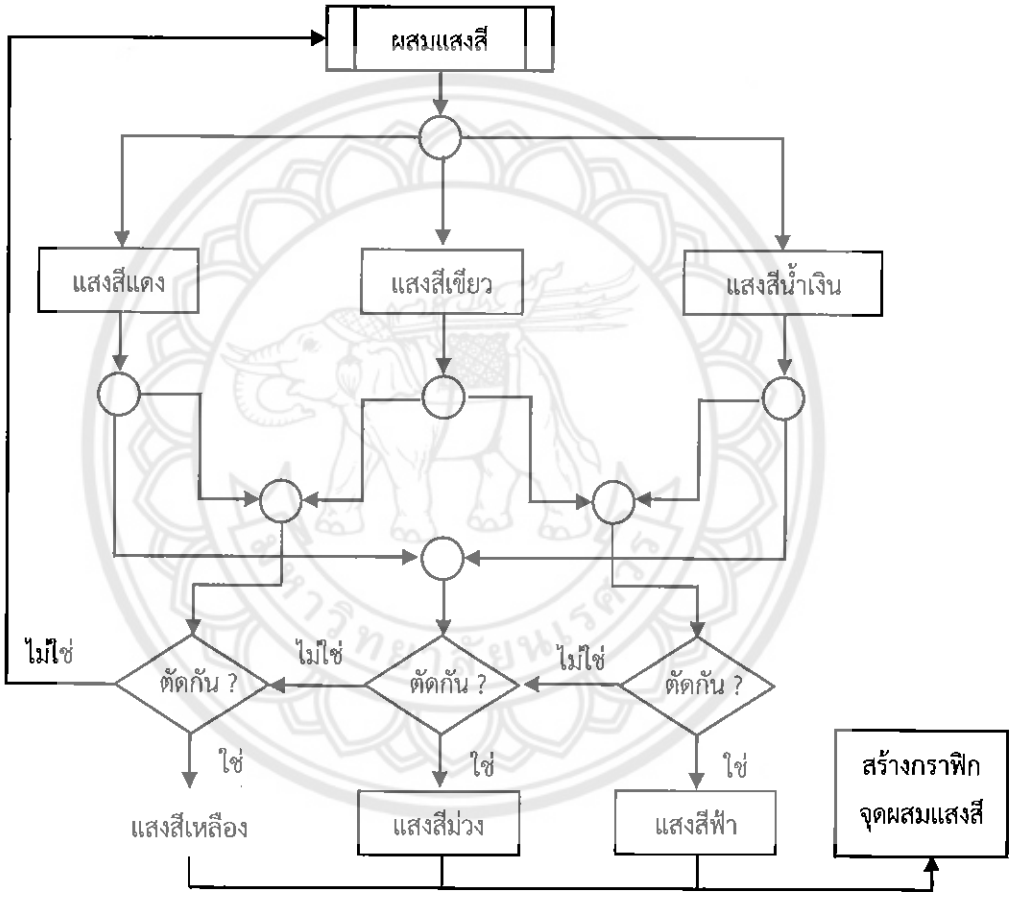
3.2 ขั้นตอนการพัฒนาซอฟแวร์





รูปที่ 3.15 ขั้นตอนการพัฒนาซอฟต์แวร์

จากรูปที่ 3.15 แสดงถึงกระบวนการในการพัฒนาซอฟท์แวร์ เพื่อใช้ในการประมวลผลภาพอินพุทและประมวลผลตามเงื่อนไขของการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี ก่อนนำไปแสดงผลยังฮาร์ดแวร์ โดยเริ่มจากการรับภาพผ่านกล้องอินฟราเรดเข้ามาทำการปรับปรุงภาพเพื่อให้ได้ภาพวัตถุที่ต้องการ โดยเมื่อมีวัตถุเข้ามาจะทำการหาพื้นที่พิกเซลที่ติดกันของวัตถุเพื่อนำมาจำแนกชนิดโดยใช้อัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์ จากนั้นจะมีการหาพิกัดจุดและสมการเส้นตรงของวัตถุแต่ละตัว ซึ่งจะมีการตรวจสอบสมการเส้นตรงแต่ละเส้นว่ามีการตัดกันหรือไม่ หากตัดก็จะมีการประมวลผลเป็นการสะท้อนแสงหรือการผสมแสงสี ซึ่งหลักการผสมแสงสีจะเป็นไปตามหลัก RGB ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 กระบวนการผสมแสงสี

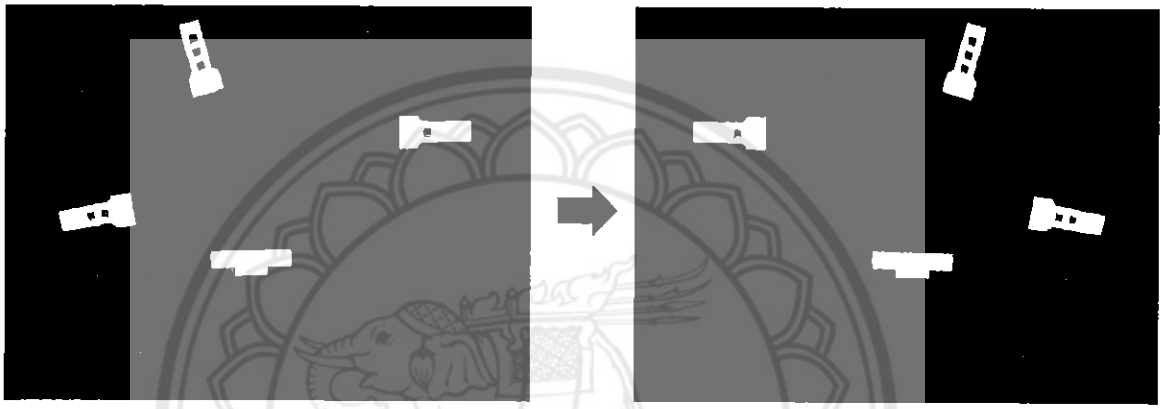
3.2.1 การประมวลผลภาพเบื้องต้น (Pre-processing)

จากกระบวนการทำงานของระบบในส่วนของขั้นตอนการรับภาพอินพุทจากกล้องอินฟราเรดนั้น จะมีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกเช่น แสงจากหลอดไฟ แสงจากดวงอาทิตย์ รวมถึงแสงจากไฟอินฟราเรดที่อาจจะกระจายไม่ทั่วถึง เป็นต้น จึงทำให้

ภาพที่รับเข้ามานั้นมีความไม่ชัดเจน ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงภาพ ให้ได้ภาพที่ชัดเจนเพื่อนำไปประมวลผลได้ถูกต้อง โดยจะมีหลักการดังนี้

3.2.1.1 การกลับภาพ (Flip)

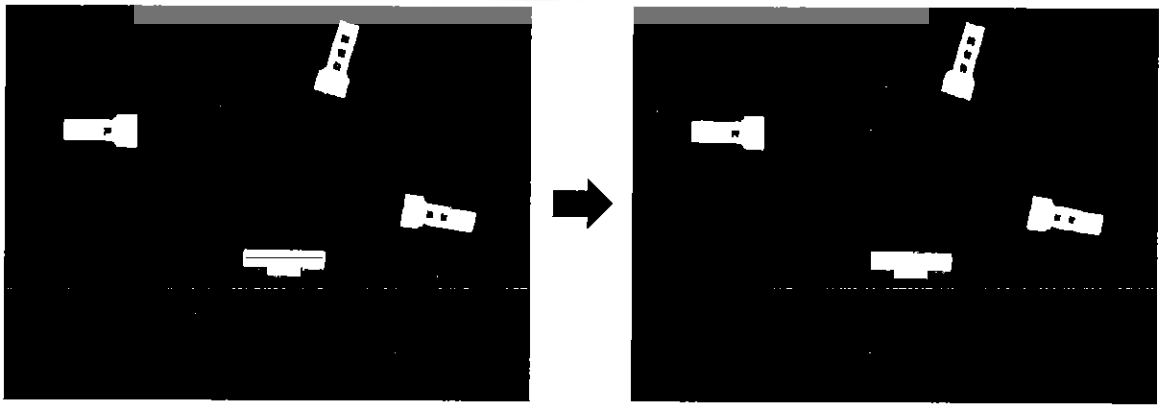
เนื่องจากการฉายภาพจากโปรเจคเตอร์มายังกระจกเพื่อสะท้อนไปยังพื้นผิวนั้น ภาพที่ปรากฏจะเป็นภาพที่กลับด้าน ดังนั้นจึงต้องเขียนโปรแกรมเพื่อกลับภาพให้แสดงผลได้ถูกต้องตามตำแหน่งจริงของวัตถุที่อยู่บนพื้นผิว ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การกลับภาพ

3.2.1.2 การทำภาพระดับเทา (Grayscale)

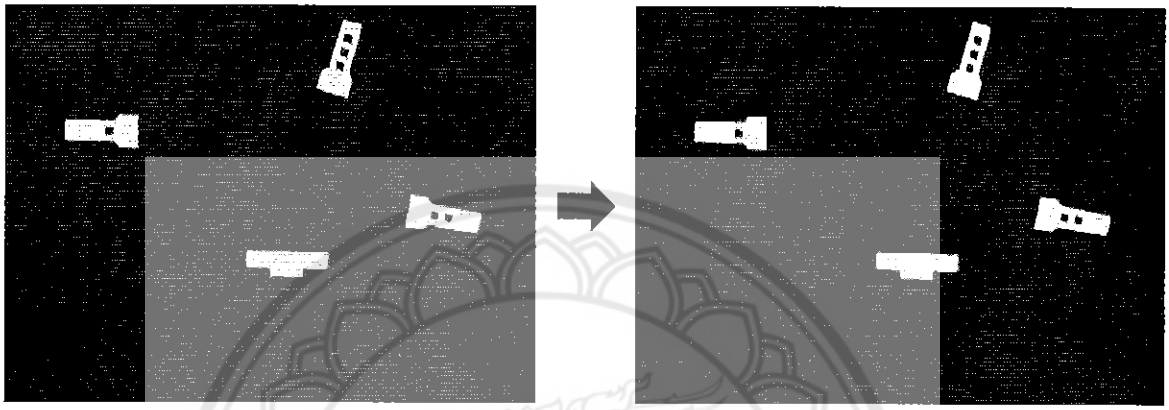
เนื่องจากภาพที่รับจากกล้องอินฟราเรดจะเป็นภาพสีที่คล้ายภาพระดับเทา แต่ไม่ใช่ภาพระดับเทา จึงจำเป็นต้องแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทา ซึ่งเป็นการลดแชนแนล (Channel) ของสีเพื่อลดการคำนวณลง ประมวลผลต่อได้รวดเร็วขึ้น และนำภาพไปใช้เขียนโปรแกรมต่อได้สะดวกขึ้น ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การทำภาพระดับเทา

3.2.1.3 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median Filter)

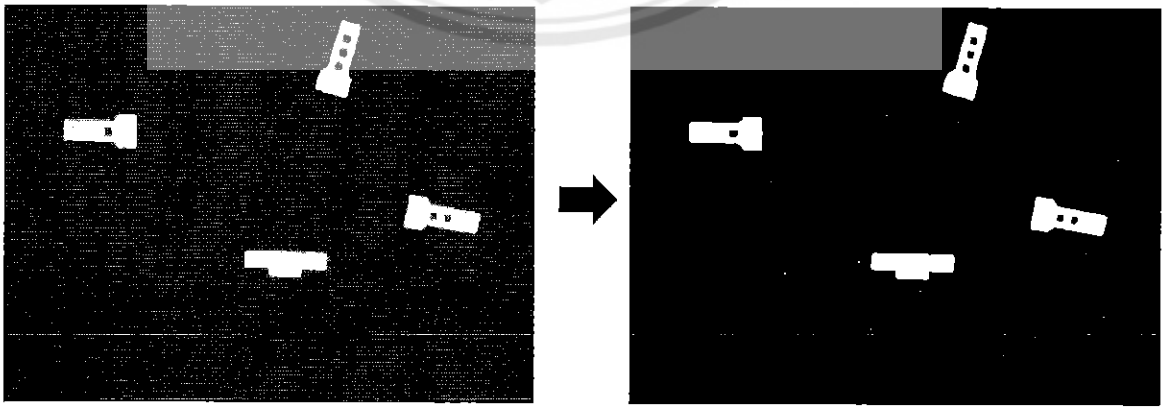
การรับภาพเข้ามาจากกล้องอินฟราเรด จะยังคงมีสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากข้อจำกัดของกล้องและสภาพแวดล้อมภายนอกซึ่งจะให้มีสัญญาณรบกวนกระจัดกระจายทั่วภาพ ดังนั้นจึงต้องทำการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน ซึ่งจะทำให้ภาพเรียบขึ้น สัญญาณรบกวนลดลง ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน

3.2.1.4 การทำภาพขาวดำ (Binary image)

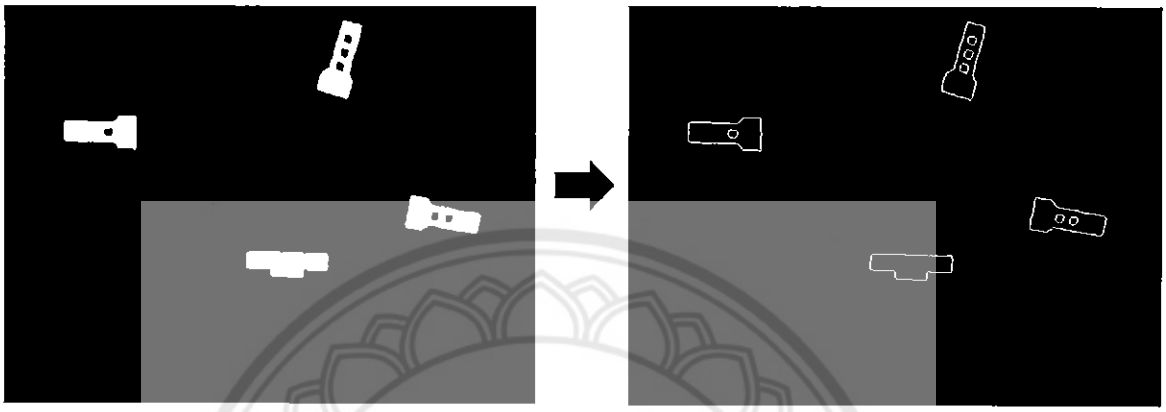
ในบางครั้งภาพที่ได้จะมีเส้นขอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่เส้นขอบจริงตามต้องการ เนื่องมาจากสัญญาณรบกวนหรือลวดลายพื้นผิวอื่นๆ ของวัตถุ ดังนั้นเพื่อที่จะเอาเฉพาะเส้นขอบหรือวัตถุที่เราต้องการจึงจำเป็นต้องกำหนดค่า Threshold ขึ้นมาเพื่อแบ่งค่าของพิกเซลให้เหลือเพียง 2 ค่าคือ 0 กับ 1 ทำให้มองเห็นวัตถุที่สนใจได้ชัดเจน ซึ่งจากรูปที่ 3.20 จากเห็นว่าส่วนวัตถุที่เราสนใจจะถูกปรับให้เป็นสีขาว (ค่า 1) และส่วนอื่นๆ ที่ไม่เราสนใจจะถูกปรับเป็นสีดำ (ค่า 0)



รูปที่ 3.20 การทำภาพขาวดำ

3.2.2 การหาพื้นที่พิกเซลที่ติดกัน (Connected-component labeling)

เมื่อทำการปรับปรุงภาพแล้ว จะนำภาพที่ได้มาทำการหาพื้นที่พิกเซลที่ติดกัน ทำให้ทราบว่าพิกเซลที่ตำแหน่งนั้นเป็นของวัตถุชนิดใด ซึ่งจะนำไปหาคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุชนิดนั้นได้ และนำข้อมูลไปประมวลผลเพื่อแยกชนิดของวัตถุนั้นๆ ได้ โดยผลลัพธ์จะออกมาดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การหาพื้นที่พิกเซลที่ติดกัน

3.2.3 การจำแนกชนิดวัตถุ (Object Segmentation)

ในการจำแนกวัตถุจะจะมีการคำนวณค่าคุณลักษณะต่างๆ ของวัตถุ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจำแนกวัตถุแต่ละชนิด โดยการใช้อัลกอริทึม K-Nearest Neighbors ในการจัดกลุ่มข้อมูล ซึ่งคุณลักษณะที่ใช้จำแนกวัตถุนั้น มีทั้งหมด 9 คุณลักษณะ ดังนี้

3.2.3.1 ค่าความเป็นทรงกลม (Circularity)

$$\text{Circularity} = \frac{4\pi(\text{Area})}{(\text{Perimeter})^2} \tag{3.1}$$

Area คือ พื้นที่ของวัตถุ

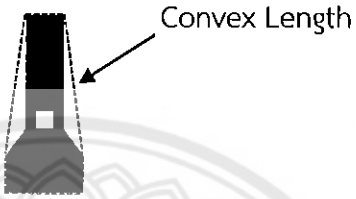
Perimeter คือ ความยาวเส้นรอบรูปของวัตถุ

จากสมการที่ 3.1 เป็นการหาค่า Circularity คือเป็นการคำนวณค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับความยาวเส้นรอบรูปของวัตถุ

