ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว: กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น

PROTOTYPE FOR TANGIBLE SURFACE COMPUTING: A CASE STUDY OF COMPUTER-AIDED BASIC MUSICAL NOTATION INSTRUCTION

นางสาวจีราภา ทิพกรณ์ รหัส 52362526

นายอริญชย์ บั้งเงิน รหัส 52363141

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 2 ก.ค. 2556
เลขทะเบียน 162800 18
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร จ536 ๓ 2555

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว: กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น**	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวจีราภา ทิพกรณ์	รหัส 52362526
	นายอริญชย์ บั้งเงิน	รหัส 52363141
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2555	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์)

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

.....กรรมการ
(ดร.พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน)

.....กรรมการ
(อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว: กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น**	
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นางสาวจีราภา ทิพกรณ์**	**รหัส 52362526**
	นายอริญชย์ บั้งเงิน	**รหัส 52363141**
ที่ปรึกษาโครงงาน	**อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์**	
สาขาวิชา	**วิศวกรรมคอมพิวเตอร์**	
ภาควิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์**	
ปีการศึกษา	2555	

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้นำเทคโนโลยีการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสมาประยุกต์เพื่อพัฒนาเป็น "ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว: กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น" ที่ตอบสนองกับสัญลักษณ์โน้ตดนตรี โดยที่ผู้ใช้สามารถวางสัญลักษณ์โน้ตดนตรีบนบรรทัดห้าเส้นที่ปรากฏบนพื้นผิวของตัวต้นแบบ จากนั้นต้นแบบจะทำการเล่นเพลงและแสดงภาพกราฟิกประกอบการเล่นเพลงผ่านทางโพรเจ็กเตอร์ที่ฉายไปบนพื้นผิวของตัวต้นแบบ ในการออกแบบตัวต้นแบบนี้ ในส่วนของฮาร์ดแวร์พื้นผิวใช้หลักการการแพร่กระจายจากด้านหลัง ในส่วนของซอฟต์แวร์ใช้อัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์ในการจำแนกสัญลักษณ์โน้ตดนตรี และใช้อัลกอริทึมการแปลงระยะทางในการหาตำแหน่งของสัญลักษณ์โน้ตดนตรี

Project title	Prototype for Tangible Surface Computing:	
	A Case Study of Computer-Aided Basic Musical Notation Instruction	
Name	Ms. Jeerapa Thipakorn	ID. 52362526
	Mr. Arin Bang-ngoen	ID. 52363141
Project advisor	Mr. Rattapoom Waranusast	
Major	Computer Engineering	
Department	Electrical and Computer Engineering	
Academic year	2012	

Abstract

The Interactive Tangible Musical Notes Surface is an interactive multi-touch surface with ability to interact with tangible musical symbols. Children can explore musical symbols by placing them on the virtual musical staffs displayed on the playing surface, and the system plays the resulting melody. The system senses musical symbols on the surface using the rear diffused illumination technique as a hardware design concept, and displays the processed output back via a projector on to the surface. The main underlying techniques are image classification based on K-nearest neighbor classifier using features derived from musical symbols. The distance transform is also used to find the locations of musical notes.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความเมตตาช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์ ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และคำแนะนำวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ มากมาย และให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญานิพนธ์ รวมทั้งคณะกรรมการโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล ดร.พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน และอาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช ที่ช่วยแนะนำ และชี้แนะถึงสิ่งที่ควรปรับปรุงในโครงงาน คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงท่านตลอดไป

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับคณะผู้จัดทำจนกระทั่งได้มีโอกาสได้จัดทำโครงงานนี้ขึ้น

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้อง ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนให้การทำงานสำเร็จได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวจีราภา ทิพกรณ์
นายอริญชย์ บั้งเงิน

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ซ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2
1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน.....2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....4
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน.....4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....5
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส.....5
2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการออกแบบอุปกรณ์ที่ติดต่อผู้ใช้แบบพื้นผิวสัมผัส.....7
2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ.....11
2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิก.....21
2.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไลบรารีโอเพนซีวี.....24
2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับดนตรี.....25

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน.....27
3.1 การออกแบบการทำงานของระบบ.....27
3.2 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านฮาร์ดแวร์.....29

สารบัญ (ต่อ)

3.3 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์.....43
3.4 การออกแบบการแสดงผลบนพื้นผิว.....50
3.5 การตั้งค่าตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพของสัญลักษณ์โน้ตดนตรี.....51
3.6 การเล่นเพลง.....52

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....53
4.1 ผลการทดลองจำแนกสัญลักษณ์โน้ตดนตรี.....53
4.2 ผลการทดลองการตรวจหาสัญลักษณ์เล่นเพลงและหยุดเพลง.....57
4.3 ผลการทดลองการตั้งค่าตำแหน่งกล้องให้ตรงกับการฉายภาพของสัญลักษณ์..... 58
4.4 ผลการทดลองการเล่นเพลงและแสดงภาพกราฟิก.....58
4.5 สรุปผลการทดลอง.....59

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 60
5.1 บทสรุป.....60
5.2 ปัญหาที่พบ..... 60
5.3 ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหา.....61
5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานในอนาคต.....61

เอกสารอ้างอิง.....62

ภาคผนวก ก..... 64
ภาคผนวก ข..... 65
ภาคผนวก ค..... 76
ภาคผนวก ง..... 78
ภาคผนวก จ..... 80
ภาคผนวก ฉ..... 85

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน.....87

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน....3

2.1 ลักษณะของโน้ตดนตรี และตัวหยุดโน้ตดนตรี....25

3.1 สัญลักษณ์โน้ตดนตรีและตัวหยุดของโน้ตดนตรี....38

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ระบบการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส....5

2.2 ระบบรีแอคเทเบิล....6

2.3 ระบบเซนาคิส....6

2.4 การออกแบบพื้นผิวด้วยวิธี FTIR....7

2.5 ภาพที่จากกล้อง เมื่อใช้พื้นผิวด้วยวิธี FTIR....7

2.6 การออกแบบพื้นผิวด้วยวิธี Rear DI....8

2.7 ภาพที่จากกล้อง เมื่อใช้พื้นผิวด้วยวิธี Rear DI....8

2.8 ภาพที่จากกล้อง เมื่อใช้พื้นผิวด้วยวิธี Front DI....9

2.9 การออกแบบพื้นผิวด้วยวิธี LLP....9

2.10 การออกแบบพื้นผิวด้วยวิธี DSI....10

2.11 ภาพที่จากกล้อง เมื่อใช้พื้นผิวด้วยวิธี DSI....10

2.12 การทำงานเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ....11

2.13 ข้อมูลภาพที่ต้องการขยาย....12

2.14 รูปภาพย่อย (Structuring element)....12

2.15 ภาพหลังจากทำการขยายภาพ....12

2.16 ภาพหลังจากทำการย่อภาพ....13

2.17 ภาพก่อนทำการขยายภาพ....13

2.18 ภาพหลังทำการขยายภาพ....13

2.19 ภาพหลังจากทำการขยายภาพ....14

2.20 ภาพหลังจากทำการย่อภาพ....14

2.21 ผลการแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทา....14

2.22 การแปลงภาพเป็นสีเทา....15

2.23 การแปลงภาพเป็นสีขาวดำ....16

2.24 ฟิลเตอร์ขนาด 3x3....17

2.25 ภาพขนาด 5x5....17

2.26 การกรองข้อมูลโดยใช้ฟิลเตอร์ค่ามัธยฐาน....17

2.27 ภาพก่อนและหลังการกรองข้อมูลโดยใช้ฟิลเตอร์ค่ามัธยฐาน....17

2.28 การปรับความสว่างของภาพ....18

2.29 การปรับความชัดเจนของภาพ....18

สารบัญรูป (ต่อ)

2.30 การจำแนกคลาสด้วยอัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์.....19
2.31 การคำนวณระยะทางระหว่างจุด 2 จุด.....19
2.32 การแปลงระยะทางในมุมมองค่าพิกเซล.....20
2.33 การแปลงระยะทางในมุมมองของรูปภาพ.....20
2.34 การหาคอนทัวร์ของภาพ.....21
2.35 แม่สีระบบ RGB.....22
2.36 แม่สีระบบ CMYK.....23
2.37 แม่สีระบบ HSB.....23
2.38 แม่สีระบบ LAB.....24
2.39 การเปรียบเทียบค่าของตัวโน้ต.....26
2.40 บรรทัด 5 เส้น.....26
2.41 ระดับเสียงบนบรรทัด 5 เส้น.....26
3.1 แผนผังการทางานของระบบการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว.....27
3.2 ส่วนประกอบต่างๆ ภายในตัวต้นแบบ.....28
3.3 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านฮาร์ดแวร์.....29
3.4 หลักการติดตั้งอุปกรณ์บนพื้นผิวแบบการส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลัง.....30
3.5 การออกแบบโครงสร้างตัวต้นแบบจากด้านข้าง ด้วยโปรแกรม SketchUp.....31
3.6 การออกแบบโครงสร้างตัวต้นแบบจากด้านหน้า ด้วยโปรแกรม SketchUp.....31
3.7 การสร้างตัวต้นแบบด้วยเหล็กฉาก.....32
3.8 การออกแบบวงจร (ภายใน) จากการใช้งานโปรแกรม PCB Wizard.....33
3.9 การออกแบบวงจร (ภายนอก) จากการใช้งานโปรแกรม PCB Wizard.....33
3.10 ทดสอบหลอดอินฟราเรดว่าใช้ได้ทุกหลอดหรือไม่.....34
3.11 ตัดแผ่นปริ้นต์พีซีบี ให้ได้ขนาดที่ต้องการ.....34
3.12 เพิ่มหลอดอินฟราเรดลงบนแผ่นปริ้นต์ PCB.....35
3.13 บัดกรีสายไฟให้เชื่อมเข้ากับขั้วของหลอดอินฟราเรด.....35
3.14 วงจรจ่ายไฟ.....35
3.15 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดัดแปลงกล้อง.....36
3.16 ภาพเมื่อถอดส่วนรับภาพของกล้องออก.....36
3.17 ภาพถ่ายหลอดไฟด้วยกล้องอินฟราเรดที่ทาการดัดแปลงแล้ว.....37

สารบัญรูป (ต่อ)

3.18 ภาพถ่ายการกดรีโมททีวีด้วยกล้องอินฟราเรดที่ทาการดัดแปลงแล้ว..... 37
3.19 สัญลักษณ์โน้ตดนตรีที่ใช้กับต้นแบบ.....38
3.20 ภาพการติดตั้งไฟอินฟราเรด..... 39
3.21 ภาพการติดตั้งไฟอินฟราเรดทั้ง 4 มุมของตัวต้นแบบ.....39
3.22 ภาพการติดตั้งกล้องอินฟราเรด..... 40
3.23 ภาพการติดตั้งกระจกเงา.....40
3.24 ภาพการติดตั้งโพรเจ็กเตอร์ 41
3.25 การทำงานของตัวต้นแบบ..... 42
3.26 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์..... 43
3.27 ภาพก่อนและหลังการทำภาพระดับเทา..... 45
3.28 ภาพก่อนและหลังการเพิ่มความสว่างของภาพ..... 45
3.29 ภาพก่อนและหลังการทำภาพขาวดำ.....45
3.30 ภาพก่อนและหลังการทำภาพเบลอด้วยวิธีมีเดียน.....46
3.31 ภาพก่อนและหลังการปิดช่องว่างของภาพ..... 46
3.32 ภาพก่อนและหลังการกลับภาพตามแนวตั้ง.....47
3.33 ผลการจำแนกโน้ตดนตรี..... 49
3.34 การแปลงระยะทาง..... 49
3.35 ภาพไบนารีของทำการแปลงระยะทาง..... 49
3.36 ผลการเรียงลำดับการเล่นเสียงของโน้ตดนตรี..... 50
3.37 ภาพการแสดงผลบนพื้นผิว..... 51
3.38 ภาพการเลือกตำแหน่ง 4 ตำแหน่งในขั้นตอนการตั้งค่ากล้อง.....51
3.39 ภาพจากกล้องเมื่อปุ่มเล่นเพลง.....52
3.40 ภาพไบนารีเมื่อกดปุ่มเล่นเพลง.....52
4.1 กราฟสรุปผลการทดลองการจำแนกโน้ตดนตรี..... 53
4.2 การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวกลมและ ตัวหยุดโน้ตตัวกลม..... 54
4.3 การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวขาวและ ตัวหยุดโน้ตตัวขาว 54
4.4 การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวดำและ ตัวหยุดโน้ตตัวดำ..... 54
4.5 การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวเขบ็ต 1 ชั้นและ ตัวหยุดโน้ตตัวเขบ็ต 1 ชั้น..... 55
4.6 การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวเขบ็ต 2 ชั้นและ ตัวหยุดโน้ตตัวเขบ็ต 2 ชั้น..... 55
4.7 การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวเขบ็ต 3 ชั้นและ ตัวหยุดโน้ตตัวเขบ็ต 3 ชั้น..... 56

สารบัญรูป (ต่อ)

4.8 การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวเขบ็ต 4 ชั้นและ ตัวหยุดโน้ตตัวเขบี็ต 4 ชั้น..... 56
4.9 กรณีตรวจพบสัญลักษณ์เล่นเพลง.....57
4.10 ภาพก่อนและหลังการตั้งค่าตำแหน่งกล้อง..... 58
4.11 ผลการเล่นเพลงและแสดงภาพกราฟิก.....58
4.12 ภาพการแสดงผลของต้นแบบ ในงานประกวดโครงงานมหาวิทยาลัย..... 59

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์มีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก รวมถึงเทคโนโลยีการติดต่อกับผู้ใช้โดยเน้นประสาทสัมผัสทางกาย เช่น ระบบมัลติทัช (Multi-Touch) ระบบหน้าจอสัมผัส (Touch Screen) และการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส (Tangible User Interface) เป็นต้น

การเชื่อมต่อกับผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสเป็นส่วนหนึ่งของระบบการเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยเป็นการนำเอาคุณลักษณะทางกายภาพของวัตถุมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบความจริงเสริม (Augmented Reality, AR) ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ ซึ่งหลักการทำงานของระบบการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสนี้ คือ การรับข้อมูลจากวัตถุทางกายภาพต่างๆ (Physical environment) ยกตัวอย่างเช่น รูปทรงเรขาคณิต ตัวต่อ(Blocks) โทรศัพท์เคลื่อนที่ เงา แสง เป็นต้น และส่วนใหญ่จะตรวจจับด้วยกล้องที่อยู่ภายใต้พื้นที่การทำงาน แล้วใช้วิธีการประมวลผลด้วยภาพเพื่อตรวจจับรูปร่างและตำแหน่งของวัตถุ แล้วทำการประมวลผลข้อมูลในส่วนที่จะเพิ่มให้กับผู้ใช้ และในส่วนข้อมูลภาพนั้นจะสร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิกโดยทำการฉายภาพซ้อนทับลงบนวัตถุด้วยโพรเจ็กเตอร์ ซึ่งระบบการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสนี้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้เป็นธรรมชาติมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์นั้นต้องใช้เมาส์ แป้นพิมพ์ หรืออุปกรณ์รับเข้าชนิดอื่น แต่ถ้าเป็นการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสแล้ว จะใช้เพียงแค่นิ้วมือหรือวัตถุรูปทรงต่างๆ แทน ทำให้ผู้ใช้สามารถรับรู้ได้ด้วยการสัมผัสต่างๆ เช่น การจับต้อง การได้ยิน และการมองเห็น ทำให้ผู้ใช้สะดวกและเพลิดเพลินไปกับการใช้งาน

ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้นำแนวคิดเรื่องการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส มาพัฒนาเป็นต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว: กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น (Prototype for Tangible Surface Computing : A Case Study of Computer-Aided Basic Musical Notation Instruction) เพื่อเป็นต้นแบบระบบและสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบพึ่งตนเอง ซึ่งการทำงานของระบบ คือ การนำวัตถุที่เป็นรูปโน้ตดนตรี วางเรียงตามบรรทัดห้าเส้นบนพื้นผิว แล้วใช้กล้องเว็บแคมซึ่งมีราคาถูกและหาได้ทั่วไป ที่ผ่านการดัดแปลงเป็นกล้องอินฟราเรดแล้ว ตรวจจับวัตถุด้วยแสงสะท้อนที่ได้จากแสงไฟอินฟราเรด แล้วนำผลการตรวจจับนั้นไปทำให้เกิดการตอบสนองต่างๆ ระหว่างผู้ใช้กับวัตถุ และวัตถุกับวัตถุ ซึ่งการตอบสนองนั้นอาจจะ

เป็นการแสดงภาพ เสียง หรือภาพเคลื่อนไหว ซึ่งจะแตกต่างไปตามชนิดของวัตถุ และตำแหน่งของวัตถุ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาระบบการเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัส
2. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบการเชื่อมต่อสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว
3. เพื่อเป็นสื่อการสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1. ตัวต้นแบบซึ่งเป็นอุปกรณ์แสดงผลคล้ายโต๊ะ สามารถแสดงภาพบนพื้นผิวได้
2. ระบบสามารถตรวจจับวัตถุที่อยู่บนพื้นผิวได้ โดยวัตถุที่ใช้จะมีลักษณะเป็นรูปโน้ตดนตรี
3. ตัวต้นแบบสามารถเล่นเสียงโน้ตดนตรีได้ไม่เกินครั้งละ 20 ตัวโน้ต
4. ระบบสามารถตอบสนองกับผู้ใช้ เมื่อผู้ใช้วางวัตถุบนพื้นผิว โดยการแสดงภาพและเสียงประกอบได้
5. ใช้ได้เฉพาะเสียงโน้ตกุญแจซอลเท่านั้น และเป็นจังหวะ 4/4

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับไลบรารีโอเพนซีวี (Opencv Library)
2. ศึกษาข้อมูลการออกแบบตัวต้นแบบและสร้างตัวต้นแบบ
3. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการประมวลผลภาพเบื้องต้น
4. ออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อแยกชนิดของโน้ตดนตรี
5. ออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดการทำงานของโน้ตดนตรี
6. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม
7. แก้ไขข้อผิดพลาดและเก็บรายละเอียดต่างๆ ของโปรแกรม
8. สรุปผลการทำโครงงานและจัดทำรูปเล่มโครงงาน