3.2.3.2 ค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปของวัตถุกับเส้นรอบ Convex Hull

$$\text{Convexity Ratio} = \frac{\text{Convex Length}}{\text{Perimeter}} \tag{3.2}$$

Convex Length คือ ความยาวเส้นรอบรูปของ Convex Hull



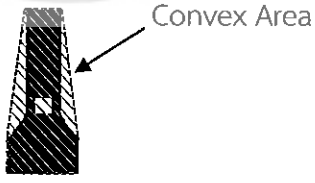
รูปที่ 3.22 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปของวัตถุกับเส้นรอบ Convex Hull

จากรูปที่ 3.22 เป็นการหาค่า Convexity Length คือเป็นการคำนวณค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปวัตถุกับเส้น Convex Hull (เส้นประสีแดง)

3.2.3.3 ค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่ Convex Hull รอบวัตถุ

$$\text{Convexity Area} = \frac{\text{Area}}{\text{Convex Area}} \tag{3.3}$$

Convex Area คือ พื้นที่ของ Convex Hull



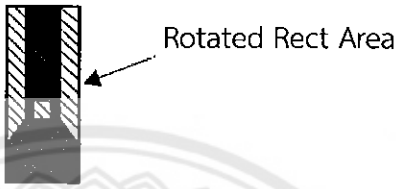
รูปที่ 3.23 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่ Convex Hull รอบวัตถุ

จากรูปที่ 3.23 เป็นการหาค่า Convexity Area คือเป็นการคำนวณอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่ของ Convex Hull (เส้นเฉียง)

3.2.3.4 ค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่สี่เหลี่ยมรอบวัตถุ

$$\text{Rotated Rect Area Ratio} = \frac{\text{Area}}{\text{Rotated Rect Area}} \qquad (3.4)$$

Rotated Rect Area คือ พื้นที่สี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมวัตถุ



รูปที่ 3.24 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่สี่เหลี่ยมรอบวัตถุ

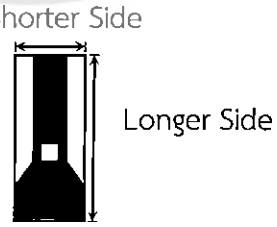
จากรูปที่ 3.24 เป็นการหาค่า Rotated Rect Area Ratio คือเป็นการคำนวณอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่สี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมวัตถุ (เส้นเฉียง)

3.2.3.5 ค่าอัตราส่วนระหว่างด้านสั้นกับด้านยาวของสี่เหลี่ยม

$$\text{Rotated Rect Aspect Ratio} = \frac{\text{Shorter Side}}{\text{Longer Side}} \qquad (3.5)$$

Shorter Side คือ ด้านสั้นของสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมวัตถุ

Longer Side คือ ด้านยาวของสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมวัตถุ



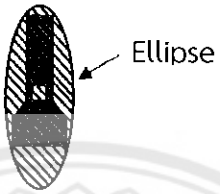
รูปที่ 3.25 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างด้านสั้นกับด้านยาวของสี่เหลี่ยม

จากรูปที่ 3.25 เป็นการหาค่า Rotated Rect Aspect Ratio คือเป็นการคำนวณอัตราส่วนระหว่างด้านสั้นของสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมวัตถุกับด้านยาวของสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมวัตถุ

3.2.3.6 ค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่วงรีรอบวัตถุ

$$\text{Fitted Ellipse Area Ratio} = \frac{\text{Area}}{\text{Ellipse Area}} \qquad (3.6)$$

Ellipse Area คือ พื้นที่วงรีที่ครอบคลุมวัตถุ



รูปที่ 3.26 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่วงรีรอบวัตถุ

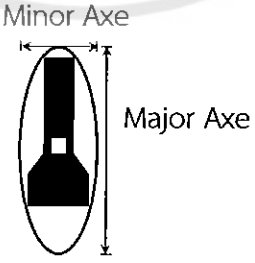
จากรูปที่ 3.26 เป็นการหาค่า Fitted Ellipse Area Ratio คือเป็นการคำนวณอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของวัตถุกับพื้นที่วงรีที่ครอบคลุมวัตถุ (เส้นเฉียง)

3.2.3.7 ค่าอัตราส่วนระหว่างด้านสั้นกับด้านยาวของวงรี

$$\text{Fitted Ellipse Aspect Ratio} = \frac{\text{Minor Axe}}{\text{Major Axe}} \qquad (3.7)$$

Minor Axe คือ ค่าแกนรองของวงรี

Major Axe คือ ค่าแกนหลักของวงรี



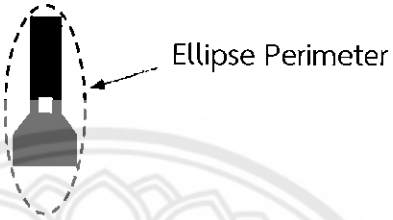
รูปที่ 3.27 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างด้านสั้นกับด้านยาวของวงรี

จากรูปที่ 3.27 เป็นการหาค่า Fitted Ellipse Aspect Ratio คือเป็นการคำนวณอัตราส่วนระหว่างค่าแกนรองของวงรีกับค่าแกนหลักของวงรี

3.2.3.8 ค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปของวัตถุกับเส้นวงรีรอบรูปของวัตถุ

$$\text{Fitted Ellipse Length Ratio} = \frac{\text{Perimeter}}{\text{Ellipse perimeter}} \quad (3.8)$$

Ellipse Perimeter คือ ความยาวเส้นรอบรูปของวงรี



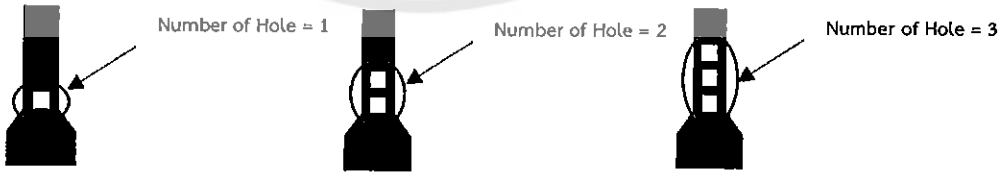
รูปที่ 3.28 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปของวัตถุกับเส้นรอบรูปของวัตถุ

จากรูปที่ 3.28 เป็นการหาค่า Fitted Ellipse Length Ratio คือเป็นการคำนวณอัตราส่วนระหว่างค่าความยาวเส้นรอบรูปของวัตถุกับค่าความยาวเส้นรอบรูปของวงรี

3.2.3.9 ค่าอัตราส่วนของจำนวนรูในวัตถุ

$$\text{Hole Normalized} = \frac{\text{Number of Hole}}{3} \quad (3.9)$$

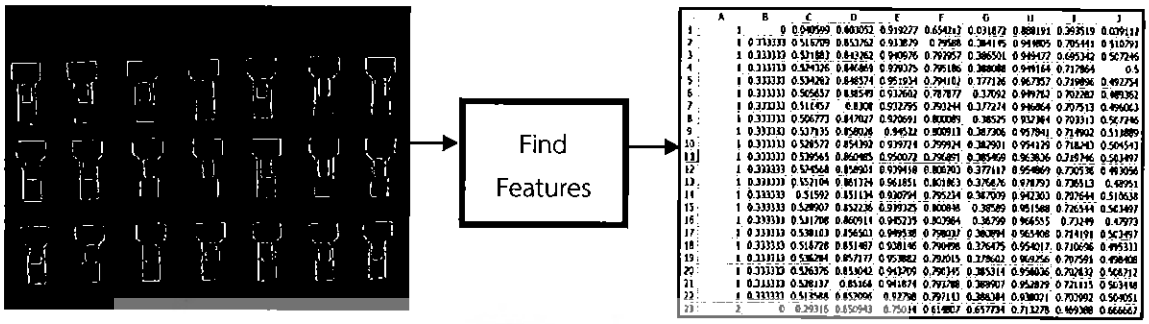
Number of Hole คือ จำนวนรูของวัตถุแต่ละตัว



รูปที่ 3.29 การหาค่าอัตราส่วนของจำนวนรูในวัตถุ

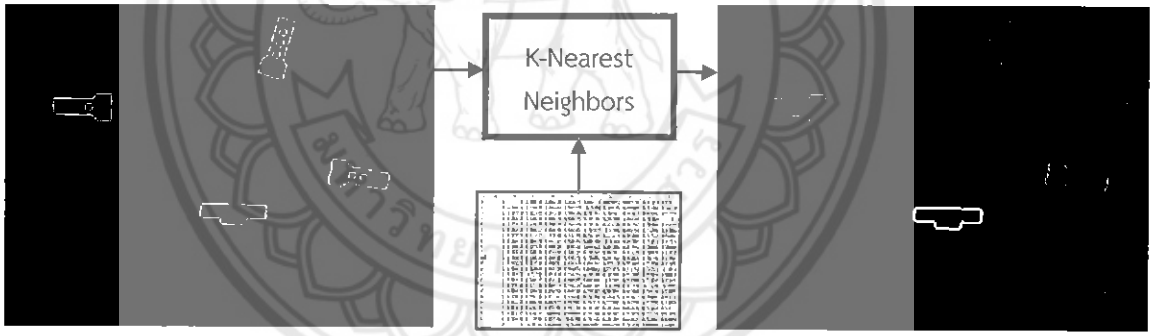
จากรูปที่ 3.29 เป็นการหาค่า Hole Normalized คือเป็นการคำนวณอัตราส่วนระหว่างจำนวนรูในวัตถุกับค่าคงที่ 3 โดยที่ 3 คือค่าจำนวนรูที่มากที่สุดของวัตถุ

ขั้นตอนนี้ทำโดยการนำเอารูปวัตถุที่ทำการหาพื้นที่พิกเซลที่ติดกันของวัตถุหลายๆ วัตถุ มาหาค่าคุณลักษณะทั้ง 9 แล้วบันทึกค่าลงไฟล์ .csv โดยมีกระบวนการ ดังรูป 3.30



รูปที่ 3.30 การหาคุณลักษณะของวัตถุ

เมื่อมีวัตถุเข้ามาใหม่ โปรแกรมก็จะคำนวณหาคุณลักษณะทั้ง 9 แล้วทำการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้ อัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์ เพื่อจะจำแนกได้ว่าวัตถุที่เข้ามาใหม่นั้นเป็นวัตถุชนิดใด ดังรูปที่ 3.31



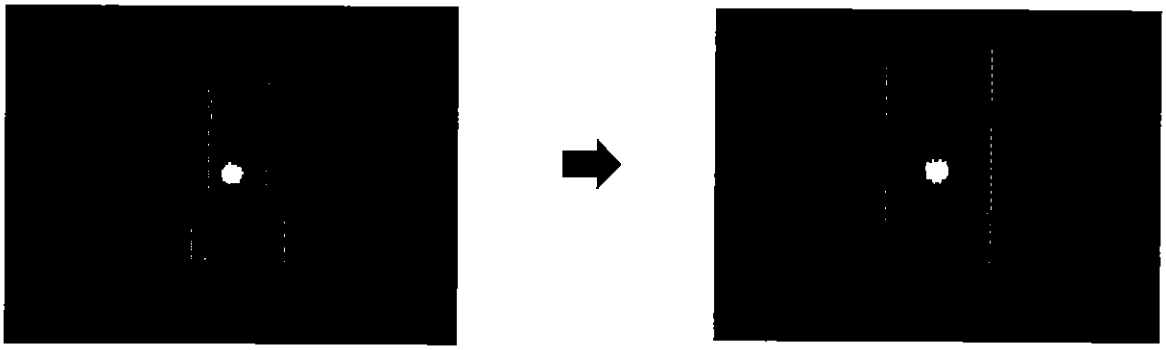
รูปที่ 3.31 ตัวอย่างการจำแนกวัตถุแต่ละชนิด

3.2.4 สมการเส้นตรงของวัตถุ

ในการประมวลผลตามเงื่อนไขของระบบ จำเป็นต้องรู้สมการเส้นตรงของวัตถุแต่ละชนิดที่อยู่บนพื้นผิว ซึ่งมีวิธีการดังนี้

3.2.4.1 วัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง

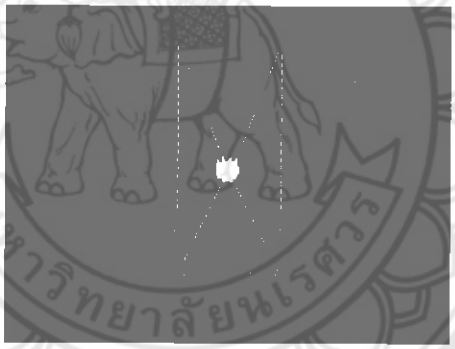
สมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงหาได้โดยเริ่มจากการกำหนดจุดศูนย์กลางของวัตถุ (จุดสีเหลือง) แล้วตีกรอบวัตถุด้วยสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุด (เส้นประสีแดง) ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 การกำหนดจุดศูนย์กลางและตีกรอบที่เล็กที่สุดให้วัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิด

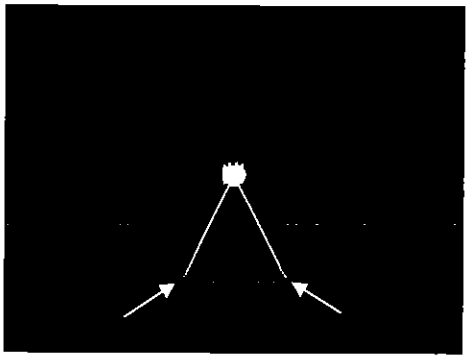
หาระยะทางจากจุดศูนย์กลางวัตถุไปยังมุมของสี่เหลี่ยมดังรูปที่ 3.33 โดยคำนวณจากสูตรการหาระยะทางระหว่างจุด

$$\text{ระยะทางระหว่างจุด} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2+(y_1 - y_2)^2} \qquad (3.10)$$



รูปที่ 3.33 การหาระยะทางจากจุดศูนย์กลางวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดไปยังมุมของสี่เหลี่ยม

จะได้จุดสองจุดที่ใกล้กับจุดกึ่งกลางมากที่สุด ซึ่งเป็นสองจุดของบริเวณส่วนหัววัตถุดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 จุดสองจุดที่ใกล้จุดศูนย์กลางวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงมากที่สุด

นำจุดสองจุดที่ใกล้จุดศูนย์กลางวัตถุมากที่สุดมาคำนวณหาจุดกึ่งกลางระหว่างสองจุด โดยคำนวณจาก

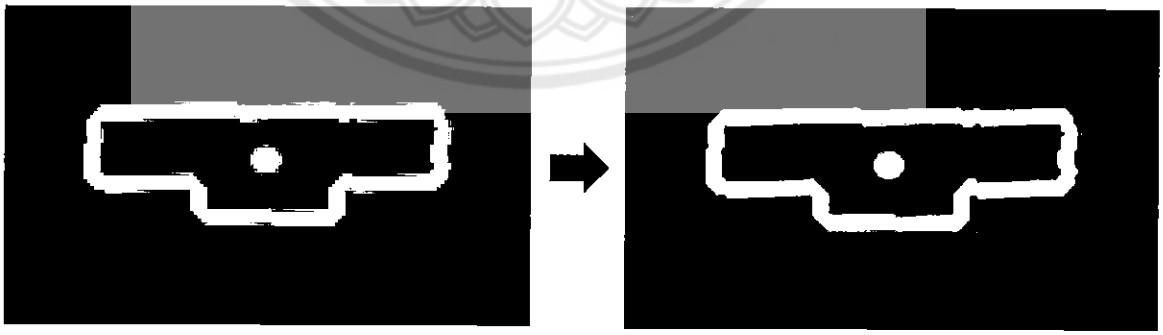
$$\text{จุดกึ่งกลางระหว่างจุด} = \left(\frac{x_1+x_2}{2}, \frac{y_1+y_2}{2}\right) \quad (3.11)$$

ทำให้ได้จุดสองจุด ได้แก่ จุดศูนย์กลางของวัตถุและจุดกึ่งกลางระหว่างสองจุดที่ใกล้จุดศูนย์กลางวัตถุมากที่สุด (ลูกศรสีขาวชี้) ซึ่งสามารถนำมาสร้างเป็นเส้นตรงของลำแสง โดยจุดทั้งสองจะมีตำแหน่งดังรูปที่ 3.35

รูปที่ 3.35 จุดสองจุดที่ใช้สร้างเส้นตรงของลำแสง

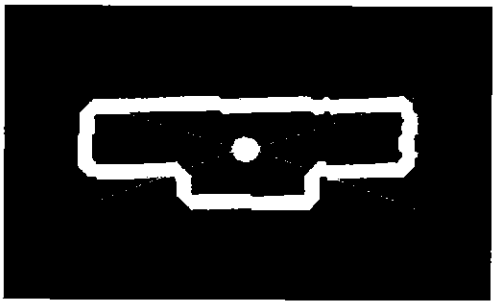
3.2.4.2 วัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง

สมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงหาได้โดยเริ่มจากการกำหนดจุดศูนย์กลางของวัตถุ (จุดสีเหลือง) แล้วตีกรอบวัตถุด้วยสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุด (เส้นประสีแดง) ดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 การกำหนดจุดศูนย์กลางและตีกรอบที่เล็กที่สุดให้วัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง

หาระยะทางจากจุดศูนย์กลางวัตถุไปยังมุมของสี่เหลี่ยมดังรูปที่ 3.37 โดยคำนวณจากสูตรการหาระยะทางระหว่างจุด ตามสมการที่ 3.10