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2555							ปี 2556		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค
1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับไลบรารีโอเพนซีวี										
2. ศึกษาข้อมูลการออกแบบพื้นผิวและสร้างพื้นผิว										
3. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ										
4. ออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อแยกสัญลักษณ์บนวัตถุ										
5. ออกแบบและเขียนโปรแกรมกำหนดการทำงานของสัญลักษณ์บนวัตถุ										
6. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม										
7. แก้ไขข้อผิดพลาดและเก็บรายละเอียดต่างๆ ของโปรแกรม										
8. สรุปผลการทำโครงงานและจัดทำรูปเล่มโครงงาน										

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาและพัฒนากระบวนการคิดและวิเคราะห์อัลกอริทึมที่เกี่ยวกับการเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัส
2. ได้ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว
3. สามารถนำต้นแบบและระบบที่พัฒนาไปประยุกต์ใช้งานต่อให้เกิดประโยชน์ได้

1.7 งบประมาณ

1. ค่าถ่ายเอกสาร พิมพ์เอกสาร และเข้าเล่ม	1,000	บาท
2. ค่าอุปกรณ์ทำโครงงาน	1,000	บาท
รวมทั้งสิ้น	2,000	บาท

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส

การเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส (Tangible User Interface, TUI) เป็นส่วนหนึ่งของระบบการเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ (Human Computer Interface, HCI) ที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้เป็นธรรมชาติมากยิ่งขึ้นโดยใช้เพียงนิ้วมือหรือวัตถุอื่น แทนอุปกรณ์รับเข้าชนิดต่างๆ

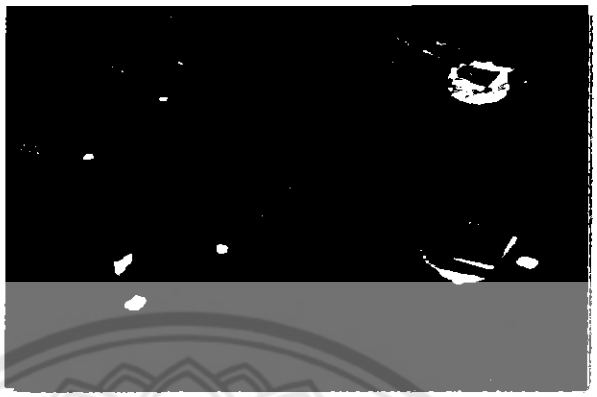
รูปที่ 2.1 ระบบการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส

ที่มา: http://firstlook.blogs.nytimes.com/2009/11/20/a-tangible-times-api/

การเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส หมายถึง การควบคุมกับสิ่งที่สามารถจับต้องได้ (Physical Environment) ส่วนความหมายของสิ่งที่เน้นการสัมผัส (Tangible) ในที่นี้คือสิ่งที่จับต้องได้จริงและแสดงผลผ่านทางส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (Graphic User Interface: GUI) เช่น ในวงการออกแบบลักษณะภูมิประเทศ และสถาปัตยกรรมผังเมือง ที่ผู้ใช้สามารถควบคุมความสูงต่ำของระดับพื้นผิว รวมไปถึงการจำลองแสงอาทิตย์และฉายเงาผ่านสิ่งของที่เน้นการสัมผัส โดยระบบการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส จะใช้การประมวลผลภาพ (Image Processing) ที่ได้จากกล้องซึ่งติดอยู่ด้านล่างของโต๊ะ นำมาใช้สำหรับตรวจจับการสัมผัส ส่วนการแสดงผลเป็นภาพที่สร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิก ฉายจากด้านล่างของโต๊ะด้วยเครื่องฉายโพรเจ็กเตอร์ ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้การเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส เช่น

การสร้างโต๊ะที่มีพื้นผิวแสดงผลแบบจับต้องได้เพื่อใช้ในการเล่นเพลง ซึ่งติดตั้งกล้องและโปรเจคเตอร์ไว้ใต้โต๊ะ ได้แก่ ระบบรีแอคเทเบิล (The reacTable) [12] ที่ควบคุมเสียงเครื่องดนตรี

ไฟฟ้าโดยการวางและเคลื่อนไหววัตถุที่มีสัญลักษณ์ที่กำหนด โดยแต่ละวัตถุจะมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ระบบรีแอคเทเบิล

ที่มา: http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=XtVGg6aYzP0#!

และระบบเซนาคิส (Xenakis) [11] ที่สร้างเสียงเพลงอย่างง่ายด้วยการเคลื่อนไหววัตถุบนโต๊ะโดยจะใช้อินฟราเรดส่องสว่างขึ้นมาที่ด้านบนของโต๊ะ เพื่อทำให้วัตถุที่วางบนโต๊ะเกิดแสงสะท้อนลงมาข้างล่าง และรับภาพจากกล้องอินฟราเรดเพื่อไปประมวลผลและแสดงผลออกมาทางโปรเจคเตอร์ ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ระบบเซนาคิส

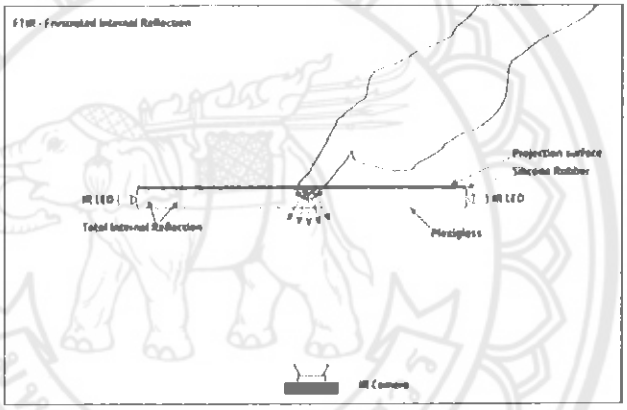
ที่มา: http://xenakis.3-n.de/

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการออกแบบอุปกรณ์ที่ติดต่อผู้ใช้แบบพื้นผิวสัมผัส

2.2.1 ปรากฏการณ์การส่งผ่านของแสงเมื่อเกิดการสะท้อนกลับหมดภายใน (Frustrated Total Internal Reflection : FTIR)[4]

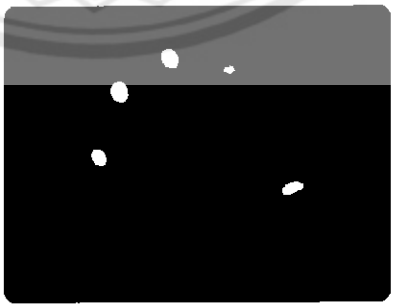
ในรูปแบบนี้แสงอินฟราเรดจะส่องจากด้านข้างของแผ่นอะคริลิก แสงอินฟราเรดจะสะท้อนกลับไปมาอยู่ภายในแผ่นอะคริลิก โดยการสะท้อนกลับหมดระหว่างแผ่นอะคริลิกกับอากาศ เมื่อใช้นิ้วสัมผัสพื้นผิวอะคริลิก จะเกิดแสงที่กระจายลงด้านล่างซึ่งจะมีการตรวจจับโดยกล้องอินฟราเรด

แผ่นยางซิลิโคนมักถูกวางบนแผ่นอะคริลิก เพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกในการลากนิ้วและความไวของการสัมผัส เมื่อแตะแผ่นอะคริลิกอย่างเดียวจะกดยาก และที่นิ้วมือจะมีเหงื่อหรือน้ำมันทำให้มีผลต่อการสะท้อนของแสงได้ ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5



รูปที่ 2.4 การออกแบบพื้นผิวด้วยวิธี FTIR

ที่มา: http://wiki.nuigroup.com/images/f/f7/Ftir.jpg



รูปที่ 2.5 ภาพที่จากกล้อง เมื่อใช้พื้นผิวด้วยวิธี FTIR

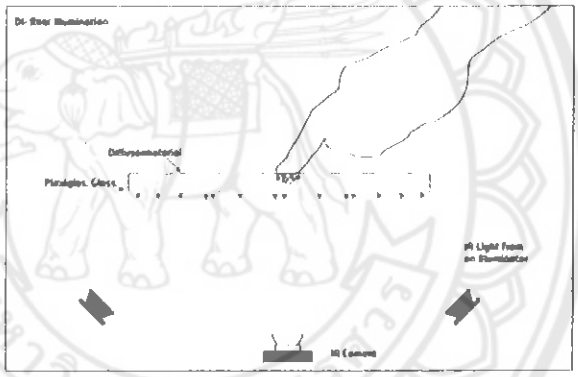
ที่มา: http://wiki.nuigroup.com/images/f/f5/Ftirtouch.jpg

2.2.2 การส่องสว่างแบบแพร่กระจาย (Diffused Illumination : DI)[1]

การส่องสว่างแบบแพร่กระจาย มีรูปแบบ 2 รูปแบบ คือ การส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลัง (Rear DI) และ การส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหน้า (Front DI) ทั้ง 2 รูปแบบนี้มีหลักการพื้นฐานเดียวกัน

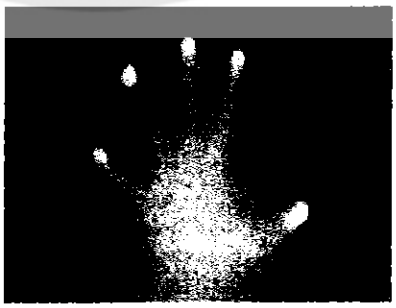
2.2.2.1 การส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลัง (Rear DI)

แสงอินฟราเรดจะส่องมาที่พื้นผิวจากด้านล่างของพื้นผิวสัมผัส แผ่นพลาสติกพีวีซี (PVC) หรือ สติ๊กเกอร์ขุ่นจะถูกติดที่ด้านบนหรือด้านล่างของพื้นผิวสัมผัส เมื่อวัตถุมาสัมผัสบนพื้นผิว จะเกิดการสะท้อนมากกว่าแสงที่อยู่บนสติ๊กเกอร์ขุ่น หรือวัตถุที่อยู่บนฉากหลัง แสงที่มากเกินจะสามารถรับรู้ได้จากกล้อง โดยจะขึ้นอยู่กับแผ่นพลาสติกพีวีซี (PVC) หรือสติ๊กเกอร์ขุ่น วิธีนี้จะสามารถตรวจจับสิ่งที่เคลื่อนที่และวัตถุที่วางอยู่บนพื้นผิวได้ ดังรูปที่ 2.6 และ 2.7



รูปที่ 2.6 การออกแบบพื้นผิวด้วยวิธี Rear DI

ที่มา: http://wiki.nuigroup.com/images/a/a0/Rearditouch.jpg



รูปที่ 2.7 ภาพที่จากกล้อง เมื่อใช้พื้นผิวด้วยวิธี Rear DI

ที่มา: http://wiki.nuigroup.com/images/3/3c/Reardigraphic.jpg

2.2.2.2 การส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหน้า (Front DI)

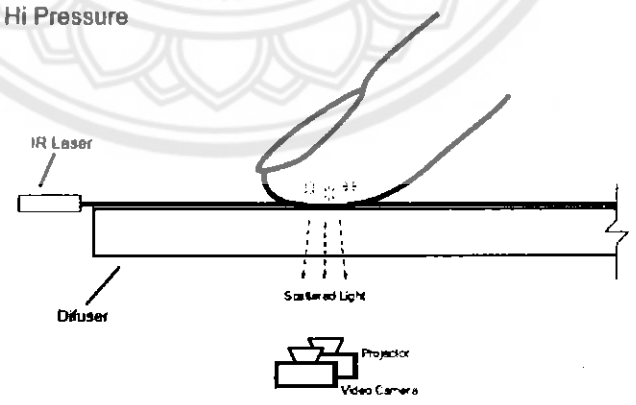
แสงอินฟราเรดจะส่องมาที่พื้นผิวจากด้านบนของพื้นผิวสัมผัส (ส่วนมากจะล้อมรอบ) แผ่นพลาสติกพีวีซี (PVC) หรือสติ๊กเกอร์ขุ่นจะถูกติดที่ด้านบนหรือด้านล่างของพื้นผิวสัมผัส เมื่อวัตถุมาสัมผัสบนพื้นผิว เงาจะถูกสร้างขึ้นบนตำแหน่งที่วัตถุอยู่ โดยที่กล้องสามารถตรวจจับได้ ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ภาพที่จากกล้อง เมื่อใช้พื้นผิวด้วยวิธี Front DI

ที่มา: http://wiki.nuigroup.com/images/a/a3/Frontdigraphic.jpg

2.2.3 แสงเลเซอร์ในแนวราบ (Laser Light Plane : LLP)[7]

แสงอินฟราเรดจากเลเซอร์จะส่องด้านบนของพื้นผิว แสงเลเซอร์จะมีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร และอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องบนพื้นผิว เมื่อนิ้วไปสัมผัสจะเกิดการกระจายตัวของแสงเลเซอร์ ทำให้กล้องที่อยู่ด้านล่างสามารถตรวจจับได้ ดังรูปที่ 2.9

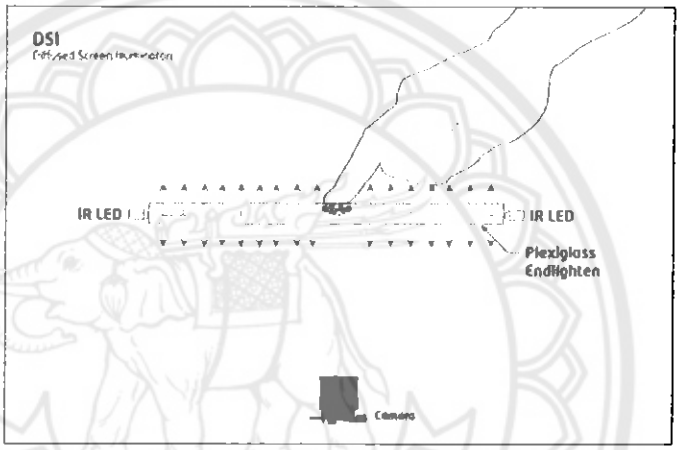


รูปที่ 2.9 การออกแบบพื้นผิวด้วยวิธี LLP

ที่มา: http://wiki.nuigroup.com/images/thumb/5/57/Llp1.jpg/450px-Llp1.jpg

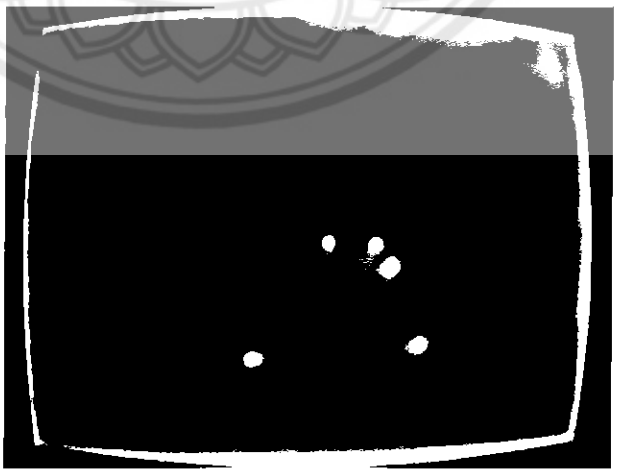
2.2.4 การส่องสว่างพื้นผิวแบบกระจาย (Diffused Surface Illumination : DSI)[2]

วิธีการนี้จะใช้แผ่นอะคริลิกพิเศษ ที่จะกระจายแสงอินฟราเรดอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นผิว วิธีการติดตั้งใช้แบบวิธีปรากฏการณ์การส่งผ่านของแสง เมื่อเกิดการสะท้อนกลับหมดภายใน (FTIR) โดยไม่จำเป็นต้องใช้แผ่นซิลิโคน และเปลี่ยนแผ่นอะคริลิกเป็นแผ่นอะคริลิกแบบพิเศษ แผ่นอะคริลิกแบบพิเศษนี้จะใช้อนุภาคเล็กๆ ภายในวัสดุคล้ายกับมีกระจกแผ่นเล็กๆ เป็นพันๆ แผ่นอยู่ภายใน เมื่อส่องแสงอินฟราเรดเข้าไปที่ขอบของวัสดุนี้แสงจะได้รับการเปลี่ยนเส้นทางและกระจายบนพื้นผิวของแผ่นอะคริลิกดังรูปที่ 2.10 และ 2.11



รูปที่ 2.10 การออกแบบพื้นผิวด้วยวิธี DSI

ที่มา: http://wiki.nuigroup.com/images/8/84/Dsi1.jpg

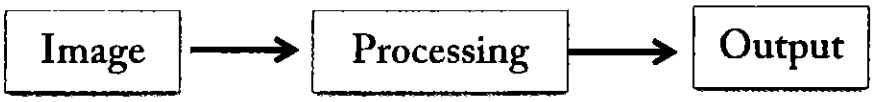


รูปที่ 2.11 ภาพที่จากกล้อง เมื่อใช้พื้นผิวด้วยวิธี DSI

ที่มา: http://wiki.nuigroup.com/images/0/00/Dsi2.jpg

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ (Digital image processing)[5]

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล (Digital format) แล้วสามารถนำเอาข้อมูลภาพเหล่านี้ ไปผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยดิจิตอลคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การทำงานเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ

ที่มา: http://jaratcyberu.blogspot.com/2009/10/image-processing.html

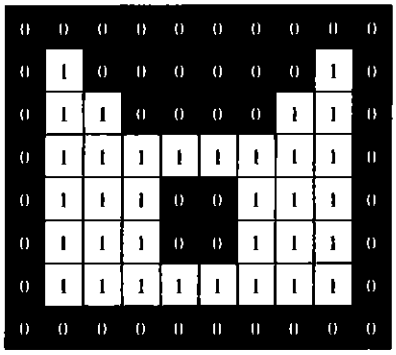
การประมวลผลภาพโดยทั่วไปจะมีขั้นตอนหลักๆ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ

2.3.1 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ[21]

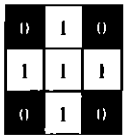
การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ (Morphological Image Processing) เป็นการ ประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพโดยใช้โอเปอร์เรชั่น(Operation) พื้นฐาน ได้แก่ การขยายพิกเซลของภาพ (Dilation) การลดขนาดพิกเซล (Erosion) การเปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ (Opening) การปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ (Closing) เป็นต้น

2.3.1.1 การขยายภาพ (Dilation)