รูปที่ 3.37 การหาระยะทางจากจุดศูนย์กลางวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงไปยังมุมของสี่เหลี่ยม

จะได้จุดสองจุดที่ใกล้กับจุดกึ่งกลางมากที่สุด ซึ่งเป็นสองจุดของบริเวณส่วนหน้าสะท้อนแสงของวัตถุ สามารถนำมาสร้างเป็นเส้นตรงของหน้าสะท้อน ดังรูปที่ 3.38

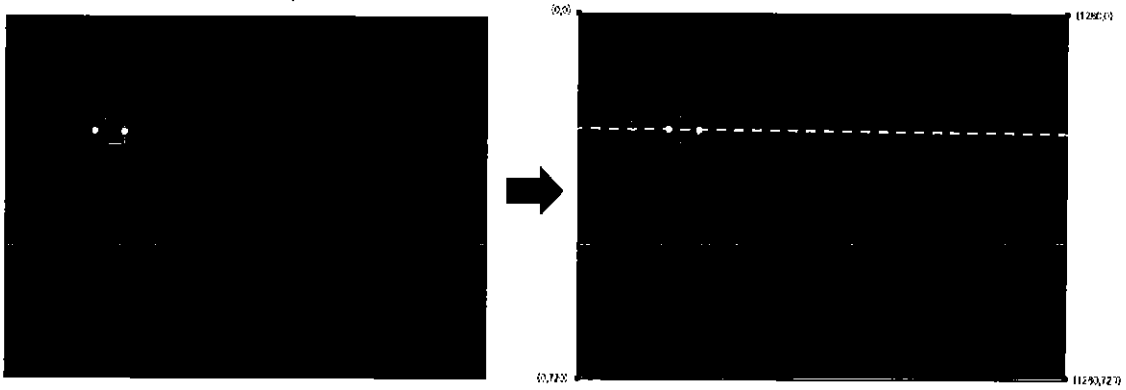
รูปที่ 3.38 จุดสองจุดที่ใกล้จุดศูนย์กลางวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงมากที่สุด

3.2.5 การหาจุดตัดของสมการเส้นตรง

การหาจุดตัดสมการเส้นตรง จะแบ่งออกเป็น 5 ลักษณะคือ

3.2.5.1 สมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกับขอบภาพ

กรณีนี้เป็นการฉายลำแสงออกจากวัตถุตัวแทนแหล่งกำนิดแสง นั่นคือเมื่อวางวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงลงบนพื้นผิว แล้วทิศทางที่ลำแสงพุ่งไปไม่ตัดกับสมการเส้นตรงใดๆ ก็จะเป็นเพียงการฉายลำแสงออกจากวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงไปยังขอบภาพเท่านั้น



รูปที่ 3.39 สมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกับขอบภาพ

จากรูปที่ 3.39 ด้านซ้าย มีจุดศูนย์กลางของวัตถุและจุดกึ่งกลางระหว่างสองจุดที่ใกล้จุดศูนย์กลางวัตถุมากที่สุด (จุดสีเหลือง) ที่แทนให้เป็นจุด (x_1,y_1) และ (x_2,y_2) ตามลำดับ โดยจะมีขอบภาพที่มีพิกัด คือ มุมซ้ายบนของภาพ (0,0) , มุมขวาบนของภาพ (1280,0) , มุมซ้ายล่างของภาพ (0,720) , มุมขวาลางของภาพ (1280,720) จากนั้นสร้างเป็นเส้นตรงแทนขอบของภาพ (เส้นสีแดง) จากนั้นทำการหาจุดตัด โดยกำหนดให้

(x_1,y_1) , (x_2,y_2) แทนเส้นตรงของลำแสง

(x_3,y_3) , (x_4,y_4) แทนเส้นตรงของขอบภาพ

จากสมการเส้นตรง $y = mx + c$ (3.12)

โดยที่ x, y คือตัวแปร

m คือความชันของเส้นตรง, c คือจุดที่เส้นตรงนี้ตัดแกน y

คำนวณหาความชันจาก

$$m_1 = \frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}$$ คือความชันเส้นตรงของลำแสง (3.13)

$$m_2 = \frac{y_4-y_3}{x_4-x_3}$$ คือความชันเส้นตรงของขอบภาพ (3.14)

คำนวณหาค่าของ c จาก

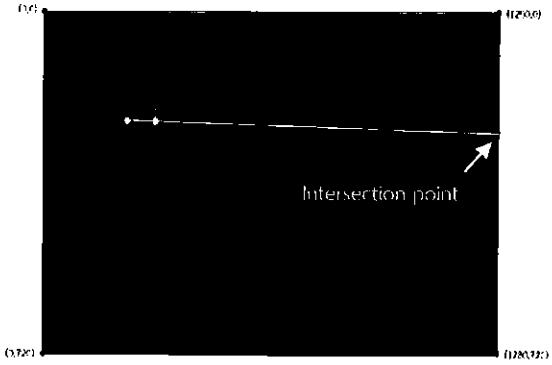
$c_1 = y_1 - (m_1) * x_1$ c ของเส้นตรงของลำแสง (3.15)

$c_2 = y_3 - (m_2) * x_3$ c ของเส้นตรงของขอบภาพ (3.16)

คำนวณจุดตัดแกน x และแกน y

$$\text{จุดตัดบนแกน x} = \frac{c_2 - c_1}{m_1 - m_2}$$ (3.17)

$$\text{จุดตัดบนแกน y} = (m_1 * \text{จุดตัดบนแกน x}) + c_1$$ (3.18)



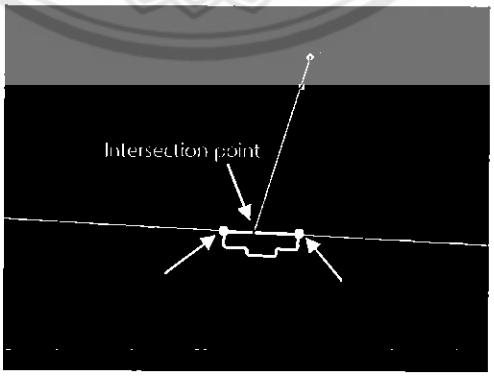
รูปที่ 3.40 แสดงเส้นตรงของลำแสงไปยังจุดตัดขอบภาพ

จากรูปที่ 3.40 เป็นการแสดงเส้นตรงจากลำแสงของวัตถุ ไปตัดยังจุดที่คำนวณได้บริเวณขอบภาพ

3.2.5.2 สมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกับวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง

กรณีนี้เป็นเรื่องของการสะท้อนแสง เมื่อสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกับวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง จะต้องทำการตรวจสอบว่าอยู่ในขอบเขตของหน้าสะท้อนที่กำหนดไว้หรือไม่ หากไม่อยู่ในขอบเขตก็จะไม่เกิดการสะท้อนแสงขึ้น แต่หากอยู่ในขอบเขตจะทำการหาเส้นตั้งฉากระนาบสะท้อน พร้อมทั้งหามุมตกกระทบและมุมสะท้อน

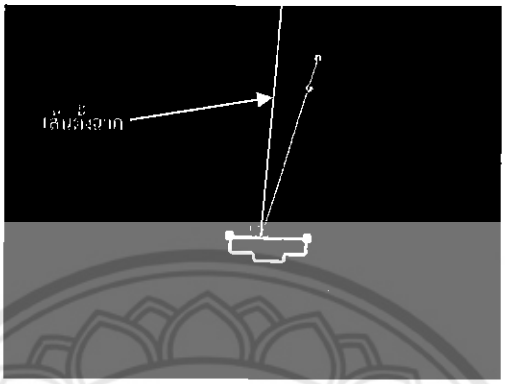
เริ่มจากการหาจุดตัด โดยใช้สมการที่ 3.12 – 3.18 ซึ่งจะทำให้ได้เส้นของลำแสงจากวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงไปตัดกับหน้าสะท้อนของวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง ซึ่งเรียกว่ารังสีตกกระทบ ดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 แสดงเส้นตรงของลำแสงไปยังจุดตัดยังหน้าสะท้อน ในขอบเขตของจุดสองจุด

หลังจากนั้นคำนวณหาเส้นที่ตั้งฉากกับหน้าสะท้อน จะได้ดังรูปที่ 3.42 ซึ่งเส้นตั้งฉากจะมีความชัน คือ

$$\text{ความชันของเส้นตั้งฉาก} = -\frac{1}{\text{ความชันของเส้นสะท้อน}} \qquad (3.19)$$



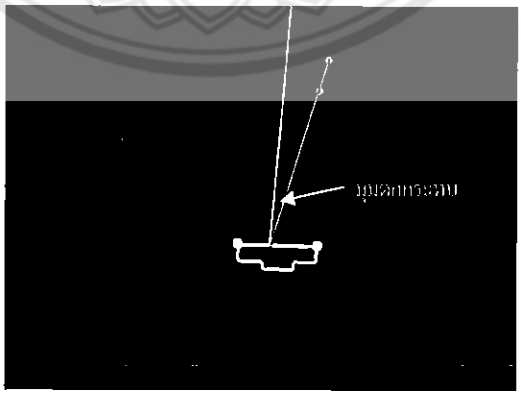
รูปที่ 3.42 แสดงเส้นที่ตั้งฉากกับหน้าสะท้อน

เมื่อรู้เส้นตั้งฉากกับหน้าสะท้อนแล้ว ทำการหามุมระหว่างเส้นตรงของลำแสงกับเส้นตั้งฉากหน้าสะท้อน โดยมีสูตรการคำนวณ คือ

ให้ x_1,y_1 เป็นจุดแรก และ x_2,y_2 เป็นจุดที่สอง

$$\text{angle} = \tan^{-1}(\text{ความชันของเส้นตรง} \times 180 \times \pi) \qquad (3.20)$$

$$\text{มุมตกกระทบ} = \text{มุมของเส้นตั้งฉาก} - \text{มุมของเส้นตรงของลำแสง} \qquad (3.21)$$



รูปที่ 3.43 แสดงมุมตกกระทบ

จากรูปที่ 3.43 แสดงการคำนวณหามุมตกกระทบ โดยใช้มุมของเส้นตั้งฉากลบกับมุมของเส้นลำแสงที่ออกจากวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง

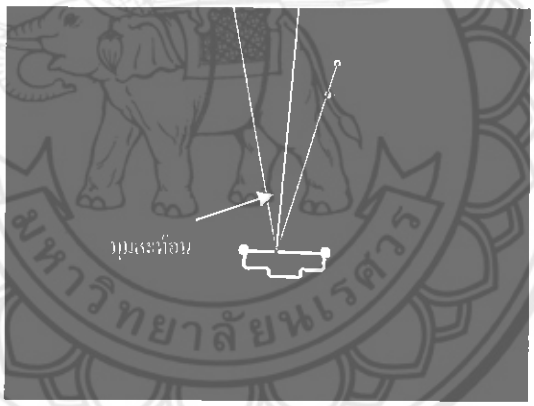
เมื่อรู้มุมตกกระทบแล้ว ทำการคำนวณหามุมสะท้อน จากสูตรการคำนวณ คือ

มุมสะท้อน = มุมของเส้นตั้งฉาก + มุมตกกระทบ (3.22)

นำมุมสะท้อนมาสร้างเป็นเส้นตรง (เส้นสะท้อน) โดยใช้ความชันตามสูตร คือ

$$\text{ความชัน} = \tan\left(\frac{\text{มุมสะท้อน} * \pi}{180}\right) \quad (3.23)$$

นำความชันที่ได้มาสร้างเป็นเส้นตรง ตามสมการที่ 3.12



รูปที่ 3.44 แสดงมุมสะท้อน

จากรูปที่ 3.44 แสดงการคำนวณหามุมสะท้อน โดยใช้มุมของเส้นตั้งฉากบวกกับมุมของเส้นลำแสงที่ออกจากวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง

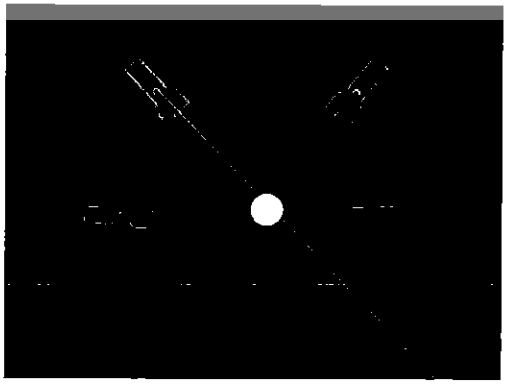
3.2.5.3 สมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกัน

กรณีนี้เป็นเรื่องของการผสมแสงสี โดยการหาจุดตัดของสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงใดๆ ซึ่งการหาจุดตัดสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.12 – 3.18 ทำให้ทราบจุดตัด ดังรูปที่ 3.45

รูปที่ 3.45 การหาจุดตัดของสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงใดๆ

เมื่อรู้จุดตัดของสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงใดๆ จะตรวจสอบว่าจุดที่ตัดเป็นการตัดกันของสีใดบ้าง จากนั้นจะผสมแสงสีที่ตัดกัน ซึ่งจะมีการผสมตามหลัก RGB คือ แดงผสมเขียวเป็นเหลือง เขียวผสมน้ำเงินเป็นฟ้า แดงผสมน้ำเงินเป็นม่วง ดังรูปที่ 3.46 และหากตัดกันทั้ง 3 สี จะผสมแสงเป็นสีขาว ดังรูปที่ 3.47

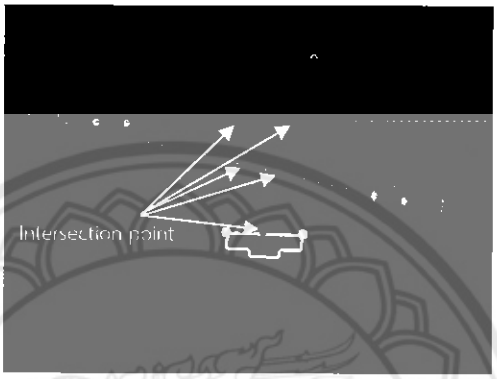
รูปที่ 3.46 การผสมแสงสีที่บริเวณจุดตัดของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงใดๆ



รูปที่ 3.47 การผสมแสงสีเมื่อแสงตัดกัน 3 สี

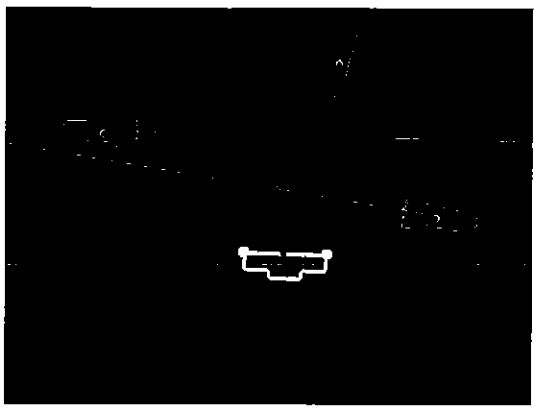
3.2.5.4 สมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกันและสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกับวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง

กรณีนี้เป็นกรณีที่มีทั้งการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี โดยจะมีสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกันเอง และสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกับวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง ซึ่งการหาจุดตัดสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.12 – 3.18 ทำให้ทราบจุดตัด ดังรูปที่ 3.48



รูปที่ 3.48 การหาจุดตัดของสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงใดๆ และจุดตัดของสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกับวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง

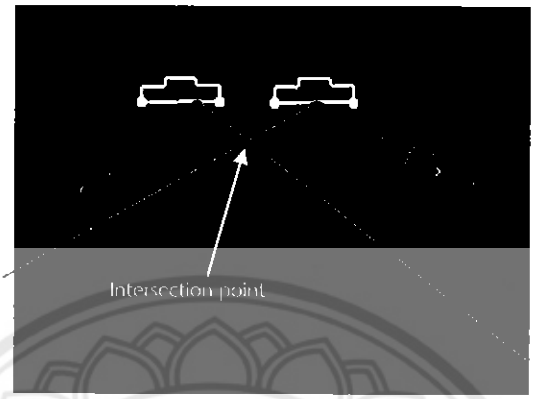
เมื่อรู้จุดตัดของสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงใดๆ จะตรวจสอบว่าจุดที่ตัดเป็นการตัดกันของแสงสีใดบ้าง จากนั้นจะผสมแสงสีที่ตัดกัน ซึ่งจะมีการผสมตามหลัก RGB ส่วนจุดตัดของสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงกับวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง จะต้องทำการตรวจสอบว่าอยู่ในขอบเขตของหน้าสะท้อนที่กำหนดไว้หรือไม่ หากไม่อยู่ในขอบเขตก็จะไม่เกิดการสะท้อนแสงขึ้น แต่หากอยู่ในขอบเขตจะทำการหาเส้นตั้งฉากระนาบสะท้อน พร้อมทั้งหามุมตกกระทบและมุมสะท้อน จึงสามารถแสดงการสะท้อนแสงและการผสมแสงสีได้ ดังรูปที่ 3.49