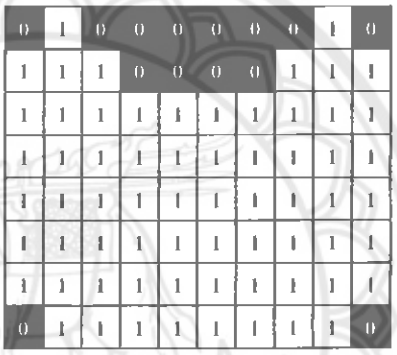
การขยายภาพในที่นี้ คือ การเพิ่มข้อมูลภาพบริเวณขอบของภาพ ซึ่งภาพที่นำมาพิจารณานั้นจะต้องเป็นข้อมูลภาพที่เป็นไบนารี่ ดังรูปที่ 2.13 และการขยายภาพทำได้โดยการกำหนดรูปภาพย่อย (Structuring element) ขึ้นมา ดังรูปที่ 2.14 โดยจุดกลางของรูปภาพย่อยเป็นจุดที่ระบุตำแหน่งที่จะทำการขยายภาพ จากนั้นนำรูปภาพย่อยสแกนไปบนภาพหลักที่ต้องการขยาย โดยพิจารณาเฉพาะตำแหน่งที่มีค่าพิกเซลเป็น 1 คือให้จุดกลางของรูปภาพย่อย วางบนตำแหน่งของภาพหลักที่มีค่าพิกเซลเป็น 1 ถ้าทุกพิกเซลของรูปภาพย่อย อยู่ในภาพหลักทั้งหมดจะไม่ทำการขยายพิกเซลตำแหน่งนั้น แต่ถ้ามีพิกเซลของรูปภาพย่อยอยู่ในภาพหลักแค่บางส่วนจะทำการยูเนียนภาพหลักกับรูปภาพย่อย และทำเช่นนี้กับพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ของภาพหลักทั้งภาพ จะได้ผลลัพธ์การขยายภาพ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.13 ข้อมูลภาพที่ต้องการขยาย



รูปที่ 2.14 รูปภาพย่อย (Structuring element)

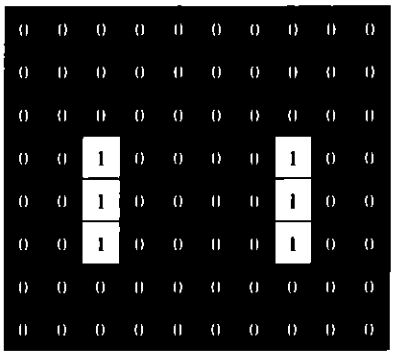


รูปที่ 2.15 ภาพหลังจากทำการขยายภาพ

รูปที่ 2.15 คือการขยายภาพจากรูปที่ 2.13 ด้วยรูปภาพย่อย ตามรูปที่ 2.14 ซึ่งภาพผลลัพธ์นั้นจะไม่เหมือนกันถ้ารูปภาพย่อยแตกต่างกัน

2.3.1.2 การย่อภาพ (Erosion)

การย่อภาพ คือ การลบข้อมูลภาพบริเวณขอบของภาพ ซึ่งมีหลักการคล้ายกับการขยายภาพ คือ ภาพที่นำมาพิจารณาต้องเป็นข้อมูลภาพแบบไบนารี่และมีการกำหนดรูปภาพย่อย (Structuring element) เช่นเดิม การย่อภาพทำได้โดยนำรูปภาพย่อยสแกนไปบนภาพหลักที่ต้องการย่อ โดยวางจุดกลางของรูปภาพย่อยบนตำแหน่งของภาพหลักที่มีค่าพิกเซลเป็น 1 ถ้าทุกพิกเซลของรูปภาพย่อยอยู่ในภาพหลักทั้งหมดจะไม่ทำการลบพิกเซลที่ตำแหน่งนั้น แต่ถ้ามีพิกเซลของรูปภาพย่อยอยู่ในภาพหลักแค่เพียงบางส่วนจะทำการลบพิกเซลที่ตำแหน่งที่วางรูปภาพย่อย ทำเช่นนี้กับทุกพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ของข้อมูลภาพทั้งภาพจะ ได้ผลลัพธ์การย่อภาพ ดังรูปที่ 2.16

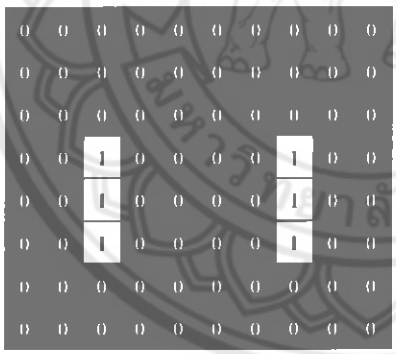


รูปที่ 2.16 ภาพหลังจากทำการย่อภาพ

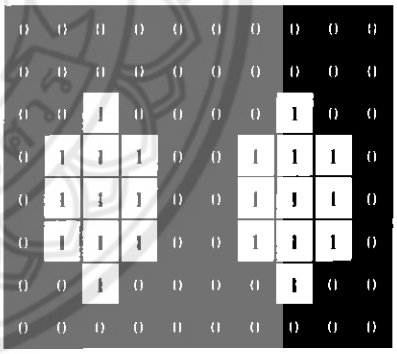
รูปที่ 2.16 คือการย่อภาพจากรูปที่ 2.13 ด้วยรูปภาพย่อยตามรูปที่ 2.14 ซึ่งภาพผลลัพธ์นั้นจะไม่เหมือนกันถ้ารูปภาพย่อยแตกต่างกัน

2.3.1.3 การเปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ (Opening)

การเปิดพื้นที่ว่างภายในภาพทำได้โดยการนำข้อมูลภาพที่ผ่านการย่อภาพ (Erosion) แล้ว ตามด้วยการขยายภาพ (Dilation)โดยใช้รูปภาพย่อย (Structuring element) ชุดเดียวกันดังรูปที่ 2.17 และ 2.18



รูปที่ 2.17 ภาพก่อนทำการขยายภาพ

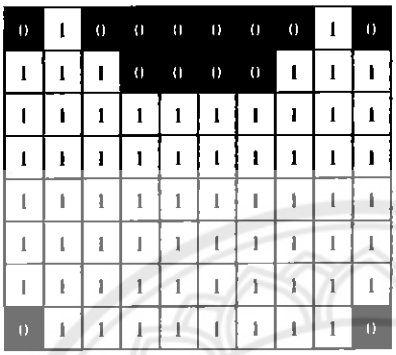


รูปที่ 2.18 ภาพหลังทำการขยายภาพ

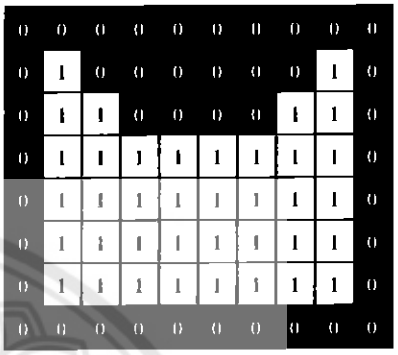
รูปที่ 2.17 คือการย่อภาพจากรูปที่ 2.13 ด้วยรูปภาพย่อย ตามรูปที่ 2.14 และนำภาพที่ได้จากรูปที่ 2.17 มาทำการขยายภาพต่ออีกครั้งด้วยรูปภาพย่อยเดิม จะได้ดังรูปที่ 2.18 คือการเปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ ซึ่งภาพผลลัพธ์นั้นจะไม่เหมือนกันถ้ารูปภาพย่อยแตกต่างกัน

2.3.1.4 การปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ (Closing)

การปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ ทำได้โดยการ นำข้อมูลภาพที่ผ่านการขยายภาพ (Dilation) แล้วตามด้วยการย่อภาพ (Erosion) โดยใช้รูปภาพย่อย (Structuring element) ชุดเดียวกัน ดังรูปที่ 2.19 และ 2.20



รูปที่ 2.19 ภาพหลังจากทำการขยายภาพ

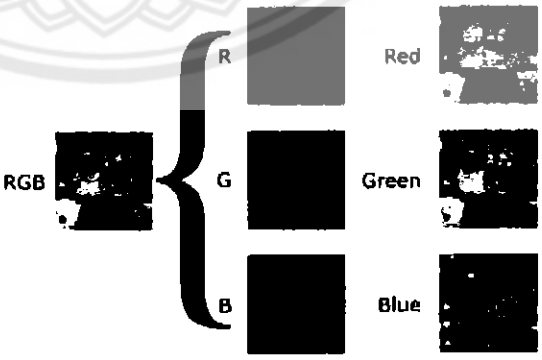


รูปที่ 2.20 ภาพหลังจากทำการย่อภาพ

รูปที่ 2.19 คือการขยายภาพจากรูปที่ 2.13 ด้วย รูปภาพย่อยตามรูปที่ 2.14 และนำภาพที่ได้จากรูปที่ 2.19 มาทำการย่อภาพอีกครั้งด้วย รูปภาพย่อยเดิมจะได้ดังรูปที่ 2.20 คือการปิดพื้นที่ว่างภายในภาพ ซึ่งภาพผลลัพธ์นั้นจะไม่เหมือนกันถ้ารูปภาพย่อยแตกต่างกัน

2.3.2 การแปลงภาพระดับเทา (Gray Scale)[15]

การแปลงภาพสีเทา (Gray Scale) คือ กระบวนการที่ทำให้ความเข้มข้นของแม่สีในภาพมีระดับเดียวกัน คือ ในพิกเซลหนึ่งจะประกอบไปด้วยแม่สี R G B โดยที่ R (Red) คือ สีแดง G (Green) คือ สีเขียว และ B (Blue) คือ สีน้ำเงิน จะเห็นได้ว่ามีถึง 3 ค่าใน 1 พิกเซล ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ผลการแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทา

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Grayscale

การทำให้แม่สี R G B ทั้ง 3 มีค่าเท่ากัน ใช้สมการดังนี้

$$G' = \frac{R + G + B}{3} \quad (2.1)$$

หรือ

$$G = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad (2.2)$$

โดยที่

G คือ ค่าระดับสีเทา

R คือ ค่าระดับสีแดง

G คือ ค่าระดับสีเขียว

B คือ ค่าระดับสีน้ำเงิน

รูปที่ 2.22 การแปลงภาพเป็นสีเทา

ที่มา: http://dc252.4shared.com/doc/WImQcXv_/preview.html

2.3.3 การแปลงภาพสีขาวดำ (Threshold)[14]

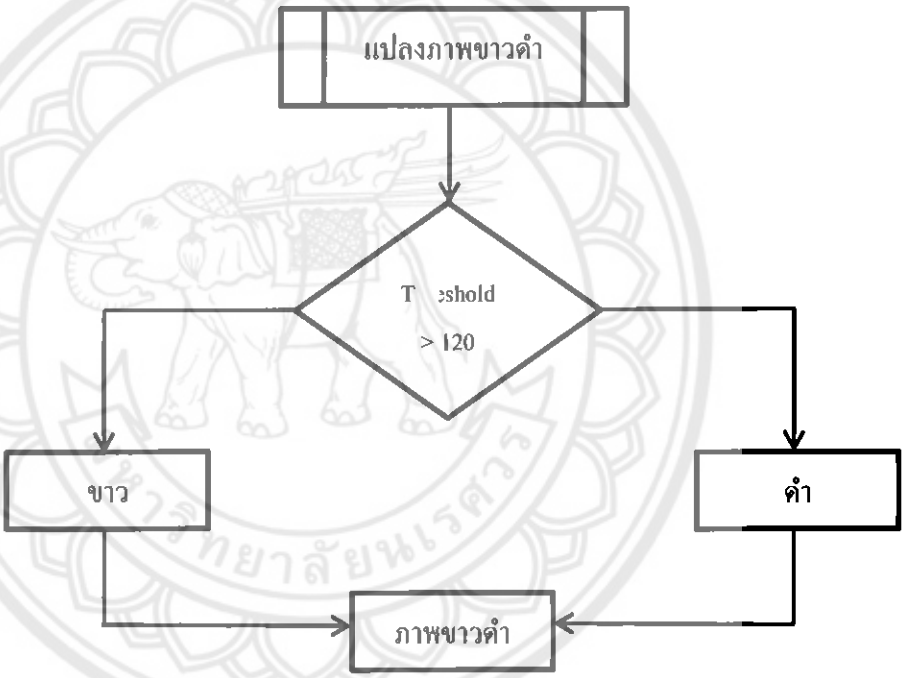
การแปลงภาพสีขาวดำ(Threshold) คือ การแปลงภาพข้อมูลภาพที่มีความเข้มหลายระดับให้เป็นภาพที่มีระดับความเข้ม 2 ระดับ โดยที่ 1 จุดภาพ มีค่าได้แค่ 2 ค่าเท่านั้น คือ 1 กับ 0

1 หมายถึง จุดที่เป็นสีดำ

0 หมายถึง จุดที่เป็นสีขาว

โดยการพิจารณาว่าจุดใดควรจะเป็นจุดขาวหรือจุดดำ ซึ่งเปรียบเทียบกันระหว่างจุดภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่ง เรียกว่าค่า Threshold ซึ่งมีค่าได้ตั้งแต่ 0 - 255

- หากค่าของพิกเซลมีค่าน้อยกว่าค่า Threshold ก็ให้พิกเซลนั้นมีค่าเป็น 0
- หากค่าของพิกเซลมีค่ามากกว่าค่า Threshold ก็ให้พิกเซลนั้นมีค่าเป็น 1

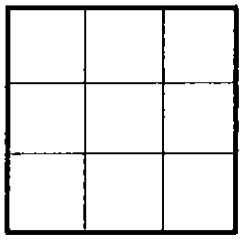


รูปที่ 2.23 การแปลงภาพเป็นสีขาวดำ

ที่มา: http://dc252.4shared.com/doc/WImQcXv_/preview.html

2.3.4 การกรองข้อมูลโดยใช้ฟิลเตอร์ค่ามัธยฐาน (Median Filter)[9]

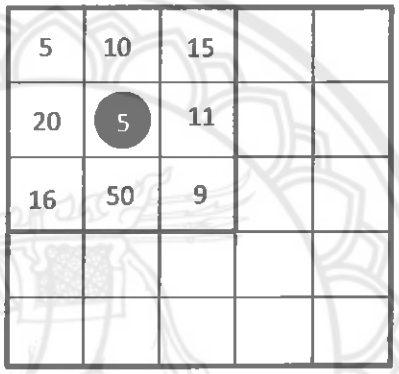
วิธีการนี้จะนำเอาความเข้มแสงของจุดที่ตรงกันในภาพต่างๆ มาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก จากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางไปใช้ หากจำนวนภาพทั้งหมดเป็นจำนวนคู่ ค่าทั้งสองที่อยู่ตรงกลางจะนำมาหาค่าเฉลี่ย วิธีการนี้จะต้องใช้การเรียงลำดับซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการคำนวณสูง แต่ข้อดีคือไม่สูญเสียความคมชัด



รูปที่ 2.24 ฟิลเตอร์ขนาด 3x3

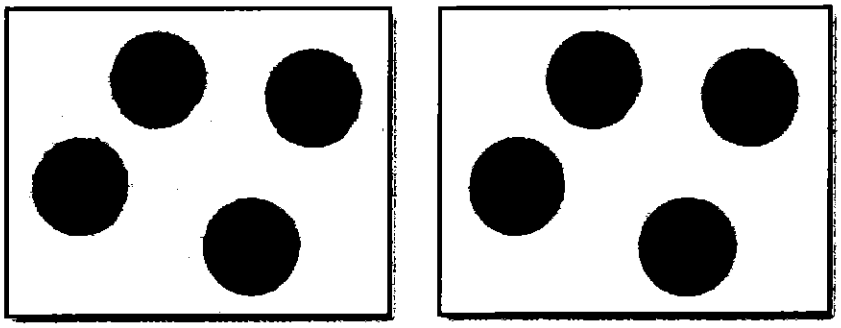
5	10	15	15	15
20	5	11	5	12
16	50	9	2	60
2	5	11	12	10
15	50	2	2	22

รูปที่ 2.25 ภาพขนาด 5x5



รูปที่ 2.26 การกรองข้อมูลโดยใช้ฟิลเตอร์ค่ามัธยฐาน

ขั้นตอนการกรองข้อมูลโดยใช้ฟิลเตอร์ค่ามัธยฐานนั้นทำได้โดยการ นำฟิลเตอร์ ดังรูปที่ 2.24 ทาบลงไปที่ภาพ ดังรูปที่ 2.25 ทีละพิกเซล จากนั้นนำค่าพิกเซลที่ถูกครอบด้วยฟิลเตอร์ รูปที่ 2.26 มาเรียงลำดับจากน้อยไปมาก จะได้เป็น 5 5 9 10 11 15 16 20 50 จากนั้นเลือกค่าที่อยู่ตรงกลาง คือ 11 เพราะฉะนั้นค่ามัธยฐานในฟิลเตอร์นี้ก็คือ 11 จากนั้นทำเช่นนี้กับทุกพิกเซล จนครบทั้งภาพ รูปที่ 2.27 เป็นตัวอย่างภาพก่อนและหลังทำการกรองข้อมูลโดยใช้ฟิลเตอร์ค่ามัธยฐาน



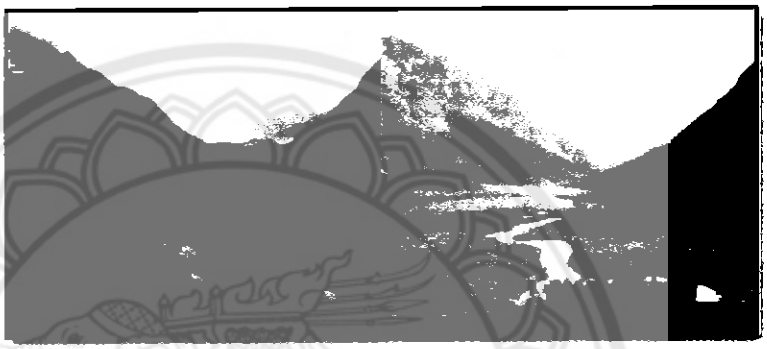
รูปที่ 2.27 ภาพก่อนและหลังการกรองข้อมูลโดยใช้ฟิลเตอร์ค่ามัธยฐาน

ที่มา: http://www.vcharkarn.com/project/upload/0/387_1.pdf

2.3.5 การปรับความสว่างและความชัดเจนของภาพ (Brightness/Contrast Enhancement)[18]

2.3.5.1 ความสว่างของภาพ (Brightness)

หลักการเพิ่มและลดความสว่างของภาพ ทำได้โดยการนำค่าคงที่ มาลบและบวกกับทุกพิกเซลในรูปภาพที่ต้องการ ซึ่งถ้านำค่าคงที่มาบวกกับทุกพิกเซลในรูปภาพจะทำให้รูปภาพสว่างมากขึ้น ดังรูปที่ 2.28 แต่ถ้านำค่าคงที่มาลบออกจากค่าพิกเซลในรูปภาพจะทำให้รูปภาพสว่างน้อยลง