รูปที่ 3.49 แสดงการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี

3.2.5.5 สมการเส้นตรงของเส้นสะท้อนตัดกัน

กรณีนี้เป็นกรณีที่มีสมการเส้นตรงที่สะท้อนออกจากวัตถุตัวแทนการสะท้อน 2 เส้น มาตัดกัน ซึ่งการหาจุดตัดสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.12 – 3.18 ทำให้ทราบจุดตัด ดังรูปที่ 3.50



รูปที่ 3.50 การหาจุดตัดของสมการเส้นตรงของเส้นสะท้อนตัดกัน

เมื่อทราบจะตรวจสอบว่าจุดที่ตัดเป็นการตัดกันของแสงสีใดบ้าง จากนั้นจะผสมแสงสีที่ตัดกัน โดยจะผสมตามหลัก RGB จึงสามารถผสมแสงสีได้ ดังรูปที่ 3.51

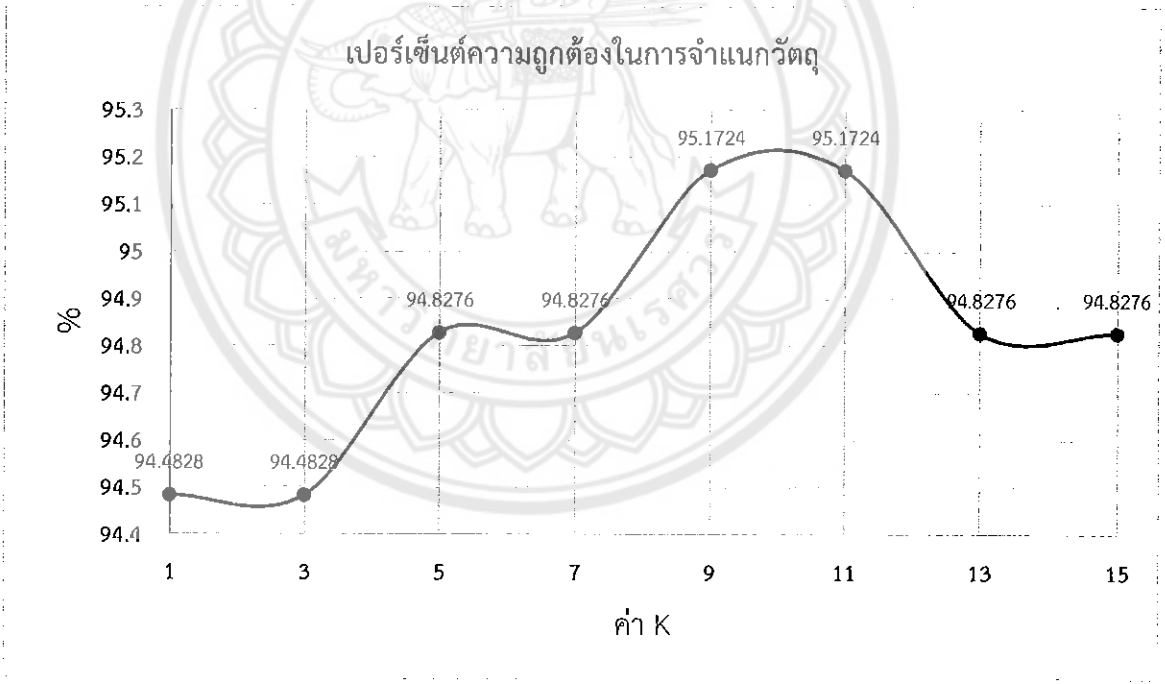
รูปที่ 3.51 แสดงการผสมแสงสีของเส้นสะท้อนที่ตัดกัน

บทที่ 4
ผลการทดลอง

การทดลองของโครงงาน โต๊ะแห่งการเรียนรู้จากการสัมผัสเรื่องแสง หัวข้อการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี ได้แบ่งการทดลองออกเป็น การทดลองการจำแนกชนิดวัตถุ เพื่อดูความถูกต้องการจัดกลุ่มข้อมูลของวัตถุแต่ละชนิดว่ามีผลการจำแนกถูกต้องมากน้อยเพียงใด และการทดลองการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี เพื่อดูความถูกต้องของผลตอบสนองตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการทดลองความแม่นยำของการจำแนกชนิดของวัตถุ

ผู้จัดทำได้ทำการทดลองเพื่อดูความแม่นยำในการจำแนกชนิดของวัตถุ ซึ่งได้ทดลองใช้ค่า K ที่มีค่าเป็นเลขคี่ตั้งแต่ 1 – 15 ซึ่งได้ผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง ดังกราฟที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการจำแนกชนิดวัตถุ

จากกราฟการทดลองจะเห็นว่า หากใช้ค่า K ที่ 9 และ 11 จะทำให้ได้ค่าความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งทำให้ได้รูปการทดลองเป็นการแสดงสีรอบวัตถุเป็นสีต่างๆ ที่จำแนกได้ ดังนี้

4.1.1 กรณีตรวจพบวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง

หากตรวจพบวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง จะจำแนกโดยการแสดงสีของเส้นขอบรอบๆ วัตถุ ซึ่งจะสามารถจำแนกได้ 3 สี ดังนี้

4.1.1.1 ตรวจพบวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงสีแดง

ถ้าผลการจำแนกถูกต้องเส้นขอบรอบๆ วัตถุจะแสดงเป็นสีแดง ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 การจำแนกวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงสีแดง

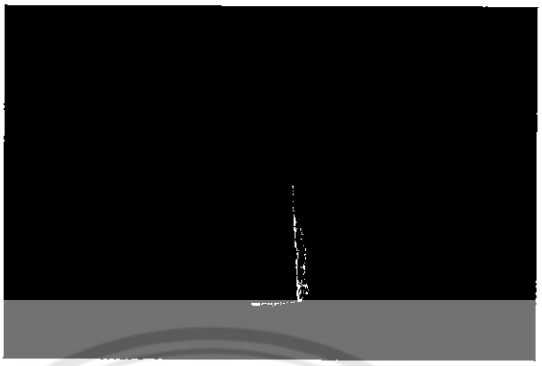
4.1.1.2 ตรวจพบวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงสีเขียว

ถ้าผลการจำแนกถูกต้องเส้นขอบรอบๆ วัตถุจะแสดงเป็นสีเขียว ดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 การจำแนกวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงสีเขียว

4.1.1.3 ตรวจพบวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงสีน้ำเงิน

ถ้าผลการจำแนกถูกต้องเส้นขอบรอบๆ วัตถุจะแสดงเป็นสีน้ำเงิน ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การจำแนกวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงสีน้ำเงิน

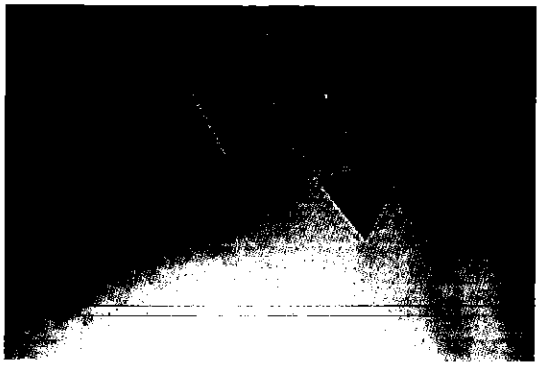
4.1.2 กรณีตรวจพบวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง

หากตรวจพบวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง จะจำแนกโดยการแสดงสีของ**เส้นขอบรอบๆ วัตถุ**เป็นสีขาว ดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 การจำแนกวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง

4.1.3 กรณีตรวจพบวัตถุอื่นๆ

หากตรวจพบวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ใช่วัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง การทดลองจะจำแนกโดยการไม่แสดงสีของเส้นขอบรอบๆ วัตถุนั้น ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การจำแนกวัตถุอื่น

4.1.4 กรณีตรวจไม่พบวัตถุ

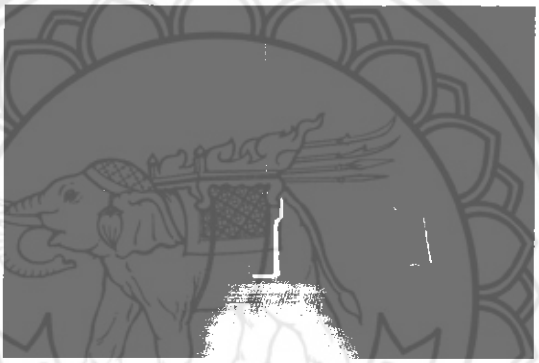
ในกรณีที่การทดลองตรวจไม่พบวัตถุที่อยู่บนพื้นผิว อาจมีสาเหตุมาจากแสงสว่างจากไฟอินฟราเรดกระจายไม่ทั่วถึงหรือมีแสงสว่างที่มากเกินไป รวมถึงอาจมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อมภายนอกอื่นๆ ทำให้กล้องอินฟราเรดไม่สามารถรับภาพในบริเวณที่แสงมีปัญหาได้ จึงทำให้ไม่มีการประมวลผลกับวัตถุนั้น

4.2 ผลการทดลองการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี

จากผลการทดลองจำแนกชนิดของวัตถุ ทำให้ทราบค่า K ที่ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องมากที่สุดแล้ว จึงนำมาใช้ทดลองการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี โดยวางวัตถุลงบนพื้นผิว ซึ่งเมื่อกล้องตรวจพบวัตถุจะมีการกำหนดสมการเส้นตรงให้วัตถุนั้น และต้องตรวจหาว่ามีสมการเส้นตรงใดที่ตัดกันหรือไม่ หากไม่ก็มีเพียงลำแสงปล่อยออกจากวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง แต่ถ้ามีต้องตรวจสอบว่าจุดนั้นเกิดจากการตัดของวัตถุใด เพื่อประมวลผลเป็นการสะท้อนแสงหรือเกิดการผสมแสงสี โดยการทดลองจะมีการดูความถูกต้องในการสะท้อนแสงและดูความถูกต้องในการผสมแสงสี ดังนี้

4.2.1 กรณีไม่เกิดการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี

กรณีนี้เป็นกรณีที่ไม่เกิดจุดตัดของสมการเส้นตรงใดๆ ซึ่งมีผลการทดลอง ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กรณีไม่เกิดการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี

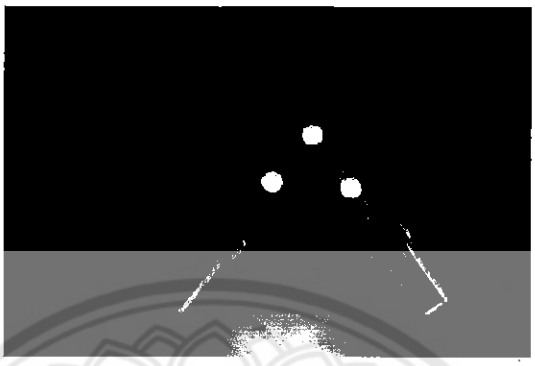
4.2.2 กรณีการสะท้อนแสง

กรณีนี้เป็นกรณีที่จุดตัดเกิดจากสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกับสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงในบริเวณช่วงของหน้าสะท้อน ซึ่งมีผลการทดลอง ดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 กรณีการสะท้อนแสง

4.2.3 กรณีการผสมแสงสี

กรณีนี้เป็นกรณีที่จุดตัดเกิดจากสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง ไปตัดสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงอื่นๆ ซึ่งมีผลการทดลองดังรูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10

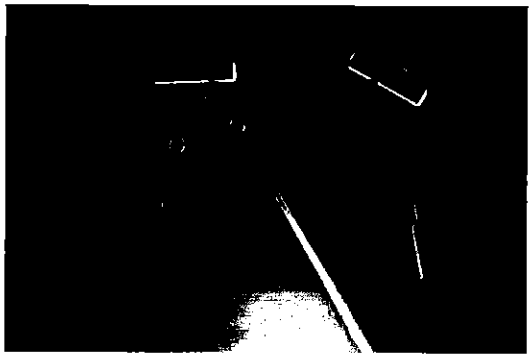


รูปที่ 4.9 กรณีการผสมแสงสีแบบจุดเดียว

รูปที่ 4.10 กรณีการผสมแสงสีแบบสามจุด

4.2.4 กรณีการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี

กรณีนี้เป็นกรณีที่มีทั้ง จุดตัดเกิดจากสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงตัดกับสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงในบริเวณช่วงของหน้าสะท้อน และจุดตัดเกิดจากสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสง ไปตัดสมการเส้นตรงของวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงอื่นๆ ซึ่งมีผลการทดลองดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กรณีการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี

4.2.5 กรณีการผสมแสงสีของเส้นสะท้อนแสง

กรณีนี้เป็นกรณีที่มีทั้ง จุดตัดเกิดจากสมการเส้นตรงของเส้นสะท้อนจากวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงตัดกับเส้นสะท้อนแสงอื่นๆ ซึ่งมีผลการทดลองดังรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.12 กรณีการผสมแสงสีของเส้นสะท้อนแสงจากวัตถุตัวแทนการสะท้อน

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองและทดสอบการทำงานในบทที่แล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการทดลอง ปัญหาที่พบในการทดลอง ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางในการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาและการทดลองโต๊ะแห่งการเรียนรู้จากการสัมผัสเรื่องแสง หัวข้อการสะท้อนแสงและการผสมแสงสี จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ และส่วนที่เป็นซอฟท์แวร์

ส่วนของฮาร์ดแวร์จะมีอยู่ 2 ส่วนหลักๆ คือส่วนตัวต้นแบบที่สร้างขึ้นโดยใช้หลักการการส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลัง ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการรับภาพอินพุทและแสดงผล และอีกส่วนคือวัตถุที่ใช้เป็นอินพุทให้กับระบบ โดยมี 2 ชนิดคือวัตถุที่เป็นตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุที่เป็นตัวแทนการสะท้อนแสง ซึ่งจากการทดลองตัวต้นแบบสามารถแสดงผลการสะท้อนแสงและการผสมสีของแสงได้

ส่วนของซอฟท์แวร์จะพัฒนาขึ้นโดยใช้อัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์ในการจำแนกวัตถุแต่ละชนิดที่อยู่บนพื้นผิว ซึ่งจากการทดลองมีการตรวจสอบตำแหน่งและทิศทางของวัตถุ เพื่อใช้ในการคำนวณและประมวลผลการสะท้อนแสงหรือผสมแสงสี จากนั้นแสดงผลไปยังตัวต้นแบบได้

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง

5.2.1 ปัญหาเรื่องแสงสว่าง หากมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อมด้านนอกเช่น แสงจากหลอดไฟ แสงจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น จะทำให้มีปัญญาเรื่องความไม่สม่ำเสมอของแสง ซึ่งอาจทำให้ประมวลผลผิดพลาดได้

5.2.2 เนื่องจากกล้องอินฟราเรดที่ใช้ เป็นกล้องที่ดัดแปลงมาจากกล้องเว็บแคม ทำให้มีปัญหาเรื่องคุณภาพของภาพและปัญหาของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพ ทำให้ภาพที่ได้อาจมีการคลาดเคลื่อนไป

5.2.3 หากมีการเคลื่อนย้ายตัวต้นแบบ จำเป็นต้องมีการ calibrate ใหม่ทุกครั้ง เนื่องจากตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ จากคลาดเคลื่อนไป

5.2.4 เนื่องจากต้องมีความสว่างที่เพียงพอและสม่ำเสมอของไฟอินฟราเรด ทำให้ตัวต้นแบบตรวจจับวัตถุที่ลอยอยู่เหนือพื้นผิวได้ เช่น ในขณะใช้งานจำเป็นต้องใช้มือจับต้องกับวัตถุที่เป็นอินพุท ทำให้กล้องตรวจพบกับมือที่ลอยอยู่ด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดการประมวลผลที่ผิดพลาดไปบ้าง

5.3 ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหา

5.3.1 ควรปรับปรุงและควบคุมเรื่องความสว่างจากสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น เลือกวัสดุที่สามารถกรองแสงจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ดีกว่าแผ่นอะคริลิคมาใช้เป็นพื้นผิว

5.3.2 ควรปรับปรุงเรื่องของสัญญาณรบกวนจากภาพ เช่น อาจเลือกใช้กล้องเว็บแคมที่นำมาดัดแปลงให้มีคุณภาพสูงขึ้น หรืออาจซื้อกล้องอินฟราเรดมาใช้โดยตรงแทนการดัดแปลงกล้องเว็บแคม และปรับปรุงการประมวลผลภาพภาพเบื้องต้นให้มีสัญญาณรบกวนน้อยลง

5.3.3 ควรปรับปรุงตัวต้นแบบให้ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างมั่นคง เพื่อไม่ให้อุปกรณ์คลาดเคลื่อนขณะเคลื่อนย้าย หรืออาจจะพัฒนาโปรแกรมให้มีการ auto calibrate เพื่อไม่ต้องมา calibrate ใหม่ทุกครั้งที่เคลื่อนย้ายตัวต้นแบบ

5.3.4 ควรปรับปรุงเรื่องความสม่ำเสมอของไฟอินฟราเรดและตำแหน่งการติดตั้ง ให้สามารถมีการกระจายแสงสว่างที่สม่ำเสมอแต่ไม่สว่างเกินไป เช่น ออกแบบและสร้างวงจรไฟอินฟราเรดขึ้นมาเอง เป็นต้น เพื่อลดการตรวจพบวัตถุที่ลอยอยู่เหนือพื้นผิว

5.4 ข้อเสนอแนะในการพัฒนางานต่อไปในอนาคต

5.4.1 สามารถนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนสำหรับเด็กในระดับประถมศึกษาได้ โดยปรับรูปลักษณ์ของตัวต้นแบบให้ดูน่าใช้งาน

5.4.2 เพิ่มเงื่อนไขหลักการของแสงในกรณีอื่นๆ เช่น การหักเหโดยอาจเปลี่ยนวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงเป็นวัตถุตัวแทนตัวกลางต่างๆ, การแทรกสอดของแสงโดยอาจมีวัตถุตัวกลางที่เป็นช่องแคบๆ เพื่อให้แสงผ่าน เป็นต้น

5.4.3 เพิ่มจำนวนการสะท้อน และกำหนดกติกาในลักษณะของการเล่นเกม เช่น สะท้อนแสงเพื่อหลบสิ่งกีดขวางต่างๆ ไปยังเป้าหมาย โดยอาจมีการจำกัดจำนวนการสะท้อนได้ และมีการบันทึกคะแนนของผู้เล่น

5.4.4 เพิ่มความสวยงามของกราฟิก และหน้าต่างโปรแกรม (Graphic User Interface)

เอกสารอ้างอิง

[1] **Tangible User Interface** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-733.pdf

[2] **Human Computer Interaction** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://www.peerawich.com/dc282/index.php?option=com_content&view=article&id=17%3A2011-06-28-08-34-21&catid=4%3Ae-document&Itemid =14

[3] Yu-Jin ZHANG. **IMAGE ENGINEERING.** สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2557

[4] **การทำงานของ Image Processing** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://www.sagato.co.th/art_imageprocessing.php

[5] John C.Russ. The IMAGE PROCESSING Handbook. สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2557

[6] **การแปลงภาพระดับสีเทา (Gray Scale)** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://ajgo.blogspot.com/2010/04/grayscale-to-color-image.html

[7] **การแปลงภาพสีเป็นขาวดำ (Threshold)** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://www.avrportal.com/?lang=th&page=image2glcd

[8] **การปรับความสว่างและคอนทราสต์ของภาพ (Brightness/Contrast)** (ออนไลน์).
สืบค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://fingerprintimage.blogspot.com/2009/04/brightness-contrast.html

[9] **การกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน (Connected-component labeling)** (ออนไลน์).
สืบค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: www.research-system.siam.edu/images/thesistee/.../09_บทท_2.pdf

[10] **การแปลงระยะทาง (Distance Transform)** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://www8.cs.umu.se/research/ifor/dl/Path%20planning/adistance.html

[11] **เคเนียร์เรสต์เนเบอร์ (K-Nearest Neighbors)** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://www.statsoft.com/textbook/k-nearest-neighbors

[12] **ประเภทของภาพกราฟิก** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://sangrawee1366.blogspot.com/p/1.html

[13] **หลักการใช้สีและแสงในคอมพิวเตอร์** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://tc.mengrai.ac.th/krunoom/instruction/photoshop/unit1-2.php

[14] **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแสง** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://www.thaipresentation.com/technology/lightbasic/

[15] **พฤติกรรมต่างๆ ของแสง** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://www.rmutphysics.com/charud/pdf-learning/2/wave/wave.pdf

[16] **โอเพนซีวี (OpenCV)** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://vblogza.blogspot.com/2009/06/open-cv-1.html

[17] **การสร้างโต๊ะและหลักการของการออกแบบ** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2557
สืบค้นจาก: http://sethsandler.com/multitouch/

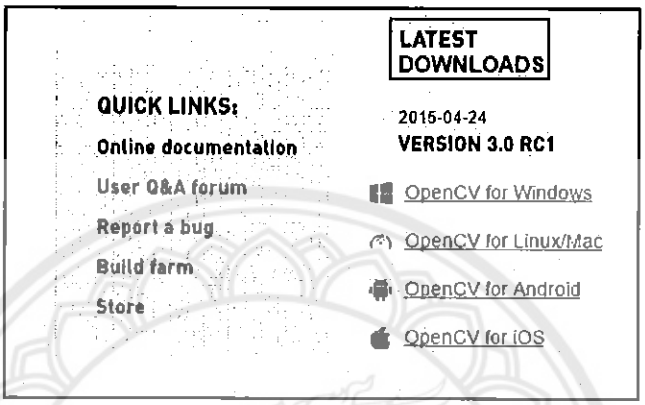
[18] **ความรู้เกี่ยวกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2558
สืบค้นจาก: http://www.skr.ac.th/link/web_education/web_teacher/matt/chinawat/line.pdf

ภาคผนวก ก

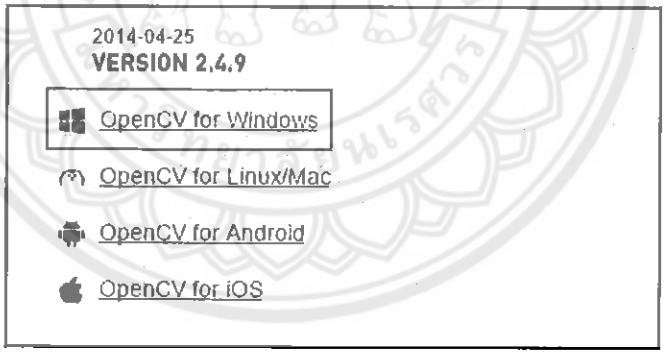
การตั้งค่าการใช้งานไลบรารีโอเพนซีวี

1. ดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2012 หรือ Version อื่นๆ ให้เรียบร้อย

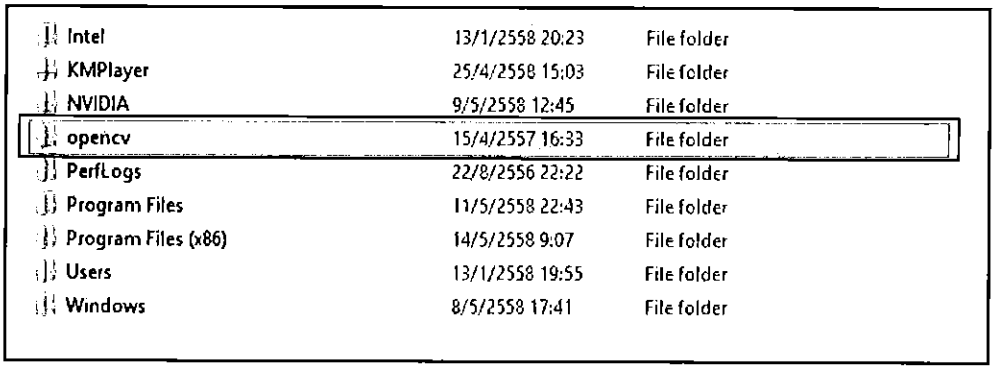
2. ดาวน์โหลดและติดตั้งไลบรารี OpenCV ได้จาก http://opencv.org/ โดยให้เลือกในส่วนของ Latest Download



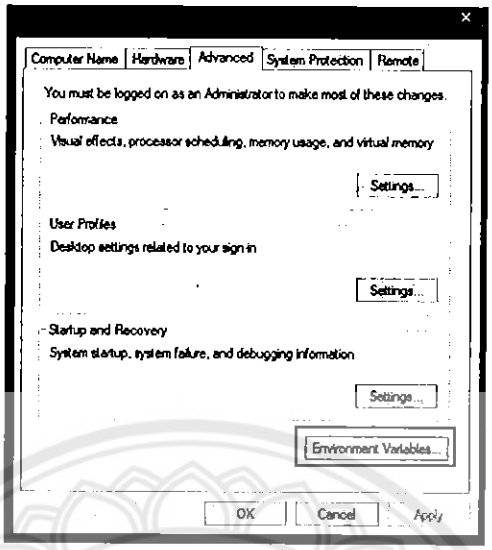
3. เลื่อนหา Version 2.4.9 โดยดาวน์โหลดให้ตรงกับระบบปฏิบัติการที่ใช้อยู่ (ในที่นี้ผู้จัดทำเลือกเป็น OpenCV for Windows) ดังรูป



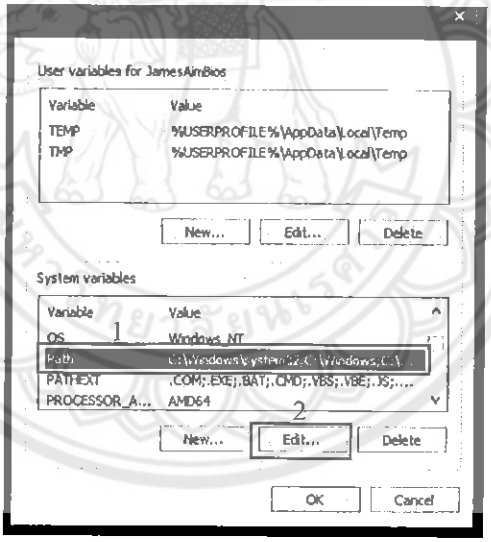
4. เมื่อดาวน์โหลดเสร็จ ทำการติดตั้งให้เรียบร้อย จะได้โฟลเดอร์ของ opencv ดังรูป



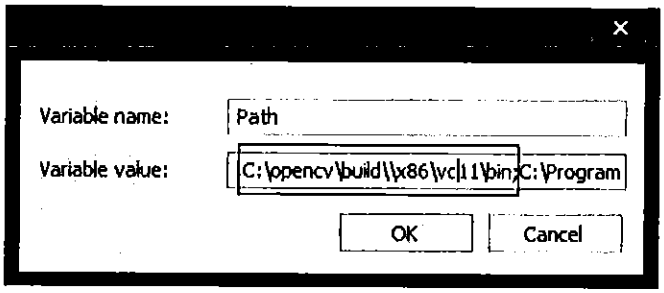
5. ตั้งค่า path โดยไปที่ Control Panel > System and Security > System > Advanced system settings แล้วเลือก Environment Variable ดังรูป



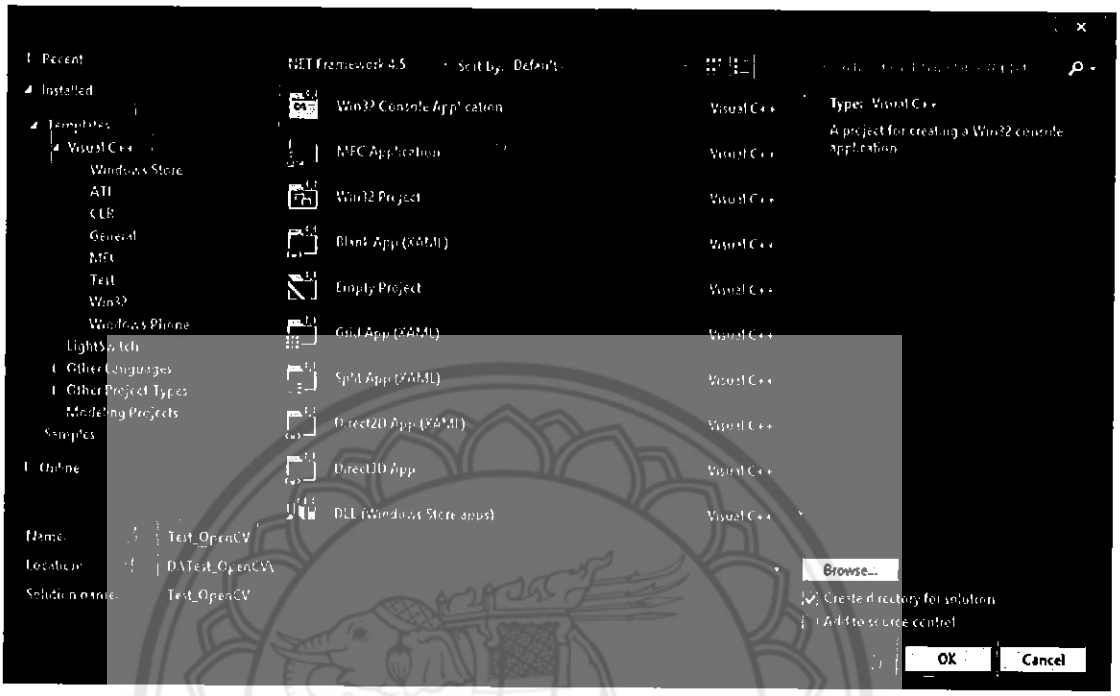
6. ที่ System variables ให้เลือก path จากนั้นกดปุ่ม Edit ดังรูป



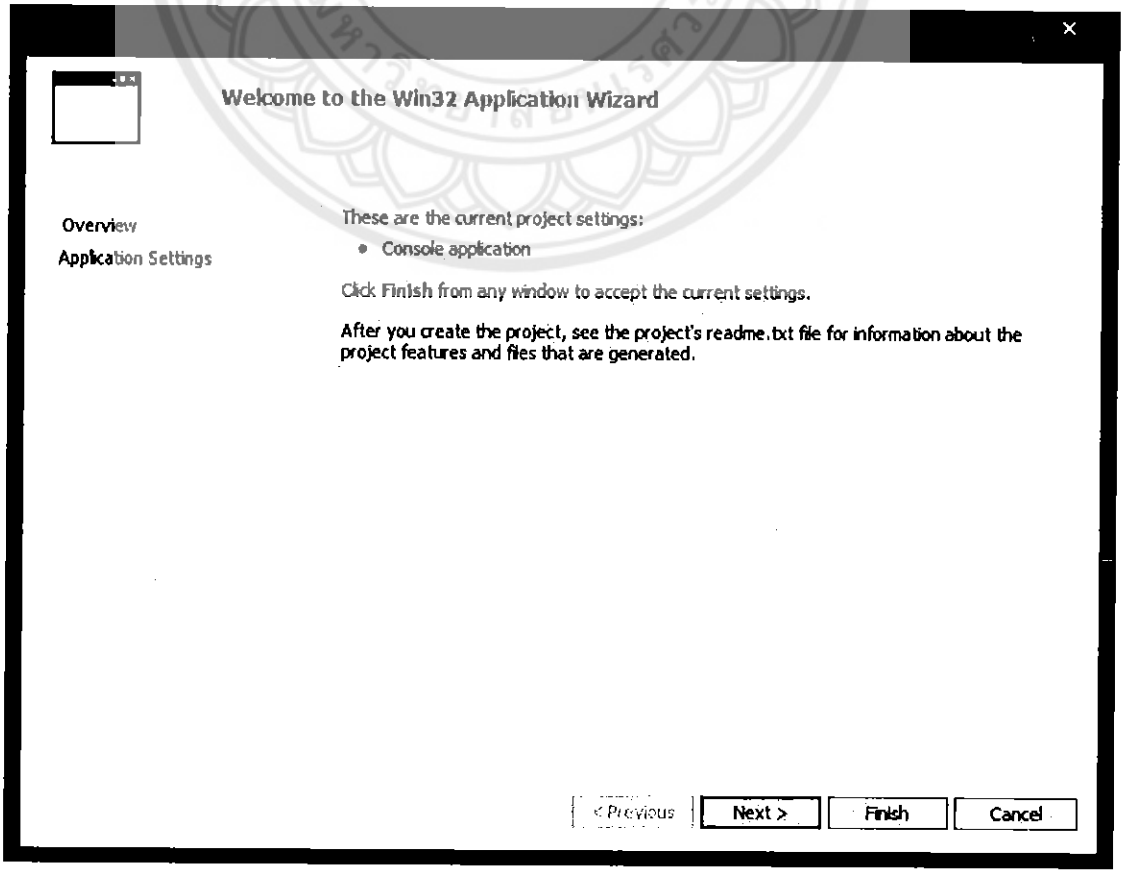
7. ทำการเพิ่ม path ของ opencv ดังนี้ C:\opencv\build\x86\vc11\bin (โดยชื่อ Drive ให้เลือกตามที่ได้ติดตั้ง opencv ไว้) ซึ่งจะได้ดังรูป แล้วคลิก OK