รูปที่ 2.28 การปรับความสว่างของภาพ

ที่มา: http://pippin.gimp.org/image_processing/gen_images/brightness.png

2.3.5.2 ความคมชัดของภาพ (Contrast)

หรือ ความเปรียบต่าง เป็น การเปรียบเทียบกันระหว่างส่วนที่**สว่างที่สุดกับส่วน**ที่มืดที่สุดว่าห่างกันเท่าไหร่ ถ้าห่างกันมาก หมายถึงความเปรียบต่างมีมาก โดยที่**ความมืดที่สุดจะมี**ระดับความสว่างเท่ากับ 0 ส่วนความสว่างที่สุดจะมีระดับความสว่างเท่ากับ 255 **ซึ่งหลักการของ**คอนทราสท์ คือการนำค่าคงที่คูณกับค่าพิกเซลในภาพทั้งหมด ซึ่งจะได้ผลของ**การทำคอนทราสท์** ดังรูปที่ 2.29

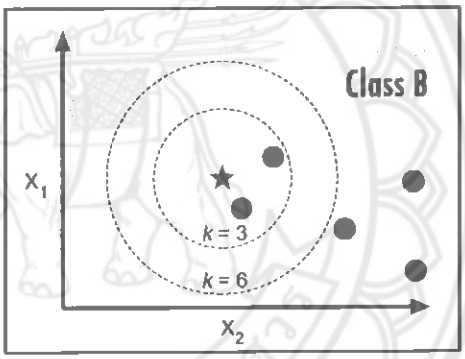
รูปที่ 2.29 การปรับความชัดเจนของภาพ

ที่มา: http://pippin.gimp.org/image_processing/gen_images/contrast.png

2.3.6 เคเนียร์เรสต์เนเบอร์ (K-Nearest Neighbors)[6]

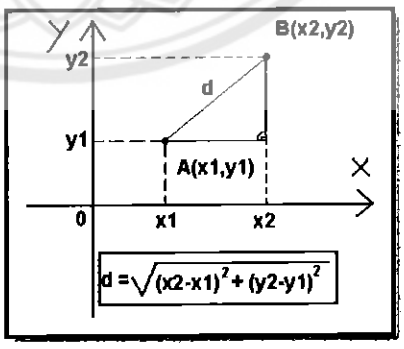
เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล (Classification)ซึ่งข้อมูลที่นำมาเรียนรู้ (Training data) จะต้องมีสัญลักษณ์ (Label) คอยบอกไว้ว่าคือข้อมูลอะไร ดังนั้น จึงเป็นการจัดกลุ่มข้อมูลที่อยู่ใกล้กันเข้าไว้ด้วยกัน โดยที่ค่า K หมายถึงจำนวนของข้อมูลที่นำมาพิจารณา โดยการกำหนดค่า K ควรกำหนดเป็นเลขคี่

ยกตัวอย่างเช่นรูปที่ 2.30 รูปดาวสีแดง คือ ข้อมูลที่เราต้องการพิจารณาว่าคือคลาสอะไร โดยเริ่มจากหาระยะห่างระหว่างจุดดาวสีแดง กับทุกๆ จุดบนกราฟ โดยใช้สูตรการคำนวณดังรูปที่ 2.31 จากนั้นดูว่าค่า K มีค่าเท่าไร ถ้าค่า K = 3 หมายถึง ให้สนใจเฉพาะ 3 จุดแรกที่มีระยะห่างจากจุดที่เราต้องการพิจารณาน้อยที่สุด แล้วดูว่า ใน 3 จุดแรกนั้นเป็นคลาสไหนมากที่สุด ดังเช่นในรูปที่ 2.30 ที่ค่า K = 3 จะสรุปได้ว่า จุดดาวสีแดงเป็นคลาส B เนื่องจากมีจุดของคลาส B จำนวน 2 จุด และมีจุดของคลาส A จำนวน 1 จุด แต่ถ้าค่า K = 6 จะสรุปได้ว่า จุดดาวสีแดง เป็นคลาส A



รูปที่ 2.30 การจำแนกคลาสด้วยอัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์

ที่มา: http://1.bp.blogspot.com/-5IJFjAYvQ7Q/UIr7Qp1wvOI/AAAAAAAABAc/r_KtPGaat9A/s400/knnConcept.png



รูปที่ 2.31 การคำนวณระยะทางระหว่างจุด 2 จุด

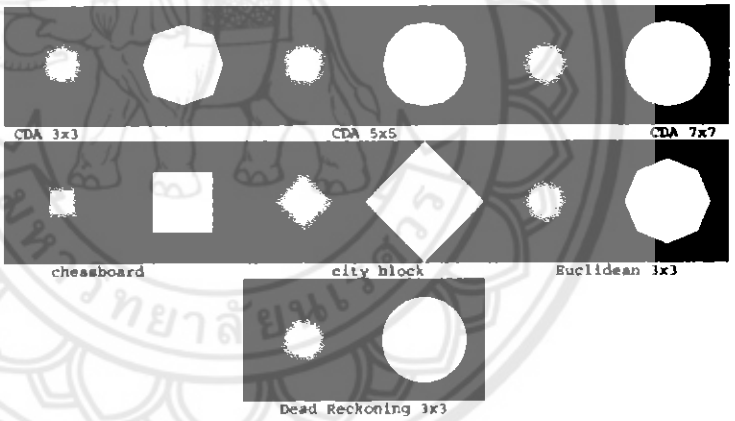
ที่มา: http://www.pro9ramming.com/pictures/formula_coordinate.jpg

2.3.7 การแปลงระยะทาง (Distance Transform)[3]

เป็นการแปลงข้อมูลขอบภาพไบนารีเป็นข้อมูลภาพระยะทาง โดยแปลงจากภาพเส้นขอบมาเป็นแผนที่ระยะทาง (Distance Map) ซึ่งแต่ละจุดภาพในแผนที่ระยะทาง จะเก็บค่าระยะห่างระหว่างจุดภาพนั้นถึงเส้นขอบที่ใกล้ที่สุด ดังรูปที่ 2.32 ถ้าระยะห่างจากเส้นขอบยิ่งมาก ภาพยิ่งมีความสว่างมาก ดังรูปที่ 2.33

รูปที่ 2.32 การแปลงระยะทางในมุมมองค่าพิกเซล

ที่มา: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/f/f7/Distance_Transformation.gif

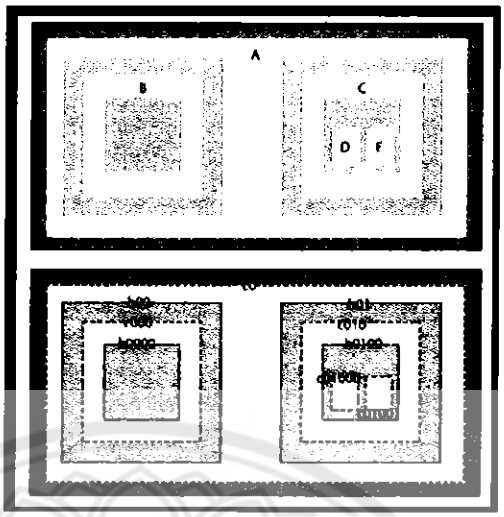


รูปที่ 2.33 การแปลงระยะทางในมุมมองของรูปภาพ

ที่มา: http://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S1077314204000682-gr4.jpg

2.3.8 คอนทัวร์ (Contour)[8]

เส้นคอนทัวร์ เป็นเส้นที่บอกขอบเขตและพื้นที่ของวัตถุที่อยู่ในภาพ เมื่อมีวัตถุในภาพหลายวัตถุ หรือเมื่อมีการแบ่งวัตถุในภาพออกเป็นหลายส่วน ยกตัวอย่างเช่น การรับภาพจากกล้องวิดีโอ ต้องนำภาพที่ได้มาทำการหาคอนทัวร์ เพื่อทำให้คอมพิวเตอร์รู้ว่ามีวัตถุอยู่ในภาพ มีขอบเขตและมีพื้นที่เท่าไร และการหาคอนทัวร์ยังสามารถบอกได้ว่า วัตถุในภาพนั้น เป็นวัตถุเดียวกันหรือไม่



รูปที่ 2.34 การหาคอนทัวร์ของภาพ

ที่มา: http://sapachan.blogspot.com/2010/04/detect-edge-canny-edge-contour-opencv.html

จากรูปที่ 2.34 รูปด้านบนจะประกอบไปด้วยส่วนของ A B C D และE เมื่อเราทำการหาคอนทัวร์ จะได้ตามรูปด้านล่าง ซึ่งส่วนที่เป็นเส้นประ จะเป็นขอบเขตด้านนอกของพื้นที่สีขาว และส่วนที่เป็นเส้นจุดจะเป็นขอบเขตด้านในของพื้นที่สีขาว

2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิก (Computer Graphic)[17]

ปัจจุบันภาพกราฟิกมีบทบาทกับงานด้านต่างๆ เป็นอย่างมาก เช่น งานนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของเส้นกราฟ กราฟแท่ง แผนภูมิ การใช้ภาพกราฟิกประกอบการโฆษณาสินค้าต่างๆ การสร้างเว็บเพจ การสร้างสื่อการสอน การสร้างการ์ตูน การสร้างโลโก และงานออกแบบต่างๆ เป็นต้น

2.4.1 หลักการใช้สีและแสงในคอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์กราฟิก หมายถึง การสร้าง การตกแต่งแก้ไข หรือการจัดการเกี่ยวกับรูปภาพโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการจัดการ ซึ่งภาพกราฟิก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ภาพกราฟิกแบบ 2 มิติ และแบบ 3 มิติ

2.4.1.1 ภาพกราฟิกแบบ 2 มิติ

ภาพกราฟิกแบบ 2 มิติ คือภาพที่พบเห็นได้ทั่วไป เช่น ภาพถ่าย รูปวาด ภาพกราฟลายเส้น สัญลักษณ์ รวมถึงการ์ตูนต่างๆ ในโทรทัศน์ ซึ่งภาพกราฟิกแบบ 2 มิตินั้น แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

แบบแรสเตอร์ (Raster) และแบบเวกเตอร์ (Vector) โดยที่ภาพกราฟิกแบบแรสเตอร์ คือ ภาพที่เกิดจากจุดสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ หลาย ๆ จุด มารวมกัน ส่วนภาพกราฟิกแบบเวกเตอร์ คือภาพที่เกิดจากการคำนวณ หรือการอ้างอิงทางคณิตศาสตร์

2.4.1.2 ภาพกราฟิกแบบ 3 มิติ

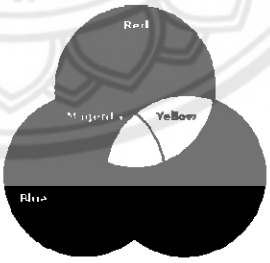
คอมพิวเตอร์กราฟิก 3 มิติ คือภาพที่สร้างขึ้นจากการจำลองโมเดล 3 มิติทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การคำนวณต่างๆ เช่น พีชคณิตเชิงเส้น ตรีโกณมิติ เพื่อหาค่าความลึกของภาพ หรืออาจหมายถึงการคำนวณอื่นๆ เพื่อเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโมเดล 3 มิติ ทำให้ได้ภาพที่มีสีและแสงเงาเหมือนจริง เหมาะสำหรับการออกแบบและสถาปัตยกรรม เช่น การผลิตรถยนต์ และภาพยนตร์การ์ตูน 3 มิติ เป็นต้น

2.4.3 หลักการใช้สีและแสงในคอมพิวเตอร์

สีที่ใช้งานด้านกราฟิกทั่วไปมี 4 ระบบ คือ

2.4.2.1 ระบบสี RGB

ระบบสี RGB เป็นระบบสีของแสง เกิดจากการหักเหของแสงสีขาวผ่านแท่งแก้วปริซึม ทำให้เกิดแถบสีที่เรียกว่า สีรุ้ง (Spectrum) คือ แดง แสด เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม ม่วง โดยที่แสงสีม่วงมีความถี่คลื่นสูงที่สุด และแสงสีแดงมีความถี่คลื่นต่ำที่สุด สีทั้งหมดนั้นเกิดจากการผสมกันของแม่สี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีเขียว (Green) ซึ่งการผสมกันของแม่สีทั้ง 3 ทำให้เกิดสีใหม่อีก 3 สี คือ สีม่วงแดง(Magenta) สีฟ้า(Cyan) และสีเหลือง(Yellow) ดังรูปที่ 2.35 และถ้าฉายแสงสีทั้งหมดรวมกันจะได้แสงสีขาว โดยทั่วไประบบสี RGB นิยมใช้ในการฉายภาพยนตร์ การบันทึกภาพวิดีโอ ภาพโทรทัศน์ ภาพจากจอคอมพิวเตอร์ เป็นต้น



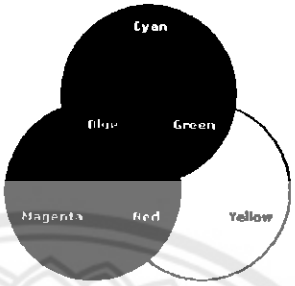
รูปที่ 2.35 แม่สีระบบ RGB

ที่มา: http://www.sketchpad.net/basics4.htm

2.4.2.2 ระบบสี CMY หรือ CMYK

ระบบสี CMY คือระบบที่ใช้กับเครื่องพิมพ์ที่พิมพ์ออกทางกระดาษหรือวัสดุผิวเรียบอื่นๆ ซึ่งประกอบด้วยสีหลัก 3 สีคือ สีฟ้า (Cyan) สีม่วงแดง (Magenta) สีเหลือง (Yellow) ซึ่งสีดำจากการผสมของระบบ CMY นั้น จะได้สีดำที่ไม่ดำสนิท แต่เนื่องจากระบบของเครื่องพิมพ์นั้น

จำเป็นต้องใช้สีดำเป็นส่วนมากทำให้ต้องเพิ่มสีดำขึ้นมาอีกสี คือสีดำบริสุทธิ์ ในที่นี้ คือตัว K ที่เพิ่มเข้ามา เป็น CMYK หลักการของการผสมสี คือ หมึกสีหนึ่งจะดูดกลืนแสงจากสีหนึ่งแล้วสะท้อนกลับออกมาเป็นสีต่างๆ เช่น สีฟ้าดูดกลืนแสงของสีม่วงแดงแล้วสะท้อนออกมาเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าสีที่สะท้อนออกมาจะเป็นสีหลักของระบบ RGB ดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 แม่สีระบบ CMYK

ที่มา: http://www.punyisa.com/photoshop/graphic/graphic4.html

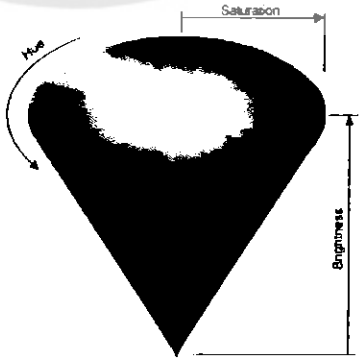
2.4.2.3 ระบบสี HSB

เป็นระบบสีแบบการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ก. สีสันหรือเฉดสี (Hue) คือสีต่างๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุแล้วเข้าสู่สายตาของเรา ซึ่งมักเรียกสีตามชื่อของสี เช่น สีเขียว สีเหลือง สีแดง เป็นต้น

ข. ความอิ่มของสี (Saturation) โดยค่าความอิ่มตัวของสีนี้จะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนด ค่าความอิ่มตัวเป็น 0 สีจะมีความสดน้อย แต่ถ้ากำหนดเป็น 100 สีจะมีความสดมาก

ค. ความสว่างของสี (Brightness) โดยค่าความสว่างของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนด ค่าความสว่างเป็น 0 ความสว่างของสีจะน้อยคือเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดที่ 100 สีจะมีความสว่างมากที่สุด



รูปที่ 2.37 แม่สีระบบ HSB

ที่มา: http://www.learners.in.th/blogs/posts/393715

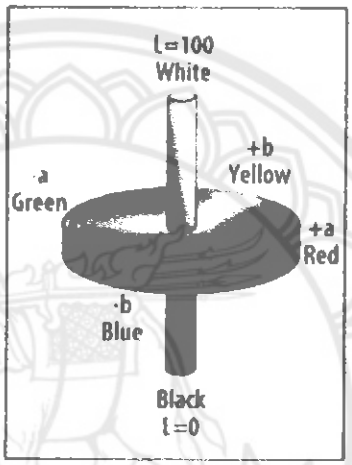
2.4.2.4 ระบบสี LAB

เป็นระบบสีที่ไม่ขึ้นกับอุปกรณ์ใด ๆ (Device Independent) โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ก. "L" เป็นการกำหนดความสว่างซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดเป็น 0 จะกลายเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดเป็น 100 จะเป็นสีขาว

ข. "A" เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีเขียวไปสีแดง

ค. "B" เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีน้ำเงินไปเหลือง



รูปที่ 2.38 แม่สีระบบ LAB

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

2.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไลบรารีโอเพนซีวี[10]

โอเพนซีวี (Open Source Computer Vision: OpenCV) เป็นไลบรารี (Library)ในภาษาซีพลัสพลัส (C++) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยได้รับการสนับสนุนจาก อินเทล คอร์ปอร์เรชั่น จำกัด เป็นซอฟต์แวร์แบบเปิดเผยรหัส (Library Open Source) ซึ่งไลบรารีโอเพนซีวี ได้มีการรวบรวมฟังก์ชั่นต่างๆ สำหรับใช้ในการประมวลผลภาพ (Image Processing) และคอมพิวเตอร์วิทัศนศาสตร์ (Computer Vision) เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อให้สามารถนำไปต่อยอดพัฒนาโปรแกรมต่างๆ ได้ง่าย ใช้ได้บนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) และระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดวส์ (Microsoft Windows) ซึ่งสามารถพัฒนาโปรแกรมได้หลากหลายภาษา จุดเด่นในด้านความสามารถของไลบรารีโอเพนซีวี คือสามารถประมวลผลภาพดิจิตอลได้ทั้งภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว เช่น ภาพจากกล้องวีดีโอ หรือไฟล์วีดีโอ เป็นต้น โดยไม่ยึดติดทางด้านฮาร์ดแวร์ทำให้โอเพนซีวี สามารถ

พัฒนาโปรแกรมได้หลากหลายภาษา รวมถึงมีฟังก์ชันสำเร็จรูปสำหรับจัดการข้อมูลภาพ และการประมวลผลภาพพื้นฐาน เช่น การหาขอบภาพ การกรองข้อมูลภาพ