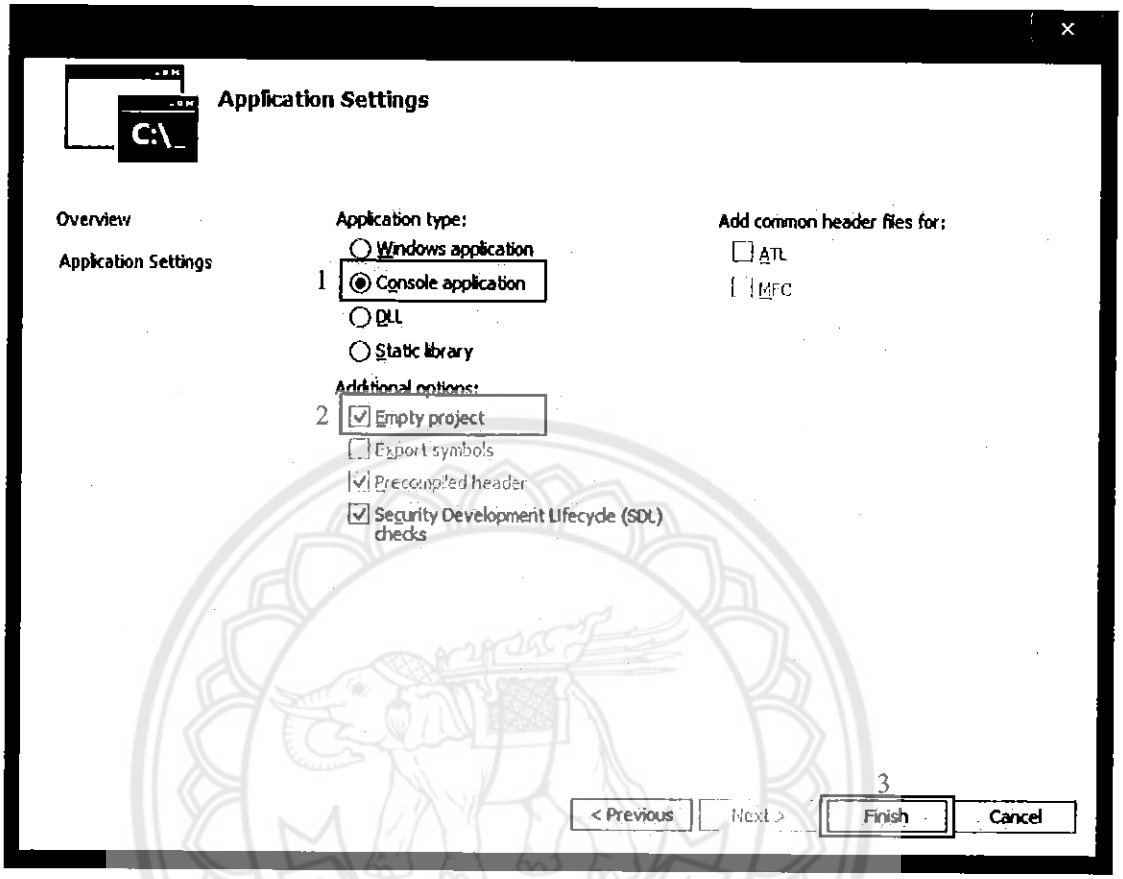
8. เปิดโปรแกรม Microsoft Visual Studio ขึ้นมาแล้วสร้าง New Project โดยเลือกที่ Visual C++ > Win32 Console Application จากนั้นทำการตั้งชื่อ Project > เลือก Location ที่ต้องการ แล้วคลิก OK



9. คลิกปุ่ม Next

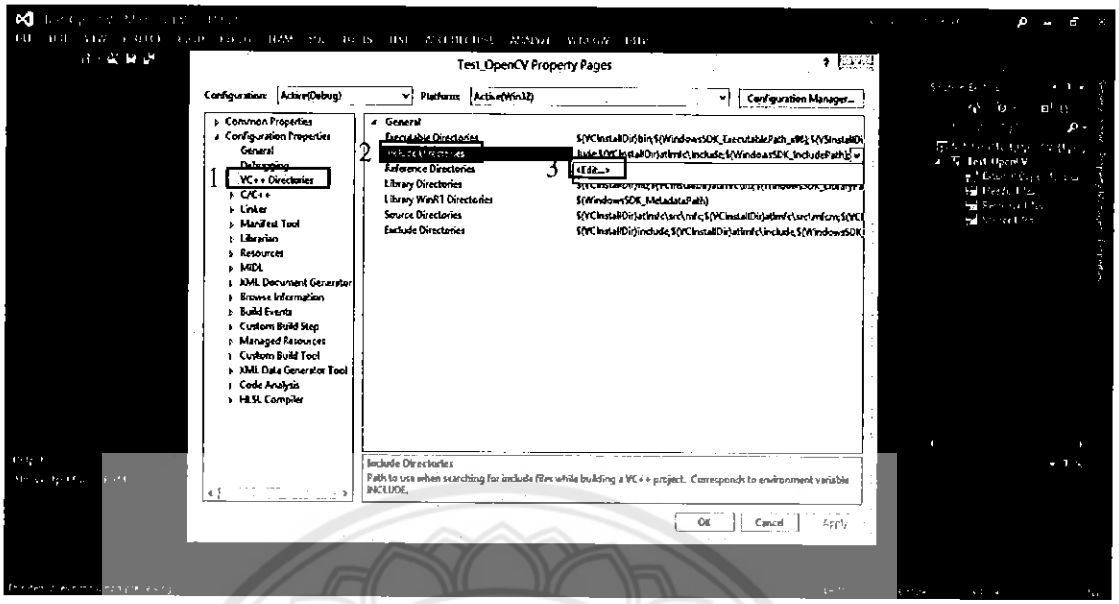


10. เลือก Application type เป็น Console application และในส่วน Additional options ให้ติ๊กเลือก Empty project จากนั้นกด Finish

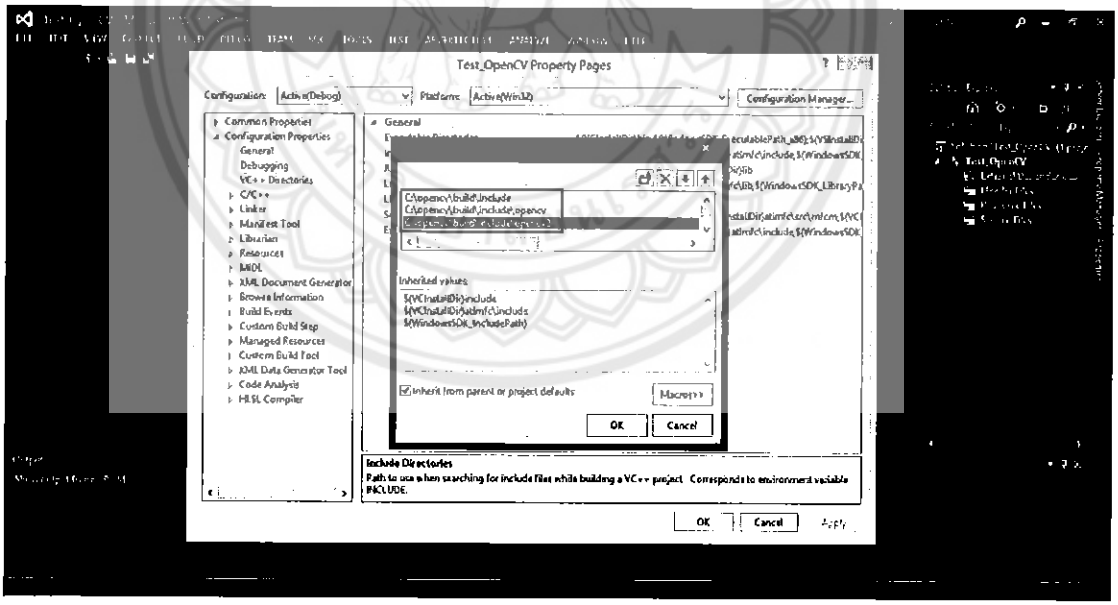


11. ที่หน้าต่าง Solution Explorer ให้คลิกขวาที่ ชื่อ project (ในที่นี้คือ Test_OpenCV) แล้วเลือก Properties

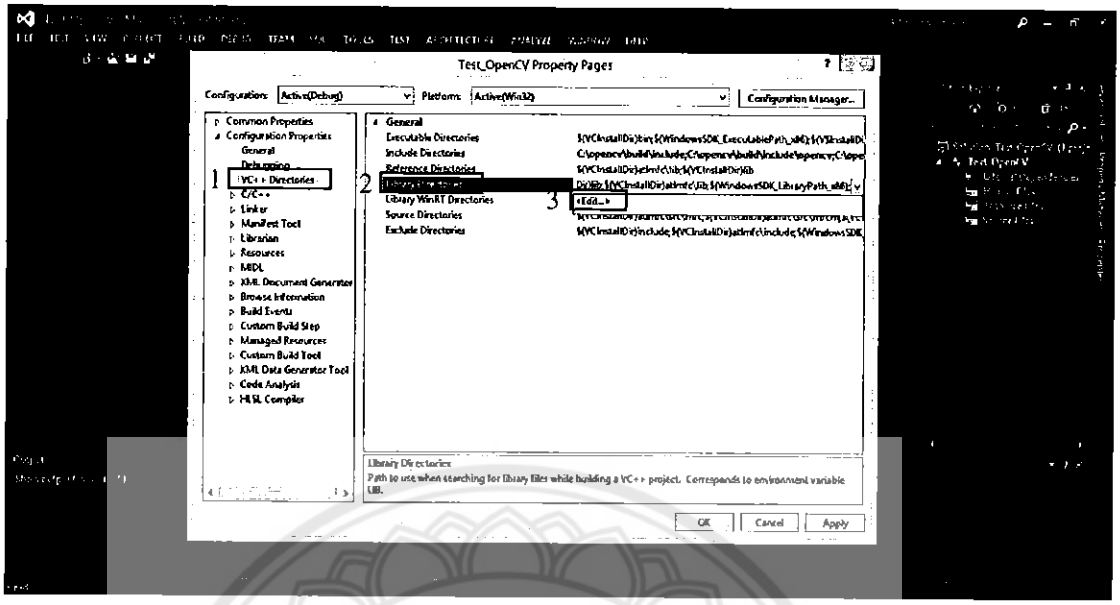
12. เลือกที่ VC++ Directories > Include Directories > Edit



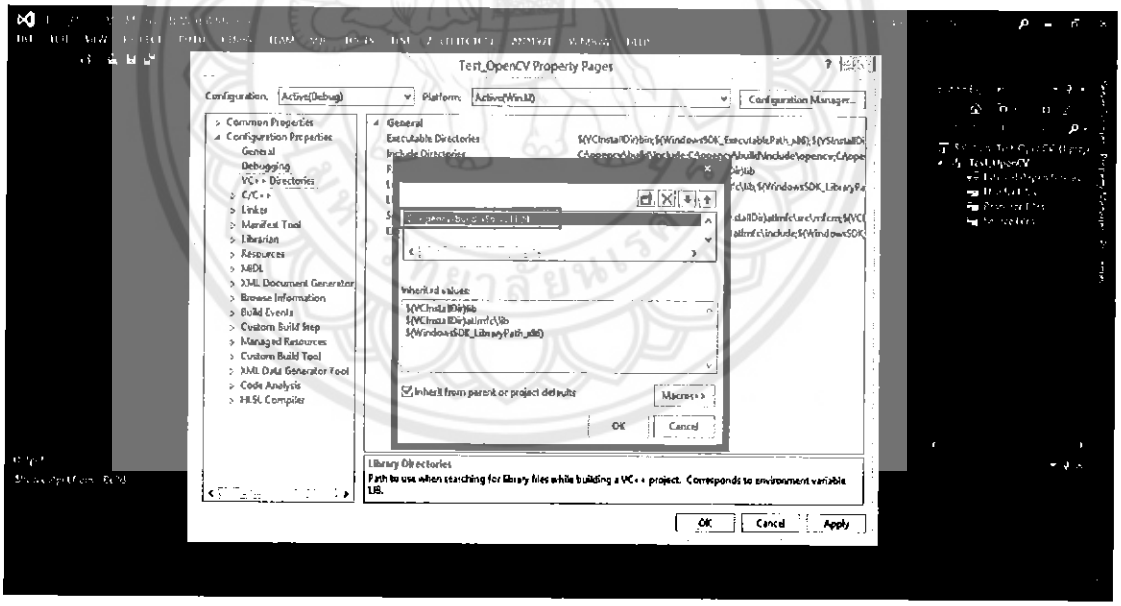
13. คลิกที่ว่างเพื่อเพิ่มโฟลเดอร์ C:\opencv\build\include, C:\opencv\build\include\opencv, และ C:\opencv\build\include\opencv2 ดังรูป แล้วคลิก OK



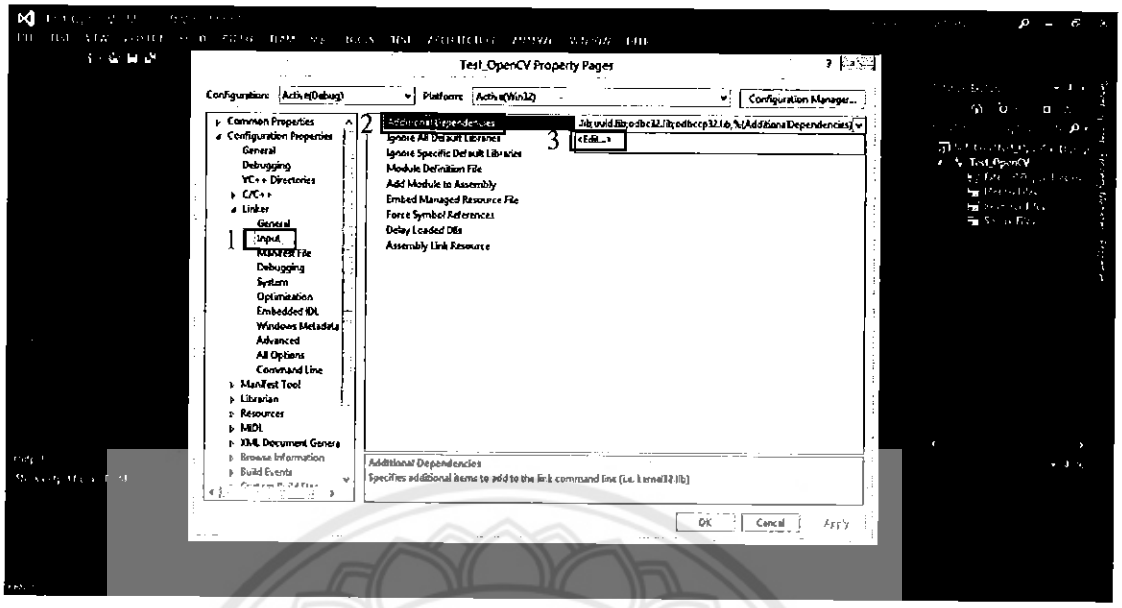
14. เลือกที่ VC++ Directories > Library Directories > Edit



15. เพิ่มโฟลเดอร์ C:\opencv\build\x86\vc11\lib ดังรูป แล้วคลิก OK



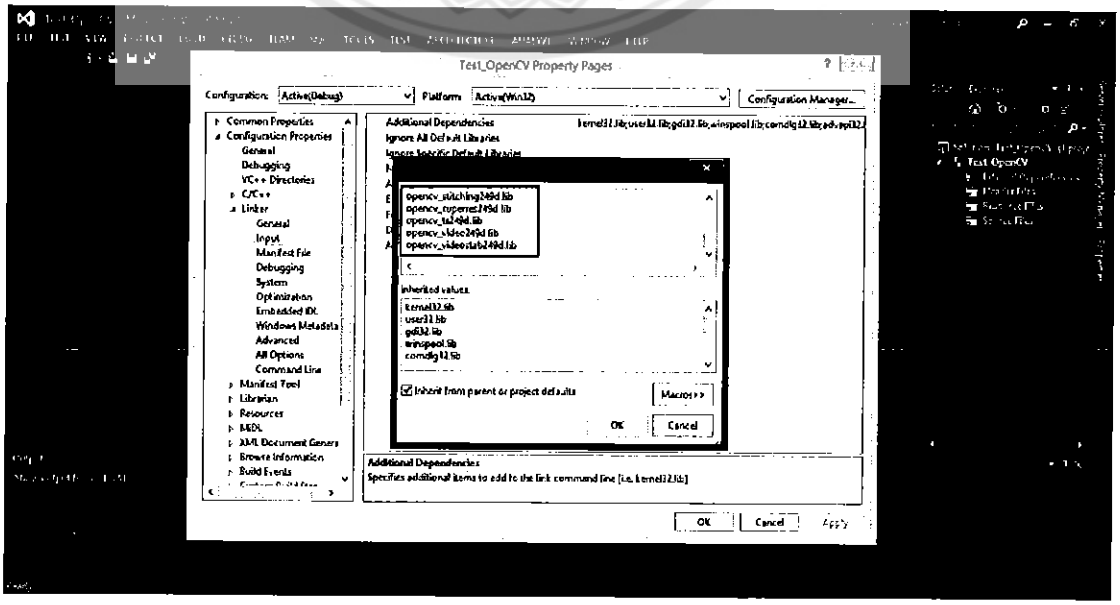
16. เลือก Linker > input > Additional Dependencies > Edit



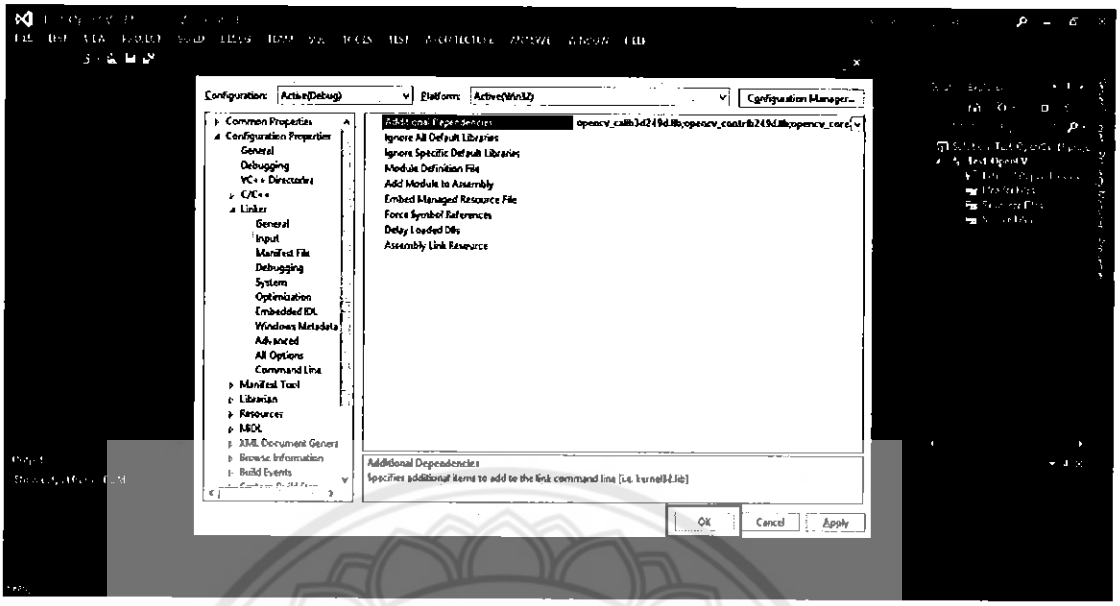
17. เพิ่ม .lib ดังต่อไปนี้เข้าไปดังรูป

opencv_calib3d249d.lib	opencv_imgproc249d.lib	opencv_stitching249d.lib
opencv_contrib249d.lib	opencv_legacy249d.lib	opencv_superres249d.lib
opencv_core249d.lib	opencv_ml249d.lib	opencv_ts249d.lib
opencv_features2d249d.lib	opencv_nonfree249d.lib	opencv_video249d.lib
opencv_flann249d.lib	opencv_objdetect249d.lib	opencv_videostab249d.lib
opencv_gpu249d.lib	opencv_ocl249d.lib	
opencv_highgui249d.lib	opencv_photo249d.lib	

แล้วคลิก OK (โดย opencv_core249d.lib) ตัวเลข 249 ที่ขีดเส้นใต้คือเลข version ของ opencv ซึ่งในที่นี้เป็น version 2.4.9 ส่วนตัวอักษร d หลังตัวเลขคือ บอกว่าเป็น debug mode)



18. ตั้งค่าเสร็จ ให้คลิก OK



19. ให้คลิกขวาที่ Source File > Add > New item

20. เลือก Visual C++ > C++ File >> ตั้งชื่อไฟล์ > Add

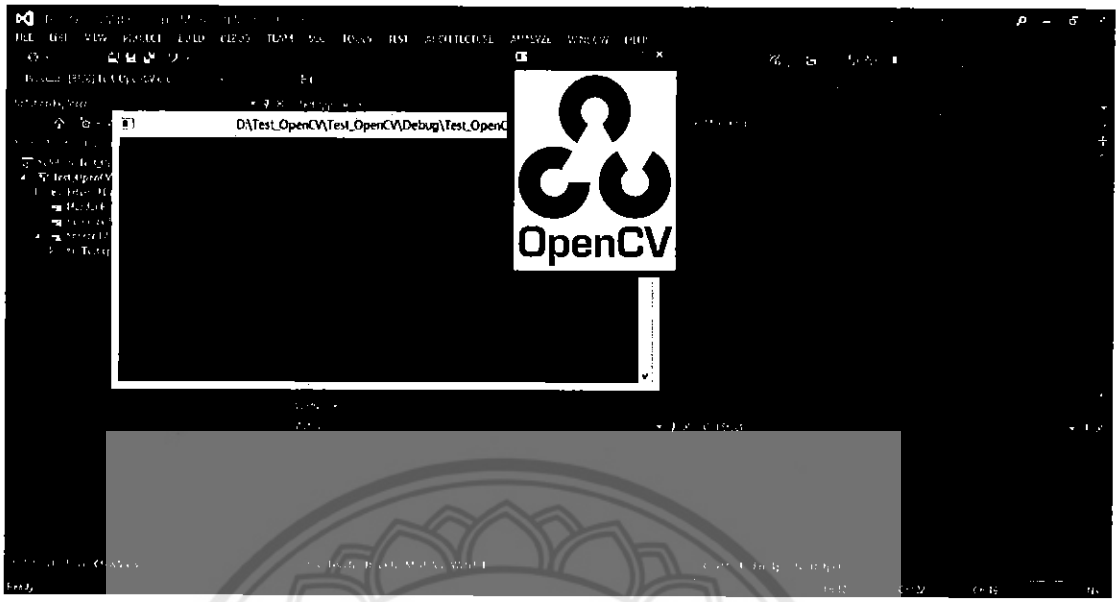
21. ทดลองโดย Copy Code ด้านล่างนี้ ไปใส่ในไฟล์ แล้วคลิก Run

```
#include<opencv2\core\core.hpp>
#include<opencv2\highgui\highgui.hpp>
#define TEST_IMAGE "D:\\Test_OpenCV\\opencv.jpg"
using namespace std;
using namespace cv;

int main()
{
        // Open the file.
        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;
}
```

Path ของไฟล์รูปภาพ

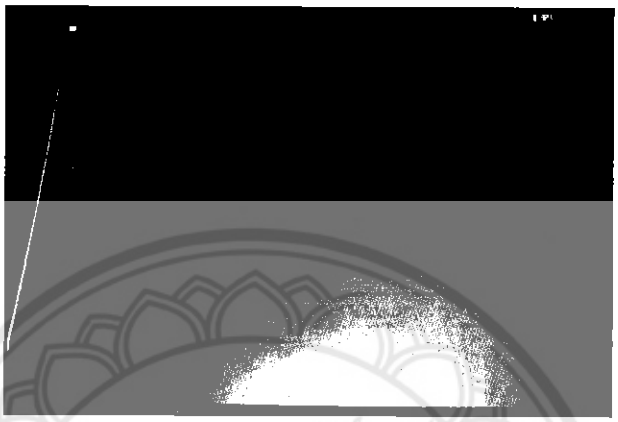
22. จะได้ผลการรันโปรแกรมดังรูป ถือว่าติดตั้ง opencv สำเร็จ



ภาคผนวก ข

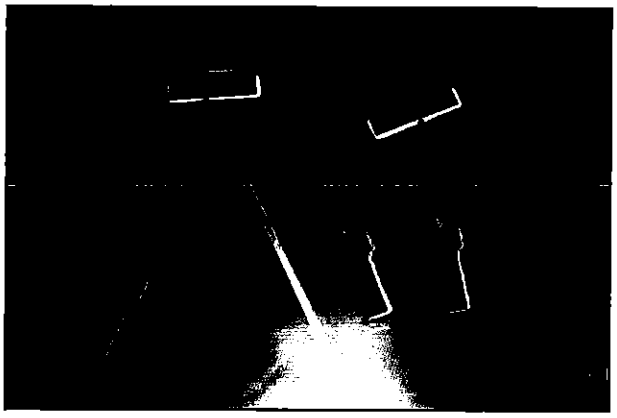
การใช้งานตัวต้นแบบ

1. เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ของโต๊ะเรียบร้อยแล้ว ทำการรันโปรแกรม ReflexandAdditive.cpp ขึ้นมาจะปรากฏหน้าต่างโปรแกรม ที่เป็นจอว่างๆ ขึ้นมาบนพื้นผิวของโต๊ะ ดังรูป

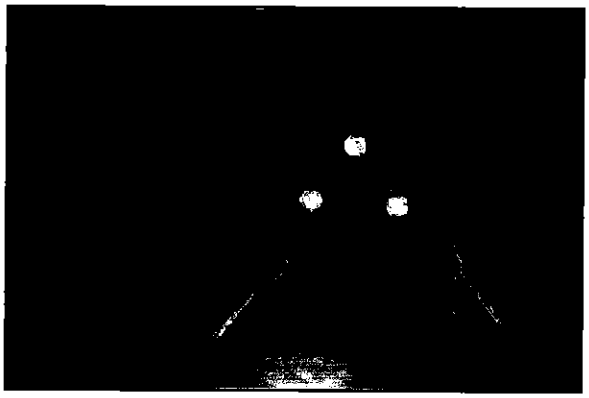


2. เมื่อวางวัตถุตัวแทนแหล่งกำเนิดแสงลงบนพื้นผิว จะมีลำแสงเกิดขึ้น ดังรูป

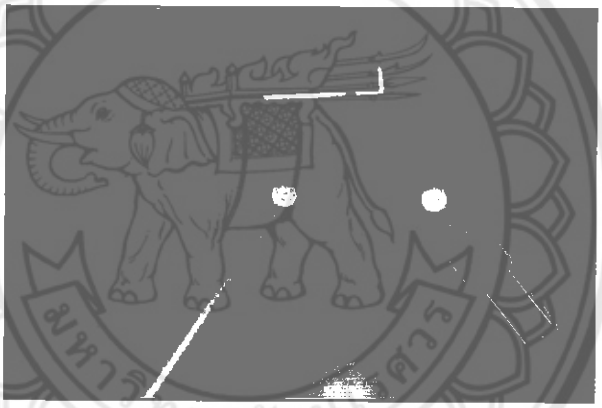
3. หากนำวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงวางคั่นลำแสง จะเกิดการสะท้อนแสงขึ้น ดังรูป



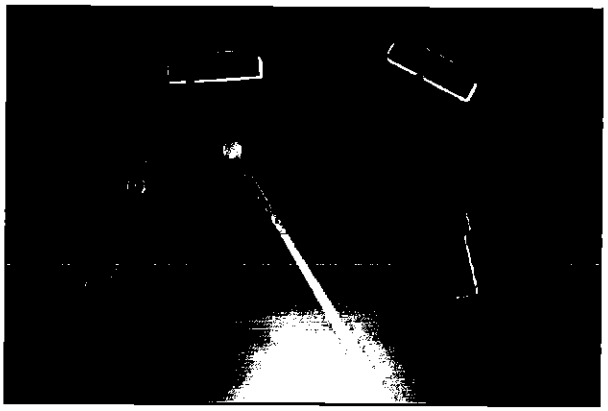
4. หากลำแสงมีการตัดกับลำแสงอื่นๆ จะเกิดการผสมของแสงสีเกิดขึ้น ดังรูป



5. หากลำแสงที่สะท้อนออกจากวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสง ไปตัดกับลำแสงอื่น จะเกิดการผสมของแสงสีเช่นกัน ดังรูป



6. หากมีลำแสงที่สะท้อนออกจากวัตถุตัวแทนการสะท้อนแสงมากกว่า 1 ตัว แล้วมันตัดกัน ก็จะเกิดการผสมของแสงสีเช่นกัน ดังรูป

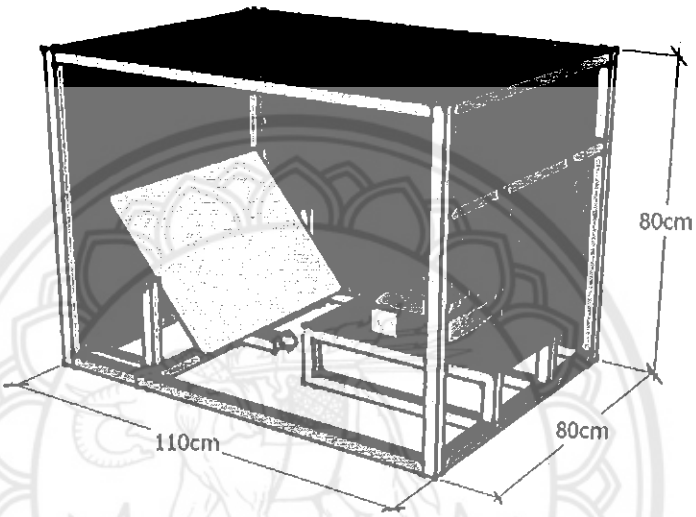


ภาคผนวก ค

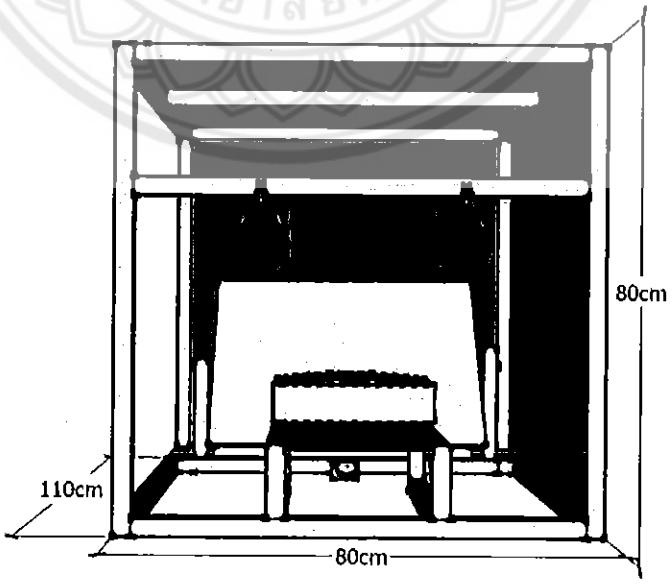
ออกแบบและสร้างตัวต้นแบบ

1. ก่อนการสร้างตัวโต๊ะต้นแบบจริง ได้ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Google Sketchup ซึ่งมีลักษณะ ดังนี้

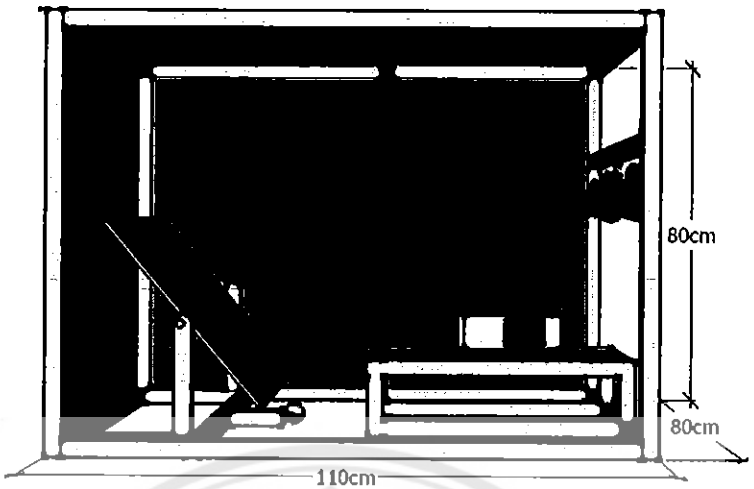
1.1 รูปการออกแบบตัวต้นแบบโดยใช้โปรแกรม Google Sketchup จากมุมมอง ISO