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ไลบรารีโอเพนซีวี ได้แก่ การจดจำใบหน้า (Face Recognition) ม่านตา (iris Recognition) การประมวลผลเกี่ยวกับภาพและสัญญาณ (Image and Signal Processing) การตรวจสอบลักษณะวัตถุจากภาพหรือวิดีโอ (Object Identification) ตรวจสอบขอบหรือด้านของวัตถุ (Edge Detection) ตรวจสอบความเคลื่อนไหว (Motion Detection) และอื่นๆ

2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับดนตรี [16]

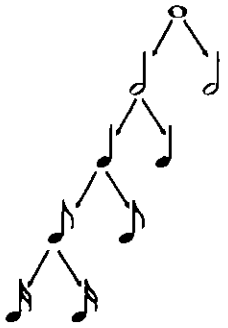
2.6.1 โน้ตดนตรี

โน้ตดนตรีเป็นระบบการบันทึกแทนเสียงดนตรีที่สามารถบอกหรือสื่อให้นักดนตรีทราบถึงความสั้น ความยาว ความสูง ความต่ำของระดับเสียงได้ซึ่งความสั้นยาวของเสียงเรียกว่าจังหวะ (Time) และ ความสูงต่ำของเสียงเรียก ว่า ระดับเสียง (Pitch) และในโน้ตดนตรีนั้นจะมีสัญลักษณ์ที่ใช้บันทึกความสั้นและความยาวของเสียงเงียบ เรียกว่า ตัวหยุด โดยที่ตัวหยุดแต่ละตัวจะมีรูปร่างชื่อ และมีค่าเท่ากับตัวโน้ตแต่ละตัว ดังตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.39

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงลักษณะของโน้ตดนตรี และตัวหยุดโน้ตดนตรี

ตัวโน้ต	ตัวหยุด	ค่าของตัวโน้ต	ชื่อไทย	ชื่ออังกฤษ	ชื่ออเมริกัน
		4 จังหวะ	ตัวกลม	Semibreve	Whole note
หรือ		2 จังหวะ	ตัวขาว	Minim	Half note
หรือ		1 จังหวะ	ตัวดำ	Crotchet	Quarter note
หรือ		½ จังหวะ	ตัวเขบ็ต 1 ชั้น	Quaver	Eighth note
หรือ		¼ จังหวะ	ตัวเขบ็ต 2 ชั้น	Semi Quaver	Sixteenth note

ที่มา: http://www.oknation.net/blog/print.php?id=201022



รูปที่ 2.39 การเปรียบเทียบค่าของตัวโน้ต

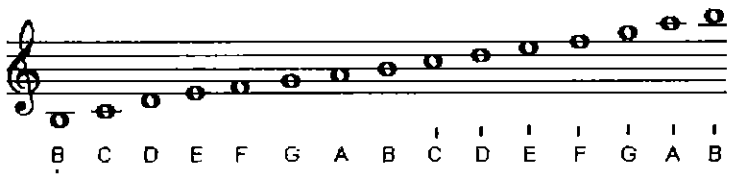
ที่มา: http://www.oknation.net/blog/print.php?id=201022

2.6.2 บรรทัดห้าเส้น

บรรทัดห้าเส้น คือกลุ่มของเส้นตรงตามแนวนอนจำนวน 5 เส้น และอยู่ห่างเป็นระยะเท่ากันเป็นจำนวน 4 ช่อง ดังรูปที่ 2.40 ใช้สำหรับบันทึกตัวโน้ตตามระดับเสียง ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยความสูงต่ำของตัวโน้ตที่ปรากฏบนบรรทัดห้าเส้น การนับเริ่มต้นเส้นที่หนึ่งจากล่างสุด แล้วนับขึ้นมาตามลำดับจนถึงเส้นที่ห้า การนับช่องก็นับจากล่างขึ้นบนเช่นกัน ตัวโน้ตสามารถเขียนทาบกับเส้น หรือเขียนลงในช่องระหว่างเส้น ก็ได้ซึ่งเสียงที่ได้ก็จะแตกต่างกันออกไป ดังรูปที่ 2.41 ดังนั้นบรรทัดห้าเส้นจึงสามารถบันทึกระดับเสียงของตัวโน้ตได้ 11 ระดับ สำหรับเสียงที่สูงกว่าหรือต่ำกว่านี้ จะใช้เส้นน้อย (Ledger line) เข้ามาช่วย การที่จะบอกว่าตัวโน้ตที่บันทึกอยู่เป็นเสียงอะไร สามารถดูได้จากกุญแจประจำหลักที่กำกับอยู่ เช่น กุญแจซอล ที่คาบอยู่บนเส้นที่สองโดยพื้นฐาน จะทำให้ทราบว่าโน้ตที่คาบอยู่บนเส้นที่สองเป็นเสียง "ซอล" หากไม่มีกุญแจประจำหลักบนบรรทัดห้าเส้น ก็จะไม่สามารถอ่านโน้ตได้

รูปที่ 2.40 บรรทัด 5 เส้น

ที่มา: http://www.kongmusic.in.th/unit1Clef.php



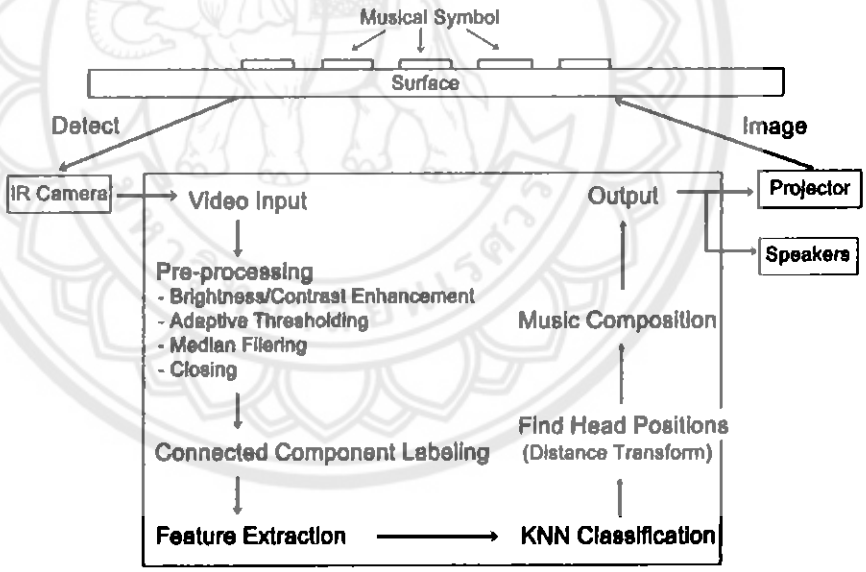
รูปที่ 2.41 ระดับเสียงบนบรรทัด 5 เส้น

ที่มา: http://www.pantown.com/board.php?id=11555&area=&name=board11&topic=4&action=view

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงการ

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงระบบการทำงานของการออกแบบและพัฒนาต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว: กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น (Prototype for Tangible Surface Computing: A Case Study of Computer-Aided Basic Musical Notation Instruction) โดยจุดประสงค์ของโครงงานนี้ คือ เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบการเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิวที่สามารถรับข้อมูลจากกล้องอินฟราเรด แล้วนำไปประมวลผลให้เกิดเป็นภาพกราฟิกบนพื้นผิว และเสียงประกอบ ดังนั้นจึงแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของซอฟต์แวร์ (Software) และส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware)

3.1 การออกแบบการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของระบบการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว

3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว กรณีศึกษาโน้ตดนตรีเบื้องต้น

1. วางโน้ตดนตรีไว้บนพื้นผิวของตัวต้นแบบ
2. กล้องอินฟราเรดจะทำการรับภาพโน้ตดนตรีที่อยู่บนพื้นผิวของตัวต้นแบบ

3. นำภาพที่ได้ไปทำการประมวลผลภาพเบื้องต้น ด้วยการใช้ไลบรารีโอเพนซีวี เพื่อลดสัญญาณรบกวน และทำให้ภาพมีความชัดเจนมากขึ้น

4. นำภาพที่ได้จากการประมวลผลภาพเบื้องต้น เข้าสู่กระบวนการจำแนกชนิดของโน้ตดนตรีด้วยอัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์ (K-Nearest Neighbors)

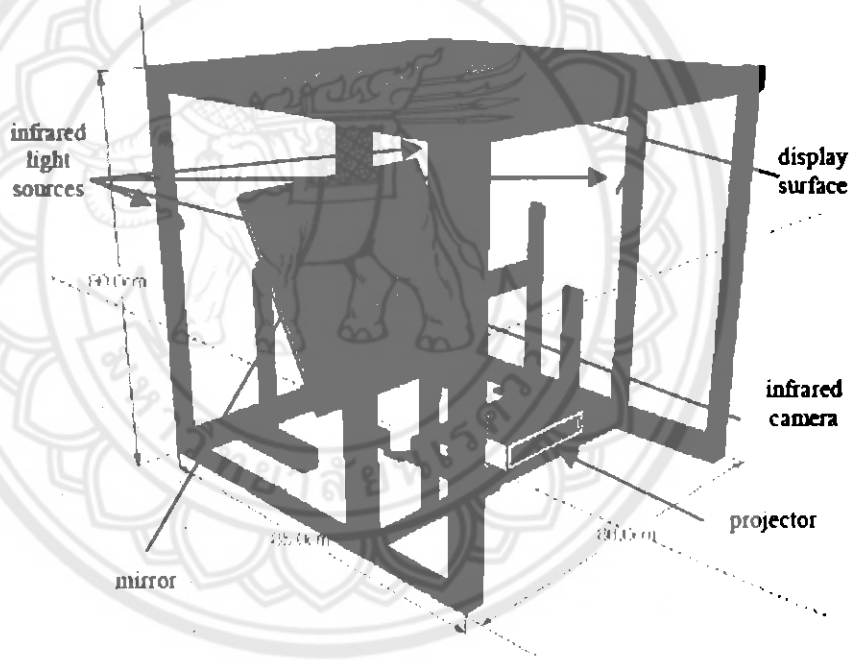
5. เขียนโปรแกรมหาหัวของโน้ตดนตรี เพื่อใช้ในการระบุตำแหน่งการเล่นเสียง

6. จัดเรียงลำดับการเล่นเสียงของโน้ตดนตรี

7. สร้างบรรทัด 5 เส้น เพื่อใช้ในการแยกความสูงต่ำของเสียง

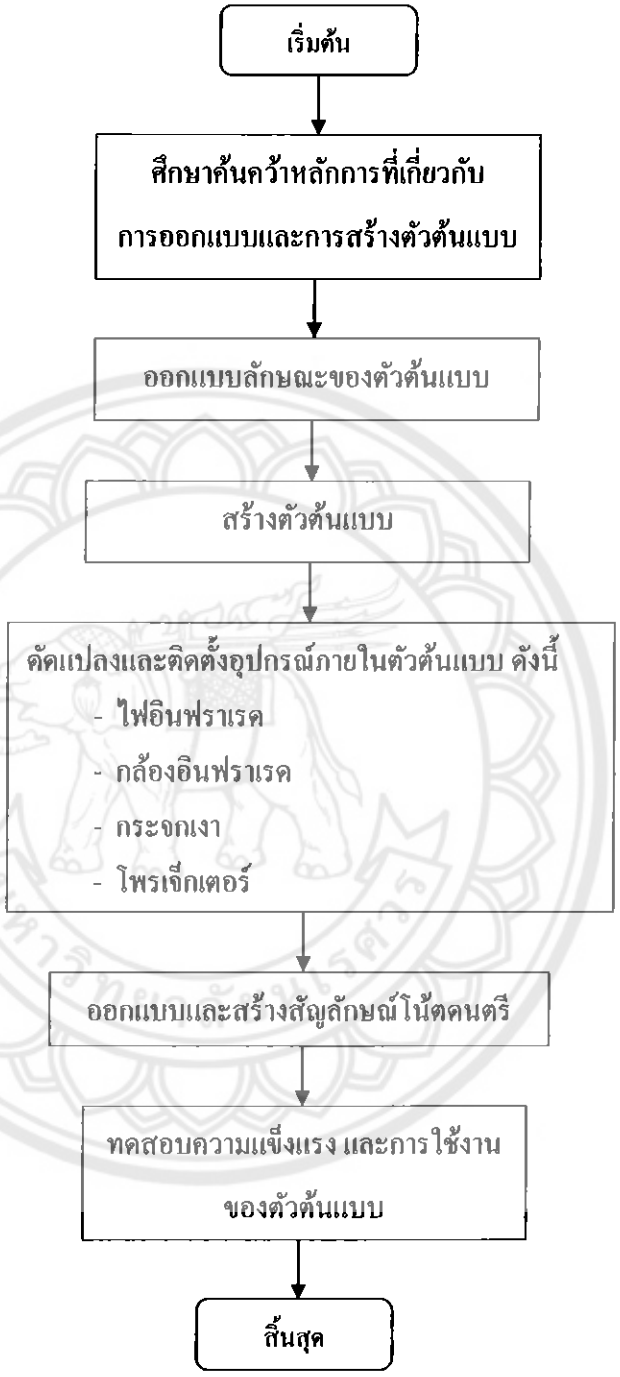
8. เขียนโปรแกรมเพื่อเล่นเสียงโน้ตดนตรีให้เป็นเพลง ตามลำดับโน้ตดนตรีที่จัดเรียงได้

9. สร้างภาพกราฟิกประกอบการเล่นเสียงของโน้ตดนตรีเพื่อเพิ่มความสวยงามให้กับโน้ตดนตรีขณะเล่นเสียงเพลง



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบต่างๆ ภายในตัวต้นแบบ

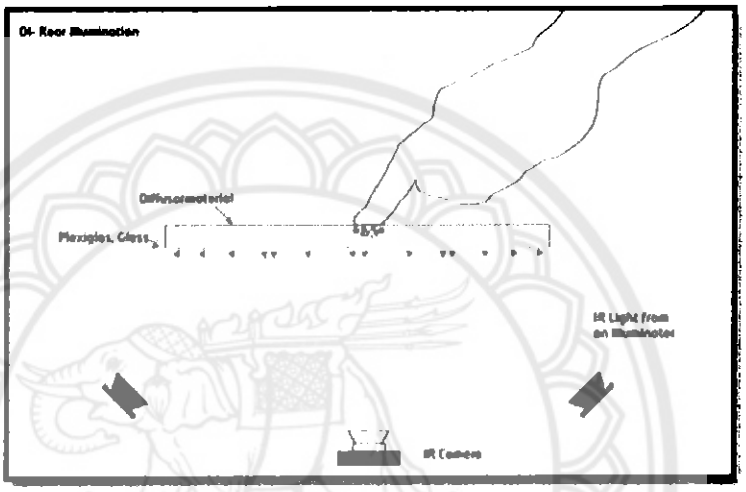
3.2 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านฮาร์ดแวร์



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านฮาร์ดแวร์

3.2.1 ศึกษาค้นคว้าหลักการที่เกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างตัวต้นแบบ

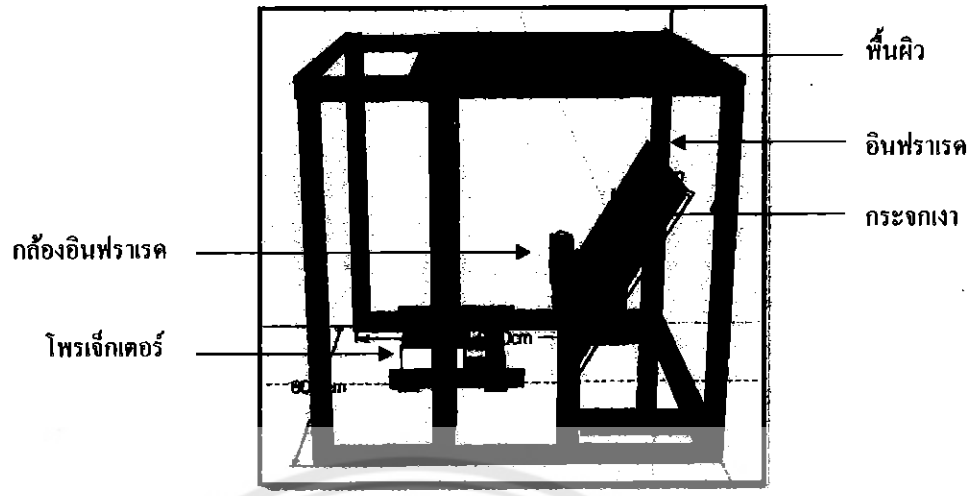
การสร้างตัวต้นแบบนั้น มีวิธีการหลายแบบ หลายหลักการ ซึ่งหลังจากผู้จัดทำได้ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างตัวต้นแบบมาหลายวิธี ทำให้ทราบถึงข้อดีและข้อเสียของแต่ละหลักการ ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้เลือกหลักการของการส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลัง (Rear Diffused Illumination: Read DI) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 เนื่องจากเป็นหลักการที่เหมาะสมที่สุดเพราะ อุปกรณ์ที่ใช้สามารถหาได้ทั่วไป ราคาไม่แพง และสามารถมองเห็นรายละเอียดของโน้ตดนตรีได้ดี



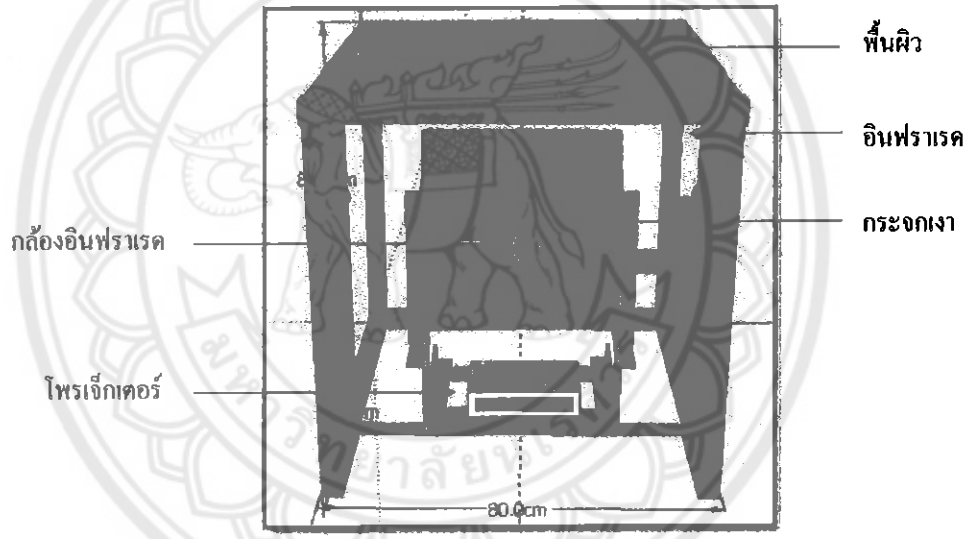
รูปที่ 3.4 หลักการติดตั้งอุปกรณ์บนพื้นผิวแบบการส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลัง

3.2.2 การออกแบบตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะ

ออกแบบตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะตามหลักการของการส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลัง โดยกำหนดความสูงและความกว้างของตัวต้นแบบให้เหมาะต่อการใช้งานจริง การกำหนดตำแหน่งต่างๆ ของอุปกรณ์ที่จะติดตั้ง เช่น กล้องอินฟราเรด ไฟอินฟราเรด โพรเจ็กเตอร์ กระจกเงา เป็นต้น และการเลือกชนิดของอุปกรณ์ที่จะใช้ทำโครงสร้างตัวต้นแบบ ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการออกแบบก่อนที่จะทำการสร้างตัวต้นแบบจริง เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และ 3.6



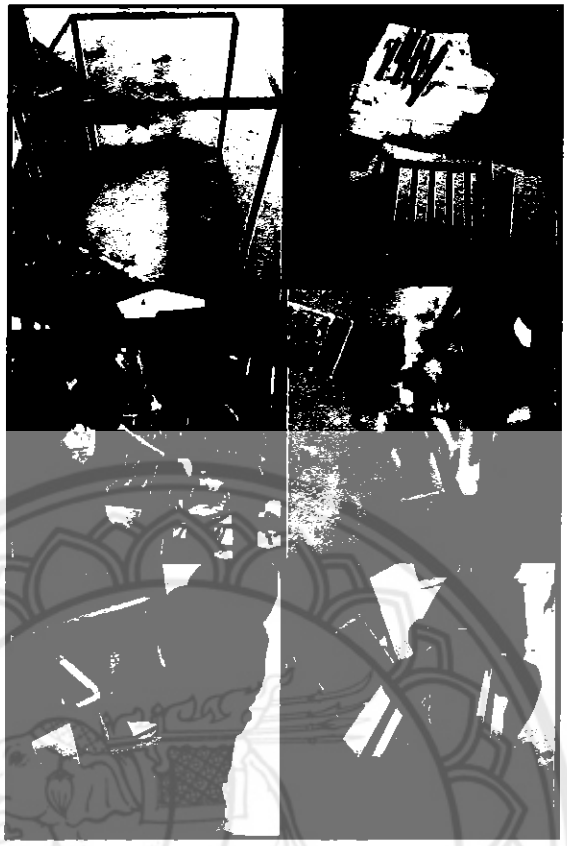
รูปที่ 3.5 การออกแบบโครงสร้างตัวต้นแบบจากด้านข้าง ด้วยโปรแกรม SketchUp



รูปที่ 3.6 การออกแบบโครงสร้างตัวต้นแบบจากด้านหน้า ด้วยโปรแกรม SketchUp

3.2.3 การสร้างโครงสร้างของตัวต้นแบบ

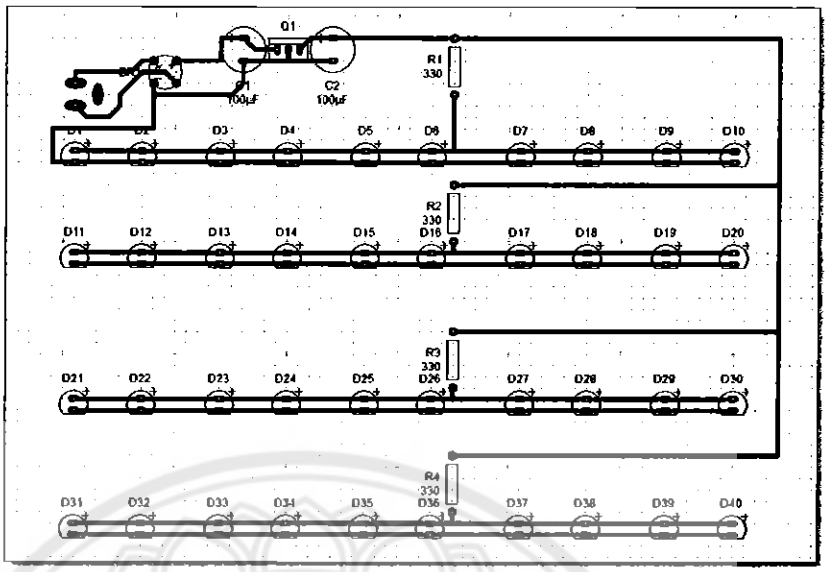
เมื่อได้ทำการออกแบบตัวต้นแบบแล้ว ผู้จัดทำจึงได้ทำการสร้างโครงสร้างของตัวต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 โดยอุปกรณ์ที่เลือกใช้ทำโครงสร้าง คือ เหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว ซึ่งกำหนดให้ความสูงของตัวต้นแบบเท่ากับ 80 เซนติเมตร และความกว้าง 85 เซนติเมตร



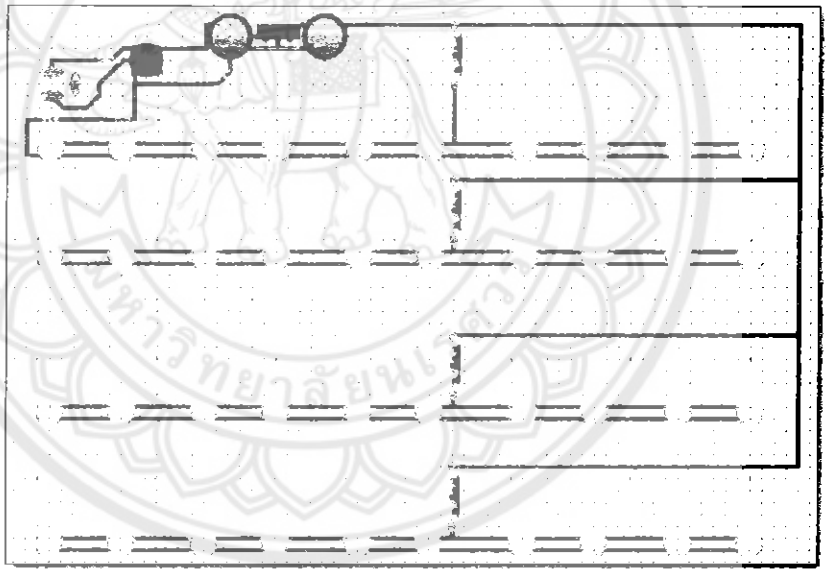
รูปที่ 3.7 การสร้างตัวต้นแบบด้วยเหล็กฉาก

3.2.4 การสร้างวงจรไฟอินฟราเรด และการติดตั้ง

การออกแบบและสร้างวงจรไฟอินฟราเรด เพื่อนำไปติดตั้งภายในตัวต้นแบบ ซึ่งแสงไฟอินฟราเรดจะสะท้อนไปยังโน้ตคนตรี และทำให้กล้องอินฟราเรดสามารถที่จะมองเห็นโน้ตคนตรีได้ โดยขั้นตอนการออกแบบวงจรนั้น ได้ทำการออกแบบในโปรแกรม PCB Wizard ก่อน แล้วจึงสร้างวงจรจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.8 และ 3.9 ซึ่งผู้จัดทำต้องการให้ไฟอินฟราเรดนั้นกระจายกันอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งตัวต้นแบบ จึงได้ออกแบบให้มีตัวจ่ายไฟ 1 ชุด และมีแผงไฟอินฟราเรด 4 ส่วน คือ 1 ด้านของตัวต้นแบบ ให้ติดไฟอินฟราเรด 1 ส่วน และแต่ละส่วนจะมีหลอดอินฟราเรดกระจายกันอยู่ 10-12 ดวงดังนี้



รูปที่ 3.8 การออกแบบวงจร (ภายใน) จากการใช้งานโปรแกรม PCB Wizard



รูปที่ 3.9 การออกแบบวงจร (ภายนอก) จากการใช้งานโปรแกรม PCB Wizard

อุปกรณ์ทั้งหมดที่นำมาสร้างวงจรไฟอินฟราเรด มีดังนี้

1. หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 220 VAC เป็น 12 VDC เพื่อ แปลงไฟที่จะเข้ามายังวงจรจากไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีความต่างศักย์ต่ำลงเป็น 12 โวลต์

2. ไดโอดบริดจ์ (Diode bridge) เพื่อกลับขั้วไฟฟ้าให้ถูกต้องโดยอัตโนมัติ

3. หัวเชื่อมต่อ (Connector) เพื่อเชื่อมสายไฟเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ

4. สายไฟ เพื่อ ใช้เชื่อมต่อวงจรทั้งหมดเข้าด้วยกัน

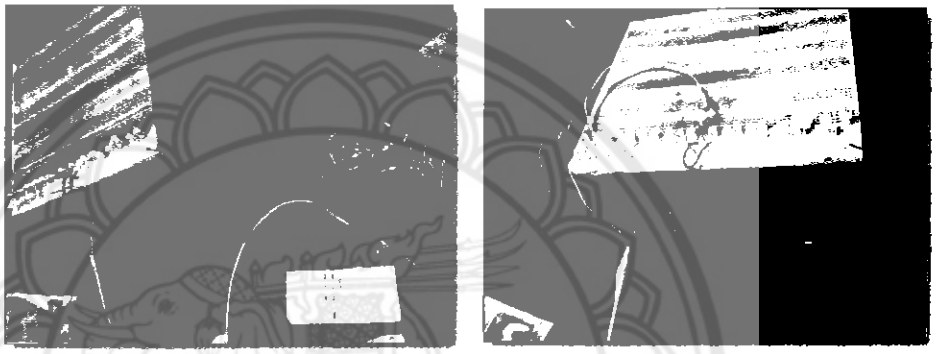
5. หลอดไฟอินฟราเรด (IR LED) เพื่อส่องไฟอินฟราเรด

6. ตัวเก็บประจุ (Capacitor) เพื่อช่วยปรับกระแสไฟฟ้าให้เรียบขึ้น

7. ไอซี เบอร์ 7805 เพื่อแปลงไฟฟ้าจาก 12 โวลต์ เป็น 5 โวลต์

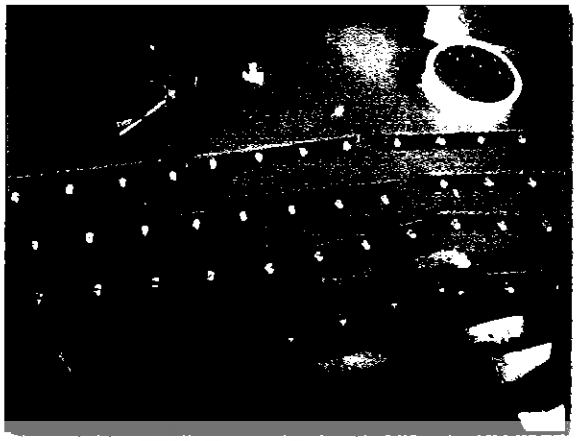
8. ตัวต้านทานไฟฟ้า (Resistor) ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร

9. แผ่นปรินต์พีซีบี (PCB : Print Circuit Board) เป็นแผงที่มีลายทองแดงนำไฟฟ้าอยู่ ใช้สำหรับต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อประกอบเป็นวงจร

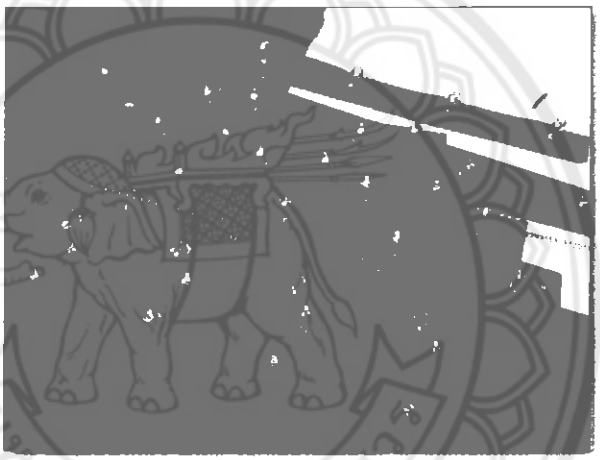


รูปที่ 3.10 ทดสอบหลอดอินฟราเรดว่าใช้ได้ทุกหลอดหรือไม่

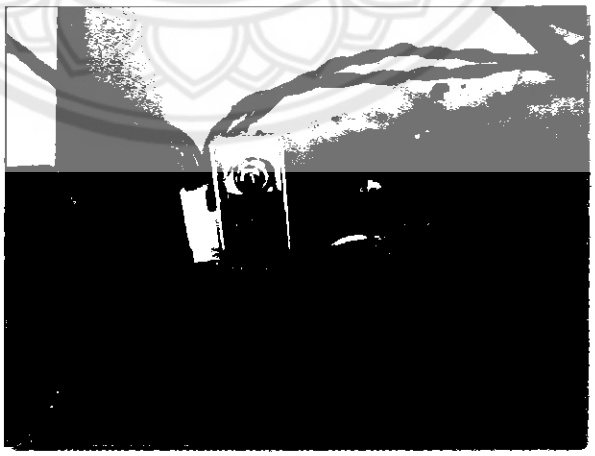
รูปที่ 3.11 ตัดแผ่นปรินต์พีซีบี ให้ได้ขนาดที่ต้องการ



รูปที่ 3.12 เพิ่มหลอดอินฟราเรดลงบนแผ่นปรินต์ PCB



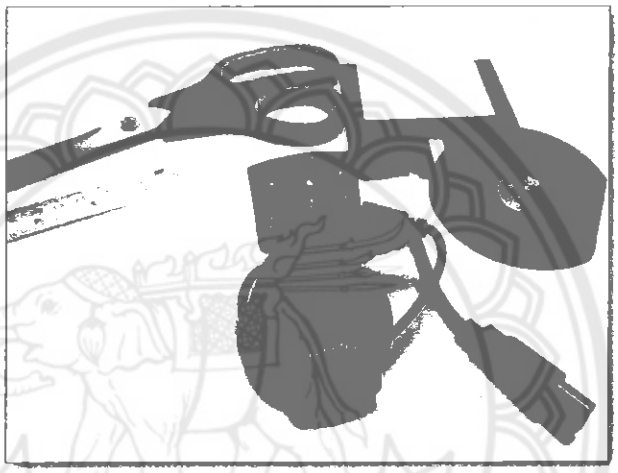
รูปที่ 3.13 บัดกรีสายไฟให้เชื่อมเข้ากับขั้วของหลอดอินฟราเรด



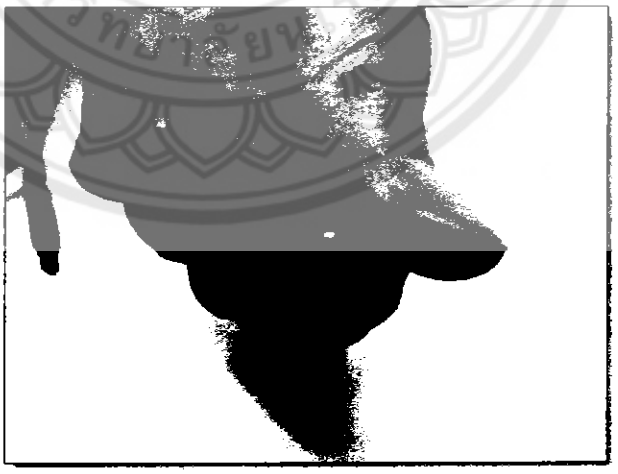
รูปที่ 3.14 วงจรจ่ายไฟ

3.2.5 การดัดแปลงกล้องเว็บแคมให้เป็นกล้องอินฟราเรด

ในโครงงานนี้ต้องใช้กล้องอินฟราเรดเพื่อรับภาพจากแสงสะท้อนที่เกิดจากแสงไฟอินฟราเรด และโดยปกติแล้วกล้องอินฟราเรดจะมีราคาแพง และหาซื้อได้ยาก ผู้จัดทำจึงทำการดัดแปลงกล้องเว็บแคมธรรมดา ให้กลายเป็นกล้องอินฟราเรดแทน เพราะราคาถูกและหาซื้อได้สะดวกกว่า ซึ่งวิธีการดัดแปลงกล้องเว็บแคมให้เป็นกล้องอินฟราเรด คือ การถอดชิ้นส่วนของกล้องเว็บแคมเพื่อนำแผ่นกรองแสงอินฟราเรดออก แล้วนำแผ่นฟิล์มเนกาทีฟหรือแผ่นแม่เหล็กสีดำทรงกลมที่อยู่ภายในฟลอปปี้ดิสก์ (Floppy Disk)ใส่เข้าไปแทน จากนั้นก็ประกอบกล้องเข้าเช่นเดิม

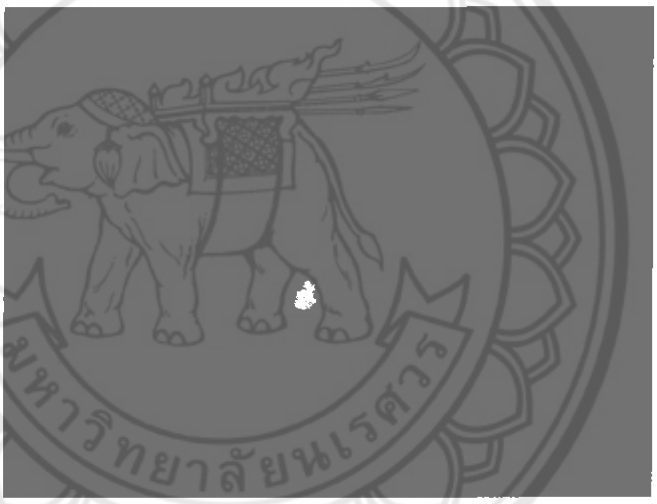


รูปที่ 3.15 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดัดแปลงกล้อง



รูปที่ 3.16 ภาพเมื่อถอดส่วนรับภาพของกล้องออก

รูปที่ 3.17 ภาพถ่ายหลอดไฟด้วยกล้องอินฟราเรดที่ทำการดัดแปลงแล้ว

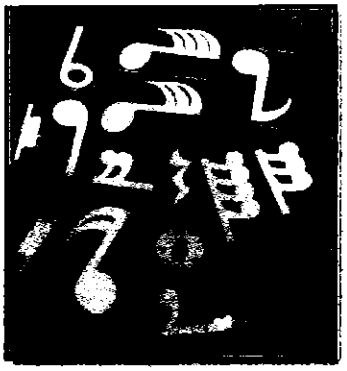


รูปที่ 3.18 ภาพถ่ายการกดรีโมททีวีด้วยกล้องอินฟราเรดที่ทำการดัดแปลงแล้ว

3.2.6 การออกแบบและการสร้างโน้ตดนตรี

โน้ตดนตรีที่ต้องการออกแบบนั้นจะต้องมีรายละเอียดที่ชัดเจน โดยที่กล้องอินฟราเรดจะต้องเก็บรายละเอียดต่างๆ ของโน้ตดนตรีให้ได้มากที่สุด เพื่อเป็นประโยชน์ในการจำแนกโน้ตดนตรี ซึ่งโน้ตดนตรีที่ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบนั้น มี 2 ด้าน คือ ด้านหน้าและด้านหลัง ดังรูปที่ 3.19 โดยที่ด้านหน้า คือด้านที่ผู้ใช้มองเห็น จะมีสีสันสวยงาม เพื่อเพิ่มความสนใจให้กับผู้ใช้ ส่วนด้านหลัง คือด้านที่จะต้องสะท้อนไฟอินฟราเรด เพื่อให้กล้องอินฟราเรดมองเห็น จึงต้องเป็นสีขาวเท่านั้น เพราะสีขาวสะท้อนแสงอินฟราเรดได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงได้ออกแบบและสร้างสัญลักษณ์โน้ตดนตรีโดยการตัดสัญลักษณ์โน้ตดนตรีด้วยแผ่นสติ๊กเกอร์สีต่างๆ แล้วนำไปติดกับแผ่นอะคริลิกที่มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร ซึ่งทำทั้งหมด 14 สัญลักษณ์โน้ตดนตรี ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ก).