1.2 รูปการออกแบบตัวต้นแบบโดยใช้โปรแกรม Google Sketchup จากมุมมองด้านหลัง

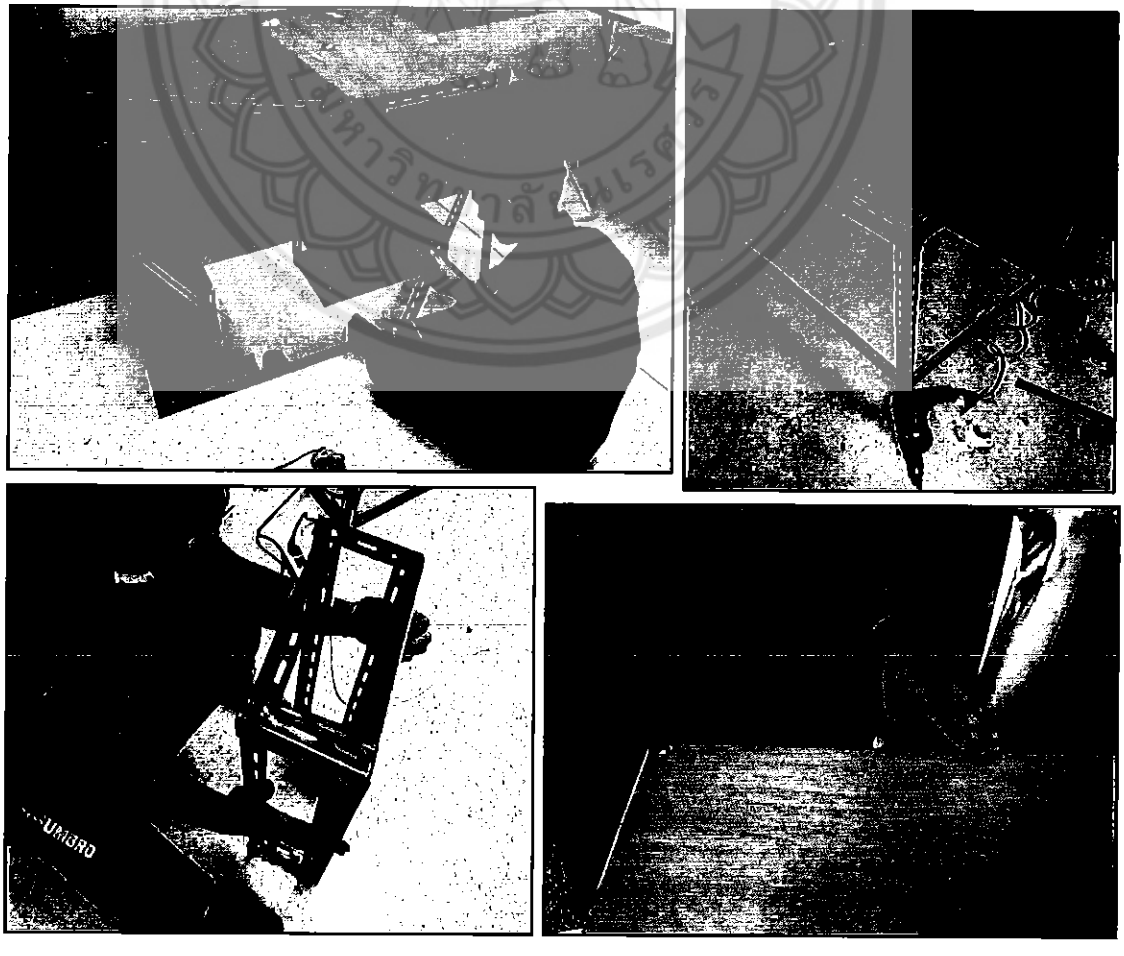


1.3 รูปการออกแบบตัวต้นแบบโดยใช้โปรแกรม Google Sketchup จากมุมมองด้านข้าง

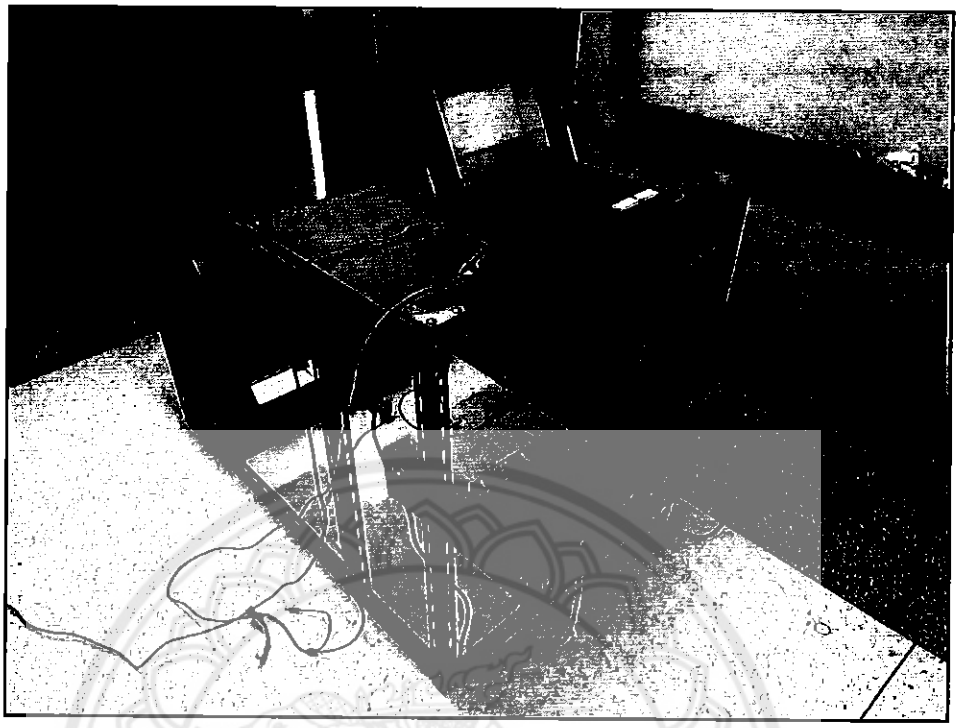


2. การสร้างตัวต้นแบบจริง จากที่ได้ออกแบบ ผู้จัดทำได้เลือกใช้เหล็กฉากแบบเจาะรู มาใช้เป็นโครงสร้างและยึดด้วยน็อต ใช้แผ่นอะคริลิคเป็นพื้นผิวสัมผัส และปิดล้อมตัวต้นแบบด้วยไม้อัดแผ่น โดยขนาดของตัวต้นแบบเป็น กว้าง 80 cm, ยาว 110 cm, และสูง 80 cm

2.1 รูปการสร้างตัวต้นแบบ



2.2 รูปตัวต้นแบบที่สร้างเสร็จแล้ว



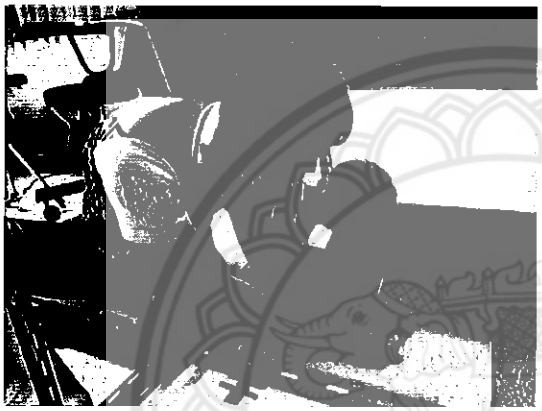
ภาคผนวก ง

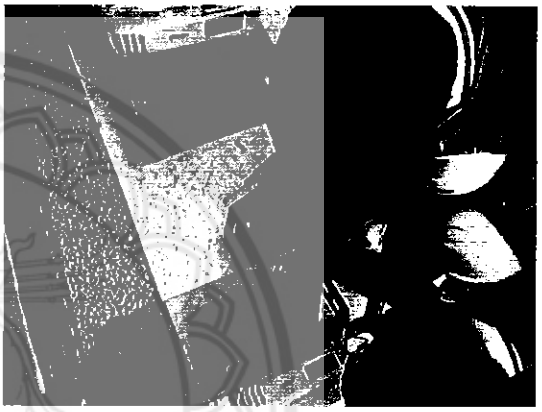
ขั้นตอนการติดตั้งตัวต้นแบบ

ก่อนใช้งานตัวต้นแบบจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ และตั้งค่าโปรแกรมให้เรียบร้อยเสียก่อน เพื่อให้ตัวต้นแบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยการติดตั้งอุปกรณ์และตั้งค่าโปรแกรม มีดังนี้

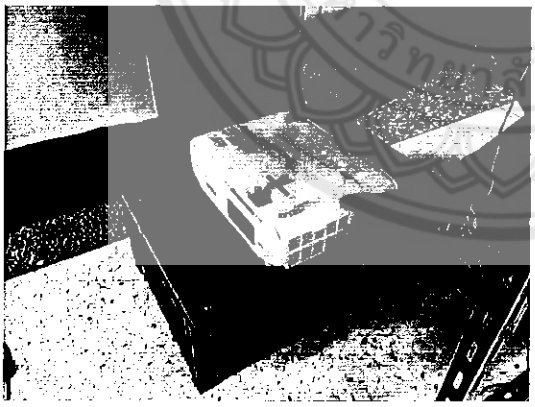
1. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ

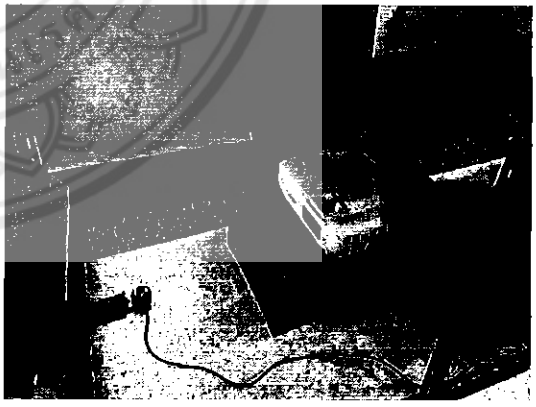
1.1 ติดตั้งกล้องอินฟราเรด โดยตำแหน่งการติดตั้ง จะอยู่ใต้พื้นผิว ดังรูป





1.2 ติดตั้งโปรเจคเตอร์ โดยติดตั้งบนแท่นวาง และปรับตำแหน่งการส่องให้ตรงกับกระจก ดังรูป





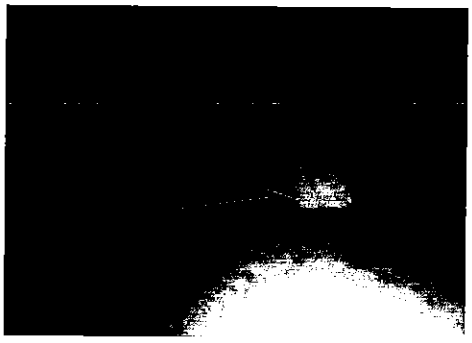
1.3 ติดตั้งไฟอินฟราเรด โดยมีตำแหน่งการติดตั้งที่บริเวณด้านหลังตัวต้นแบบเหนือโปรเจคเตอร์ ดังรูป

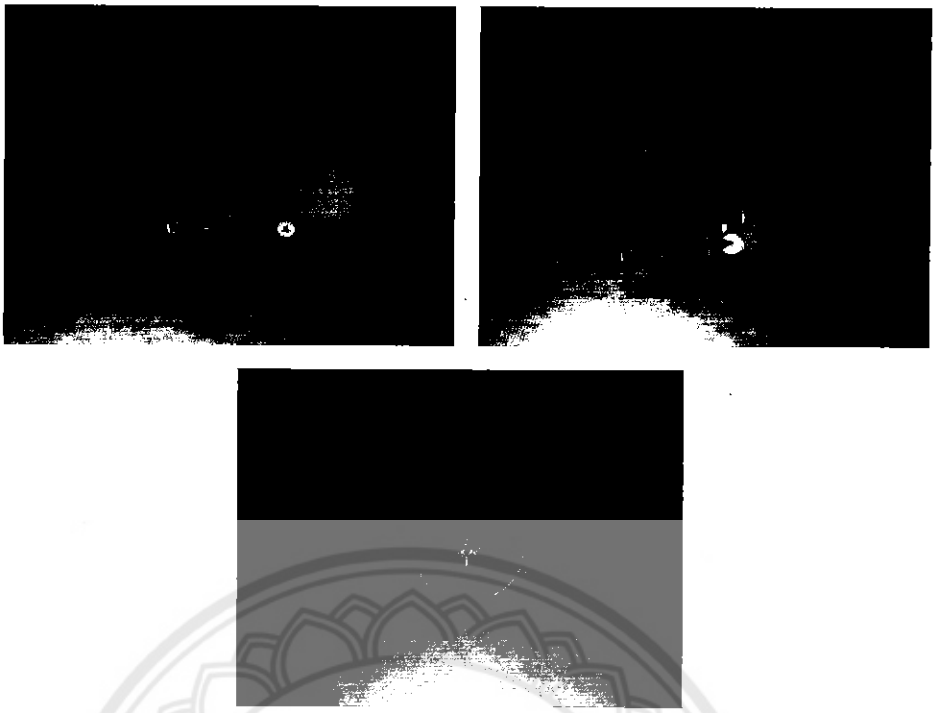
1.4 ติดตั้งกระจกเงา โดยปรับองศาการสะท้อนให้ตรงกับพื้นผิวแสดงผลได้พอดี ดังรูป

2. การ Calibrate กล้อง

ก่อนจะใช้งานโปรแกรมหลัก ต้องทำการ Calibrate กล้องเสียก่อน เพื่อให้ตำแหน่งของกราฟิกที่แสดงบนพื้นผิวนั้นตรงกับตำแหน่งของวัตถุที่วางบนพื้นผิว โดยมีขั้นตอนดังนี้

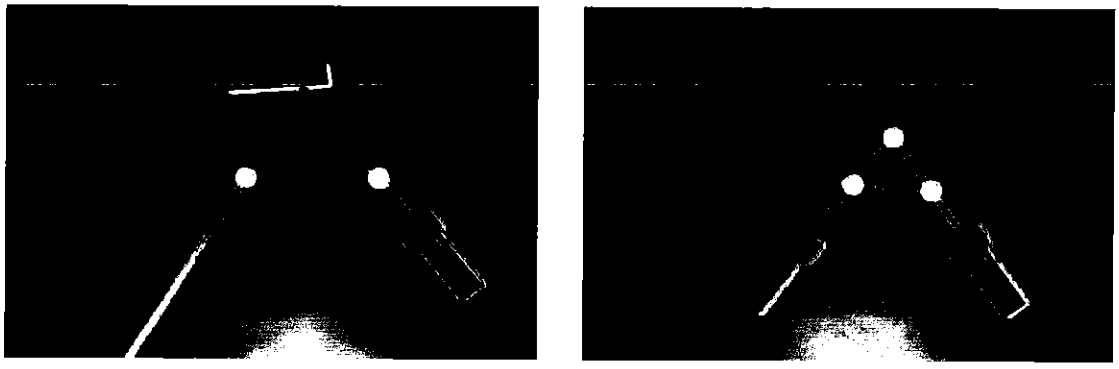
2.1 เปิดโปรแกรม Calibrate.cpp ขึ้นมาแล้วทำหารรันโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะให้เราทำการคลิกที่จุดเงา (จุดที่ลูกศรชี้) ตามที่โปรแกรมต้องการทั้งหมด 5 จุด ดังรูป





เมื่อทำการคลิกครบทั้ง 5 จุดแล้วจะได้ผลการ Calibrate ดังนี้ ภาพด้านซ้ายจะเป็นภาพก่อนการ Calibrate ส่วนภาพด้านขวาจะเป็นภาพหลังการ Calibrate

2.2 เมื่อทำการ Calibrate เสร็จ จะได้ค่าจุดที่คลิกเก็บลงไฟล์ .txt ซึ่งไฟล์ .txt จะนำไปใช้ในการรันโปรแกรมหลัก ซึ่งผลที่ได้ จะเห็นว่าวัตถุจะทับซ้อนกับกราฟิกได้พอดี ดังรูป



ภาคผนวก จ

ขั้นตอนการ Train หา Feature

1. ทำการ Train วัตถุ โดยนำวัตถุหลายๆ ชิ้น หรือใช้แผ่น Train มาจัดวางบนพื้นผิว ในขอบเขตที่กล้องสามารถรับภาพได้ ซึ่งอาจมีวัตถุจำนวน 20 – 30 ชิ้นต่อ 1 ชนิดวัตถุ จากนั้นเปิดโปรแกรมกล้องขึ้นมาเพื่อถ่ายรูป ซึ่งจะได้มาในลักษณะดังรูป

2. จากนั้นเปิดไฟล์โปรแกรม findFeature.cpp มา แล้วแก้ไขโปรแกรมโดยตั้ง path ให้อ่านไฟล์รูปที่ถ่ายมา และตั้ง path ที่ใช้เป็น Output ของไฟล์ .csv จากนั้นทำการรันโปรแกรม ซึ่งจะทำให้ได้ไฟล์ .csv ออกมาดังรูป โดยข้างในจะเก็บ features ของวัตถุต่างๆ ไว้ เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรมหลักต่อไป

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1	0	0.040599	0.603052	0.919277	0.654213	0.031872	0.888191	0.393519	0.039112
2	1	0.333333	0.516709	0.853762	0.933879	0.79588	0.384145	0.944805	0.705441	0.510791
3	1	0.333333	0.521883	0.843262	0.940976	0.792957	0.386501	0.949477	0.695342	0.507246
4	1	0.333333	0.524326	0.846869	0.939375	0.795186	0.388088	0.949164	0.717864	0.5
5	1	0.333333	0.534282	0.848574	0.951934	0.794102	0.377126	0.967357	0.719896	0.492754
6	1	0.333333	0.505657	0.838549	0.932602	0.787877	0.37092	0.949762	0.702282	0.489362
7	1	0.333333	0.511457	0.8308	0.932795	0.793244	0.377274	0.946864	0.707513	0.496063
8	1	0.333333	0.506773	0.847027	0.920691	0.800089	0.38525	0.932384	0.703313	0.507246
9	1	0.333333	0.537135	0.858028	0.94522	0.800913	0.387306	0.957841	0.714902	0.513889
10	1	0.333333	0.528572	0.854392	0.939724	0.799924	0.382901	0.954129	0.718243	0.504543
11	1	0.333333	0.539565	0.860485	0.950072	0.796891	0.385469	0.963836	0.719746	0.503497
12	1	0.333333	0.524568	0.858901	0.939418	0.800203	0.377117	0.954869	0.730536	0.493056
13	1	0.333333	0.552104	0.861324	0.961851	0.801863	0.376876	0.978793	0.736513	0.48951
14	1	0.333333	0.51592	0.851134	0.930794	0.795234	0.387009	0.942303	0.707644	0.510638
15	1	0.333333	0.528907	0.852236	0.939325	0.800848	0.38589	0.951588	0.726544	0.503497
16	1	0.333333	0.531708	0.860914	0.945235	0.803984	0.36799	0.966555	0.73249	0.47973
17	1	0.333333	0.538103	0.856503	0.949538	0.798037	0.380894	0.965408	0.714191	0.503497
18	1	0.333333	0.516728	0.851487	0.938146	0.790498	0.376475	0.954017	0.710696	0.495333
19	1	0.333333	0.536284	0.857127	0.953882	0.792015	0.378602	0.969256	0.707591	0.498408
20	1	0.333333	0.526376	0.853042	0.943709	0.790345	0.385314	0.956036	0.702832	0.508712
21	1	0.333333	0.528137	0.85166	0.941874	0.793788	0.388907	0.952829	0.721115	0.503448
22	1	0.333333	0.513588	0.852096	0.92798	0.797143	0.388384	0.938021	0.703992	0.504051
23	2	0	0.29316	0.650943	0.75034	0.614807	0.657734	0.713278	0.469388	0.666667

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายจาตุรนต์ ไก่แก้ว
ภูมิลำเนา 35 หมู่ 4 ต.แม่นาเรือ อ.เมือง จ.พะเยา 56000
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนฟากกว้านวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: Chaturon0049@gmail.com

ชื่อ นายศิรวัฒน์ อ่อนเหล็ก
ภูมิลำเนา 527 หมู่ 18 ต.ปางมะค่า อ.ขาณุวรลักษบุรี จ.กำแพงเพชร 62140
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนปางมะค่าวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: james_sg1992@hotmail.co.th