ข).

รูปที่ 3.19 ก). สัญลักษณ์โน้ตดนตรีที่ใช้กับต้นแบบ (ด้านหน้า)
ข). สัญลักษณ์โน้ตดนตรีที่ใช้กับต้นแบบ (ด้านหลัง)

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงสัญลักษณ์ของโน้ตดนตรีและตัวหยุดของโน้ต**ดนตรี**

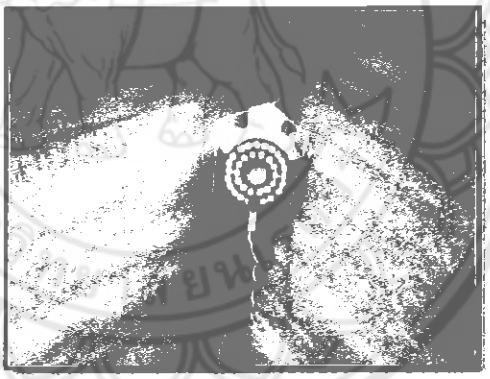
ตัวกลม		ตัวหยุดตัวกลม	
ตัวขาว		ตัวหยุดตัวขาว	
ตัวดำ		ตัวหยุดตัวดำ	
ตัวเขบี๊ตหนึ่งชั้น		ตัวหยุดเขบี๊ตหนึ่งชั้น	
ตัวเขบี๊ตสองชั้น		ตัวหยุดเขบี๊ตสองชั้น	
ตัวเขบี๊ตสามชั้น		**ตัวหยุดเขบี๊ตสามชั้น**	
ตัวเขบี๊ตสี่ชั้น		**ตัวหยุดเขบี๊ตสี่ชั้น**	

3.2.7 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวต้นแบบ

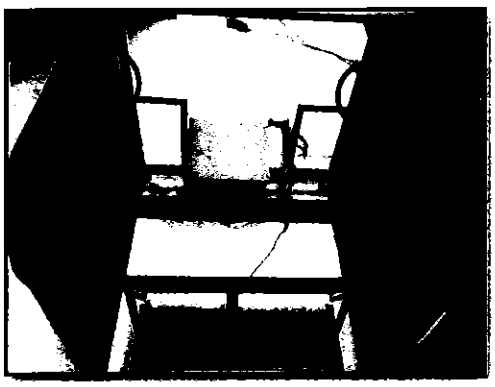
ตัวต้นแบบที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะนั้น ภายในจะประกอบไปด้วย ไฟอินฟราเรด กล้องอินฟราเรด กระจกเงา และโพรเจ็กเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องติดตั้งตามหลักการของการส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลัง ซึ่งจะต้องพิจารณาในเรื่องของมุมและองศาที่ใช้ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้เกิดภาพบนตัวต้นแบบโดยไม่เกิดความผิดพลาด

3.2.7.1 ไฟอินฟราเรด

การติดตั้งไฟอินฟราเรด จะต้องติดตั้งให้แสงของอินฟราเรดสะท้อนไปที่พื้นผิวของตัวต้นแบบ เพื่อให้โน้ตดนตรีที่จะนำมาวางบนพื้นผิวนั้น สะท้อนแสงของอินฟราเรดตามไป ด้วย และเมื่อแสงอินฟราเรดสะท้อนโดนโน้ตดนตรีแล้ว กล้องอินฟราเรดก็จะ**สามารถมองเห็น**โน้ตดนตรีได้ ซึ่งการที่กล้องจะมองเห็นโน้ตดนตรีชัดเจนหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับ**ความสว่างของไฟ**อินฟราเรด ดังนั้นไฟอินฟราเรดที่ใช้จะต้องไม่น้อยเกินไปและไม่มากเกินไป เพราะถ้าน้อยเกินไปจะทำให้มองไม่เห็นโน้ตดนตรี หรือมองเห็นโน้ตดนตรีได้แค่บางส่วน และถ้า**มากเกินไป จะทำให้**โน้ตดนตรีสว่างจ้า ไม่เหมาะแก่การตรวจจับโน้ตดนตรี ดังนั้นจึงต้องติดไฟอินฟราเรด**ไว้ทั้ง 4 มุม**ของต้นแบบ ดังรูปที่ 3.20 และ 3.21



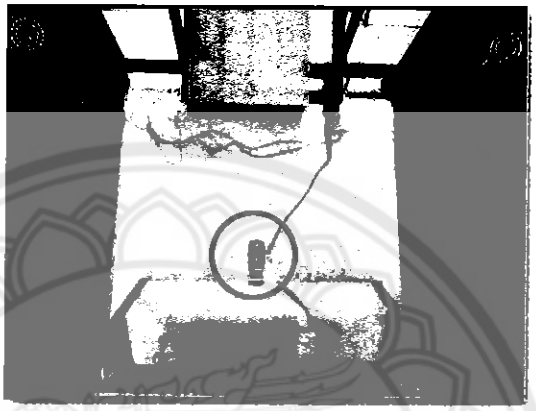
รูปที่ 3.20 ภาพการติดตั้งไฟอินฟราเรด



รูปที่ 3.21 ภาพการติดตั้งไฟอินฟราเรดทั้ง 4 มุมของตัวต้นแบบ

3.2.7.2 กล้องอินฟราเรด

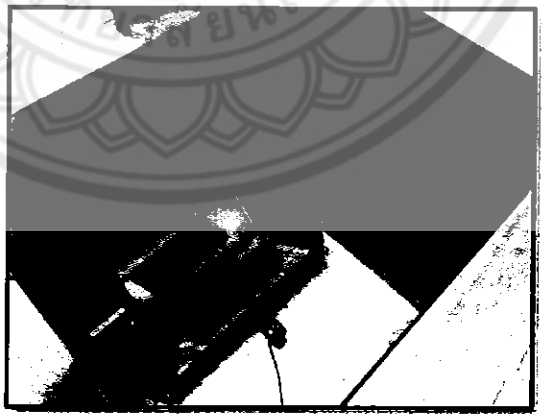
การติดตั้งกล้องอินฟราเรด จะติดตั้งไว้ภายในของตัวต้นแบบ และอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของตัวต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.22 เนื่องจากจะได้ตรวจจับโน้ตดนตรีบนพื้นผิวได้อย่างชัดเจน ส่วนความสูงของตำแหน่งกล้องนั้น จะติดตั้งให้สูงเหนือการฉายภาพสะท้อนกระจกเงาของโพรเจ็กเตอร์ เพื่อไม่ให้เกิดเงากล้องปรากฏบนพื้นผิว



รูปที่ 3.22 ภาพการติดตั้งกล้องอินฟราเรด

3.2.7.3 กระจกเงา

การติดตั้งกระจกเงา จะติดตั้งไว้ภายในของตัวต้นแบบ และทำมุมเอียงให้เหมาะสม เพื่อรับแสงสะท้อนจากโพรเจ็กเตอร์ ให้ปรากฏบนพื้นผิวของตัวต้นแบบ ซึ่งจะต้องปรับกระจกเพื่อให้ภาพที่ปรากฏบนพื้นผิวนั้นไม่เอียง ดังแสดงในรูปที่ 3.23

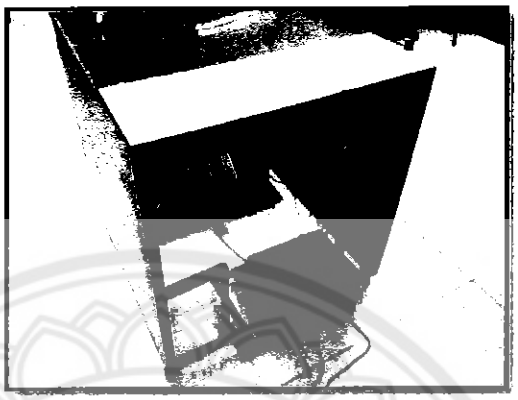


รูปที่ 3.23 ภาพการติดตั้งกระจกเงา

3.2.7.4 โพรเจ็กเตอร์

การติดตั้งโพรเจ็กเตอร์ จะต้องติดตั้งไว้ภายในของตัวต้นแบบ และติดตั้งไว้ตรงข้ามกับประจกเงา เพื่อฉายภาพสะท้อนไปยังกระจกเงา ซึ่งการวางของโพรเจ็กเตอร์นั้นส่งผลต่อ

ความเอียงของภาพที่จะปรากฏบนพื้นผิวเป็นอย่างมาก ดังนั้นจะต้องวางให้ตำแหน่งและองศาเหมาะสมที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.24 และคุณสมบัติของโพรเจ็กเตอร์ที่ใช้ คือ ใช้ได้กับโพรเจ็กเตอร์ทั่วไป ที่สามารถปรับค่าคีย์สโตนได้



รูปที่ 3.24 ภาพการติดตั้งโพรเจ็กเตอร์

3.2.7.5 เครื่องคอมพิวเตอร์

ถ้าใช้คอมพิวเตอร์ที่มีคุณสมบัติต่ำกว่าที่กำหนด จะทำให้ภาพและเสียงไม่สม่ำเสมอและประมวลผลช้าลง ซึ่งคุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่กำหนด คือ

หน่วยประมวลผล: Intel(R) Core(TM) i5 CPU M450 @ 2.40 GHz

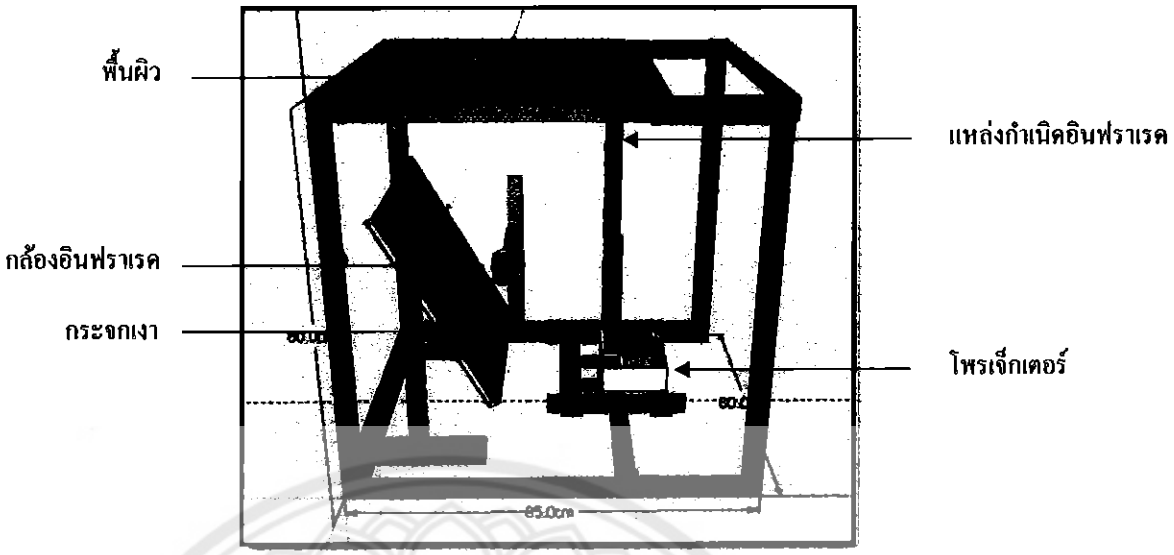
หน่วยความจำหลัก: 4.00 GB

ระบบปฏิบัติการ: 32-bit OS Windows 7 Professional

พื้นที่ฮาร์ดดิสก์: อย่างน้อย 500 MB

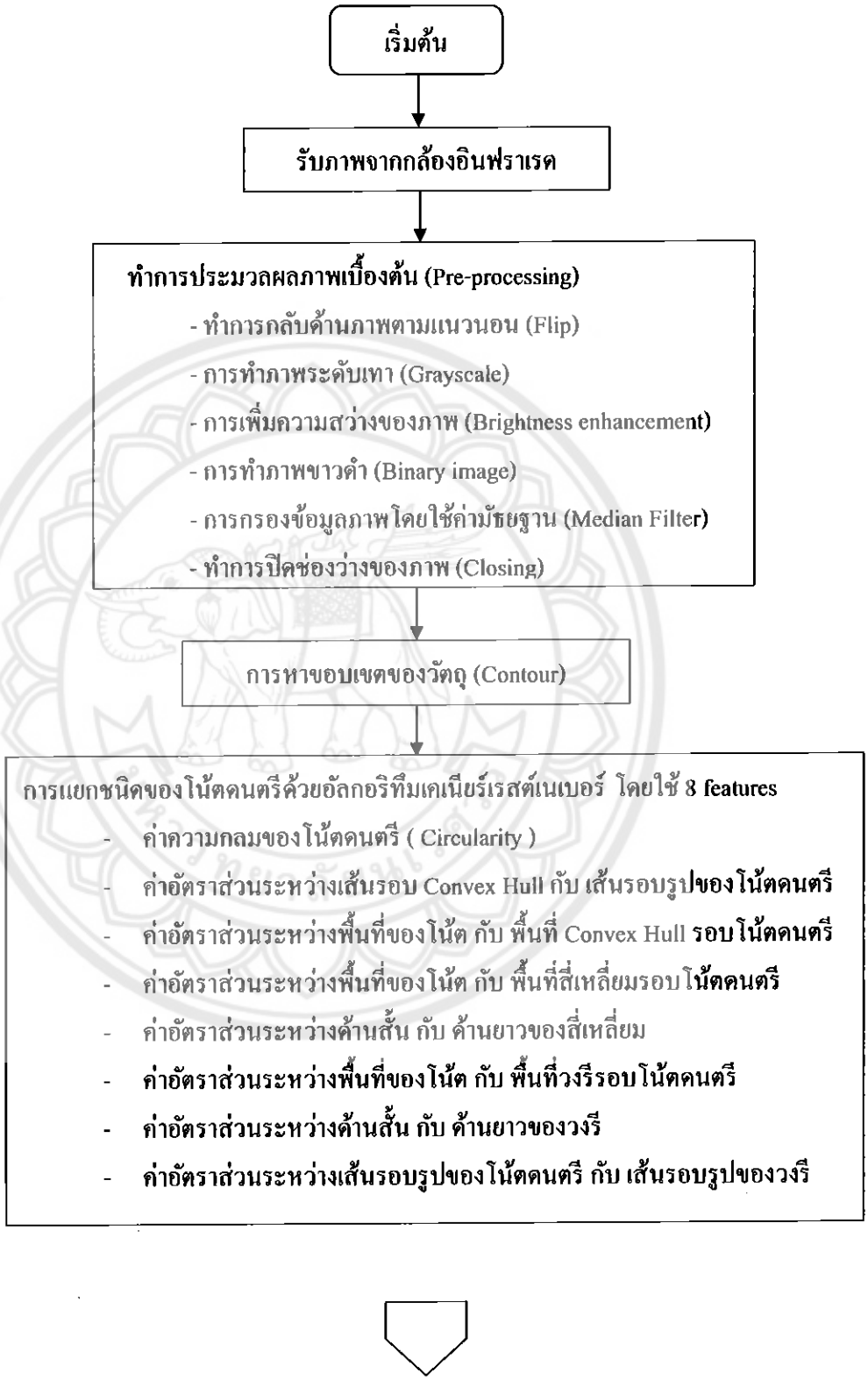
3.2.8 ภาพรวมการทำงานของตัวต้นแบบ

จากภาพที่ 3.25 เป็นการจำลองการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดภายในตัวต้นแบบ โดยเมื่อวางโน้ตดนตรีไว้บนพื้นผิวของตัวต้นแบบแล้ว กล้องอินฟราเรดจะทำการตรวจจับภาพโน้ตดนตรีบนพื้นผิวเพื่อนำไปประมวลผล โดยมีไฟอินฟราเรดที่ช่วยในการมองเห็นโน้ตดนตรีของกล้อง เมื่อทำการประมวลผลเสร็จแล้ว จะทำการแสดงภาพผลลัพธ์ออกมาทางโพรเจ็กเตอร์ แล้วภาพจากโพรเจ็กเตอร์จะฉายเข้าไปที่กระจกเงา เพื่อสะท้อนภาพจากโพรเจ็กเตอร์ขึ้นไปยังพื้นผิวของตัวต้นแบบ ทำให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นภาพจากด้านบนของตัวต้นแบบได้



รูปที่ 3.25 การทำงานของตัวต้นแบบ

3.3 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์



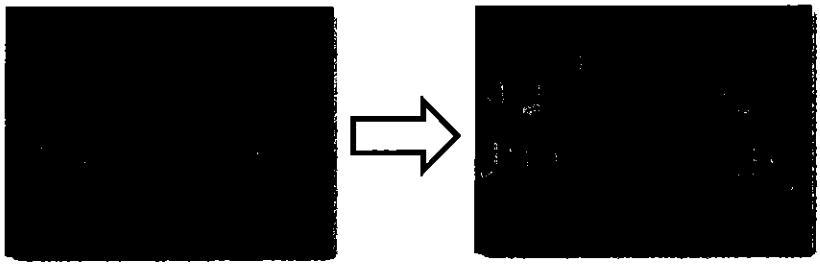
รูปที่ 3.26 ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์

3.3.2 การรับภาพจากกล้องเว็บแคม และการประมวลผลภาพเบื้องต้น (Pre-Processing)

เมื่อทำการเขียนโปรแกรมเพื่อรับภาพจากกล้องอินฟราเรดแล้ว ภาพที่รับเข้ามาจะมีความไม่ชัดเจน มีสัญญาณรบกวน อาจจะเนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น แสงสว่างจากหลอดไฟ และแสงแดด หรือไฟอินฟราเรดไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงภาพเพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจนขึ้น เพื่อช่วยลดการแก้ไขในด้านของฮาร์ดแวร์ที่ยากมากกว่า

3.3.2.1 ภาพระดับเทา (Gray scale)

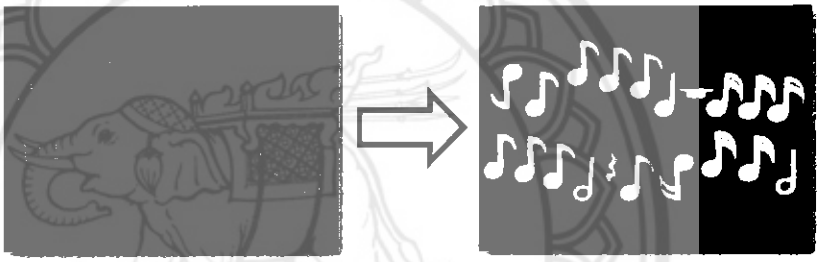
เนื่องจากการรับภาพที่เกิดจากแสงอินฟราเรดนั้น ภาพที่ได้จะคล้ายภาพสีเทาแต่ไม่ใช่ภาพระดับเทา ดังนั้นจึงทำการแปลงภาพให้เป็นภาพระดับเทา เพื่อลดแชนแนล (Channel) ของสีให้น้อยลง ทำให้ลดการคำนวณ การประมวลผลเร็วขึ้น และสะดวกต่อการเขียนโปรแกรมในขั้นตอนถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 ภาพก่อนและหลังการทำภาพระดับเทา

3.3.2.3 การเพิ่มความสว่างของภาพ (Brightness/Contrast Enhancement)

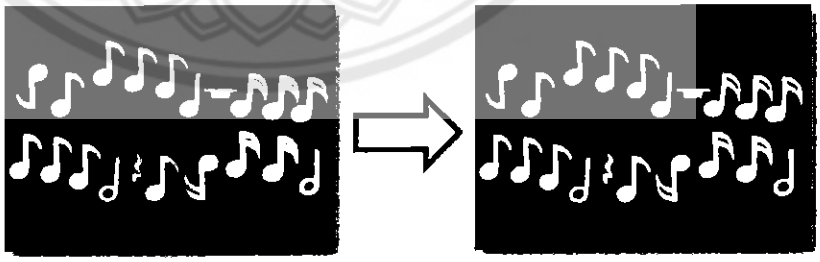
เนื่องจากภาพที่ได้หลังจากการทำภาพระดับเทามีความสว่างของภาพไม่เพียงพอ จึงทำการเพิ่มความสว่างให้กับภาพ เพื่อเพิ่มความชัดเจนของรายละเอียดต่างๆ ของภาพให้มากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ภาพก่อนและหลังการเพิ่มความสว่างของภาพ

3.3.2.3 การวิเคราะห์ภาพไบนารี (Binary Image Analysis)

เมื่อเราได้ภาพที่ต้องการแล้วจะทำการแปลงภาพที่ได้ เป็นภาพขาวดำ เพื่อการมองเห็นที่ชัดเจน และสะดวกต่อการเขียนโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3.29

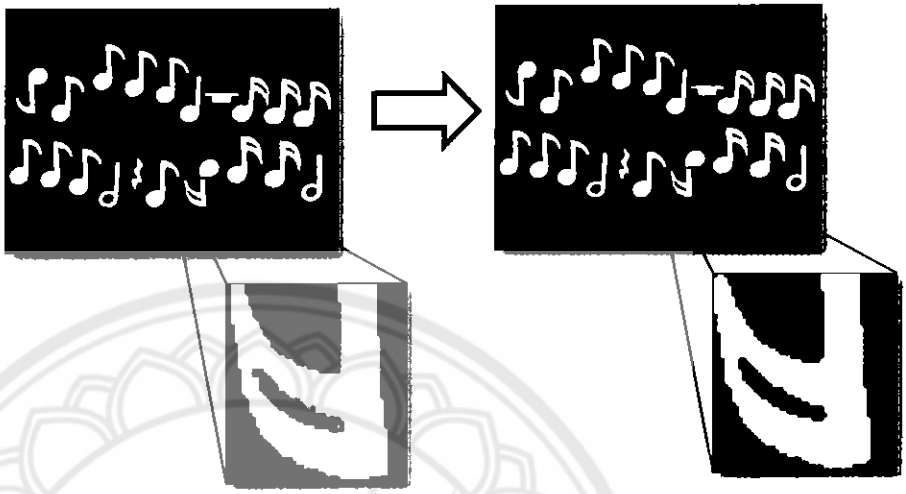


รูปที่ 3.29 ภาพก่อนและหลังการทำภาพขาวดำ

3.3.2.2 การกรองข้อมูลโดยใช้ฟิลเตอร์ค่ามัธยฐาน (Median Filter)

ภาพที่รับเข้ามาจากกล้อง ยังคงมีสัญญาณรบกวนที่กระจัดกระจายทั่วภาพ ดังนั้น จึงทำการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน หรือการทำภาพให้เรียบ

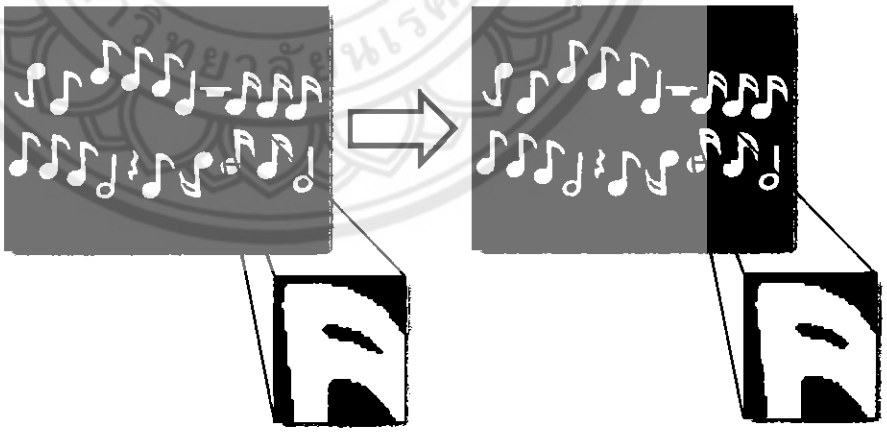
ขึ้น เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่กระจัดกระจาย และเชื่อมต่อช่องว่างขนาดเล็กในเส้นตรงหรือเส้นโค้ง เพื่อให้ภาพดูเรียบเนียนยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 ภาพก่อนและหลังการทำภาพเบลอด้วยวิธีมีเดียน

3.3.2.3 การปิดช่องว่างของภาพ (Closing)

เนื่องจากบางครั้งหลังจากทำการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐานแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้อาจจะไม่สามารถลบสัญญาณรบกวนที่อยู่ภายในโน้ตดนตรีออกไปได้หมด จึงต้องมีการลบสัญญาณรบกวนนั้นด้วยวิธีการปิดช่องว่างของภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.31



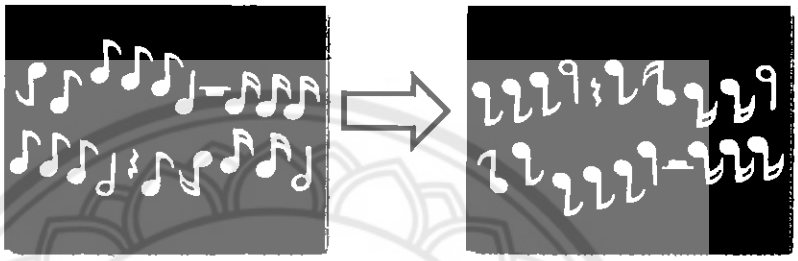
รูปที่ 3.31 ภาพก่อนและหลังการปิดช่องว่างของภาพ

จากรูปที่ 3.31 ภาพก่อนและหลังการปิดช่องว่างของภาพ จะเห็นได้ว่า ก่อนการปิดช่องว่างนั้น (รูปด้านซ้าย) จะมีปลายของรูในโน้ตดนตรีเป็นปลายแหลมยาวออกมา แต่เมื่อหลังทำการปิดช่องว่างแล้ว จะสังเกตได้ว่า ปลายแหลมนั้นหายไป ซึ่งในการตรวจจับโน้ตดนตรีนั้น

ถ้าปลายแหลมมีขนาดเล็กกว่านี้ ปลายแหลมนั้นอาจจะกลายเป็นรูใหม่ขึ้นมาแทน ทำให้การจำแนกชนิดผิดพลาดได้

3.3.3 ทำการกลับภาพตามแนวตั้ง หรือการทำภาพสะท้อน (Flip)

เนื่องจากการฉายภาพจากโพรเจ็กเตอร์สะท้อนกระจกนั้น ภาพที่ประกฏบนพื้นผิวจะเป็นภาพกลับหัว ดังนั้นจึงต้องเขียนโปรแกรมกลับภาพตามแนวตั้ง เพื่อให้ภาพที่ออกมานั้นเป็นภาพตามตำแหน่งจริงของโน้ตดนตรีที่นำไปวางบนพื้นผิว ดังแสดงในรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 ภาพก่อนและหลังการกลับภาพตามแนวตั้ง

3.3.4 การหาขอบเขตของภาพ (Connected Component Labeling)

เมื่อมีภาพของโน้ตดนตรีที่ทำการปรับปรุงแล้ว จึงต้องทำการหาขอบเขตของโน้ตดนตรีนั้นๆ และสามารถบอกคุณสมบัติต่างๆ ของโน้ตดนตรีได้ เช่น จำนวน พื้นที่ ความยาวรอบรูปจุดศูนย์กลาง เป็นต้น เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลเพื่อแยกชนิดของโน้ตดนตรีต่อไป

3.3.5 การจำแนกชนิดของโน้ตดนตรี (Musical Symbols Classification)

ขั้นตอนนี้จะมีการคำนวณค่าคุณสมบัติต่างๆ ของโน้ตดนตรี เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจำแนกโน้ตดนตรีแต่ละชนิดด้วยการใช้อัลกอริทึม K-Nearest Neighbors ในการจัดกลุ่มข้อมูลโดยคุณสมบัติที่ใช้จำแนกโน้ตดนตรีนั้น มีทั้งหมด 9 คุณสมบัติ ดังนี้

3.3.5.1 ค่าความกลมของโน้ตดนตรี (Circularity)

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

∴ Area คือ พื้นที่ของโน้ตดนตรี

Perimeter คือ ความยาวเส้นรอบรูปของโน้ตดนตรี

3.3.5.2 ค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบ Convex Hull กับ เส้นรอบรูปของโน้ตดนตรี

$$\text{Convexity Length} = \frac{\text{Convex Length}}{\text{Perimeter}}$$

∴ Convex Length คือ ความยาวเส้นรอบรูปของ Convex Hull

3.3.5.3 ค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของโน้ต กับ พื้นที่ Convex Hull

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

∴ Convex Area คือ พื้นที่ของ Convex Hull

3.3.5.4 ค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของโน้ต กับ พื้นที่สี่เหลี่ยมรอบโน้ตดนตรี

$$\text{Rotated Rect Area Ratio} = \frac{\text{Area}}{\text{Rotated Rect Area}}$$

∴ Rotated Rect Area คือ พื้นที่สี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมโน้ตดนตรี

3.3.5.5 ค่าอัตราส่วนระหว่างด้านสั้น กับ ด้านยาวของสี่เหลี่ยม

$$\text{Rotated Rect Aspect Ratio} = \frac{\text{Shorter Side}}{\text{Longer Side}}$$

∴ Shorter Side คือ ด้านสั้นของสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมโน้ตดนตรี

Longer Side คือ ด้านยาวของสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมโน้ตดนตรี

3.3.5.6 ค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของโน้ต กับ พื้นที่วงรีรอบโน้ตดนตรี

$$\text{Fitted Ellipse Area Ratio} = \frac{\text{Area}}{\text{Ellipse Area}}$$

∴ Ellipse Area คือ พื้นที่วงรีที่ครอบคลุมโน้ตดนตรี

3.3.5.7 ค่าอัตราส่วนระหว่างแกนรอง กับ แกนหลักของวงรี

$$\text{Fitted Ellipse Aspect Ratio} = \frac{\text{Minor Axe}}{\text{Major Axe}}$$

∴ Minor Axe คือ ค่าแกนรองของวงรี

Major Axe คือ ค่าแกนหลักของวงรี

3.3.5.8 ค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปของโน้ตดนตรี กับ เส้นรอบรูปของวงรี

$$\text{Fitted Ellipse Length Ratio} = \frac{\text{Perimete}}{\text{Ellipse perimeter}}$$

∴ Ellipse Perimeter คือ ความยาวเส้นรอบรูปของวงรี

3.3.5.9 ค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปของโน้ตดนตรี กับ เส้นรอบรูปของวงรี

$$\text{Hole Normalized} = \frac{\text{Number of Hole}}{3}$$

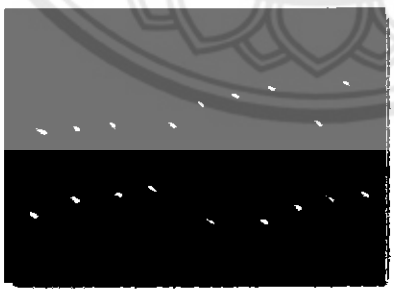
∴ Number of Hole คือ จำนวนรูของโน้ตดนตรีแต่ละตัว

ขั้นตอนนี้เริ่มจากนำรูปโน้ตดนตรีที่จะใช้เทรน มาหาคุณสมบัติทั้ง 8 และระบุชนิดให้กับโน้ตดนตรีแต่ละชนิด จากนั้นทำการบันทึกค่าลงในไฟล์ .csv เมื่อมีโน้ตดนตรีที่เข้ามาใหม่ ก็นำมาคำนวณหาคุณสมบัติทั้ง 8 แล้วทำการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้ อัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์ เพื่อใช้จำแนกว่าโน้ตดนตรีที่เข้ามาใหม่นั้นเป็นชนิดอะไร ดังรูปที่ 3.33

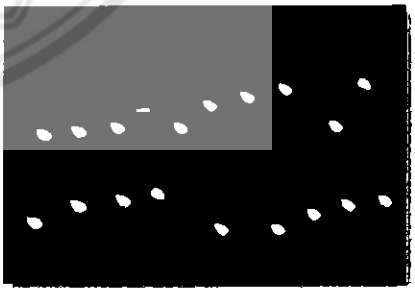
รูปที่ 3.33 ผลการจำแนกโน้ตดนตรี

3.3.6 การหาตำแหน่งของโน้ตดนตรี (Find Head Position using Distance Transform)

ต่อมาคือการหาตำแหน่งของโน้ตดนตรี โดยเริ่มจากการนำภาพไบนารีที่กำจัดสัญญาณรบกวนแล้ว มาทำการแปลงระยะทาง (Distance Transform) ดังรูปที่ 3.34 แล้วนำภาพที่ได้จากการแปลงระยะทาง เข้าสู่ขั้นตอนการทำภาพไบนารี และการกรองข้อมูลโดยใช้ค่ามัธยฐานอีกครั้ง ซึ่งขั้นตอนนี้ภาพที่ได้ จะมีแค่ภาพหัวของโน้ตดนตรีเท่านั้น รูปที่ 3.35 จากนั้นทำการหาขอบเขตของหัวโน้ตดนตรี โดยการทำคอนทัวร์ เพื่อให้ทราบจุดศูนย์ของหัวโน้ตดนตรี ซึ่งค่าจุดศูนย์กลางของหัวโน้ตดนตรีนั้น คือ ตำแหน่งของโน้ตดนตรีที่เราต้องการหา เพื่อใช้เล่นเสียงในบรรทัดห้าเส้น



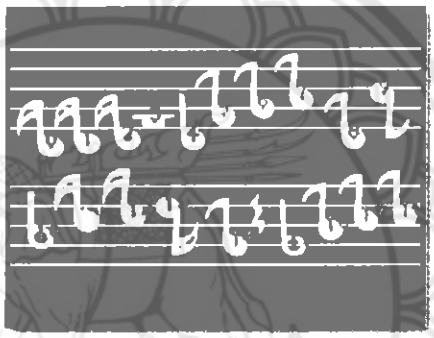
รูปที่ 3.34 การแปลงระยะทาง



รูปที่ 3.35 ภาพไบนารีของทำการแปลงระยะทาง

3.3.7 การเล่นเพลง (Music Composition)

การจะเล่นโน้ตดนตรีให้เป็นเพลงได้นั้น ต้องกำหนดตำแหน่งของบรรทัดห้าเส้นก่อน เพราะบรรทัดห้าเป็นตัวกำหนดความสูงต่ำของเสียง โดยที่เส้นล่างสุดจะมีเสียงที่ทุ้มต่ำ และเส้นที่

อยู่สูงถัดขึ้นไป เสียงก็จะสูงขึ้นตามลำดับ และต่อมาคือการกำหนดเสียงให้กับโน้ตดนตรีแต่ละชนิด เพราะโน้ตดนตรี แต่ละชนิดจะบอกความสั้นยาวของเสียง โดยโน้ตตัวกลมจะมีความยาวของเสียงมากที่สุด คือ 2000 ms ถัดมาถือโน้ตตัวขาว โน้ตตัวดำ โน้ตตัวเขบิ๊ต ตามลำดับ ซึ่งสุดท้ายคือโน้ตตัวเขบิ๊ต 4 ชั้นจะมีเสียงที่สั้นที่สุด คือ 31.25 ms เมื่อได้เสียงของโน้ตดนตรีแล้ว ลำดับต่อมาคือการเรียงลำดับการเล่นเสียงของโน้ตดนตรี ซึ่งการเล่นเสียงของโน้ตดนตรี จะเล่นจากซ้ายไปขวา ดังนั้นจึงทำการเรียงลำดับจากตำแหน่งจุดศูนย์กลางของหัวโน้ตดนตรีตามแกน x โดยการเรียงลำดับโน้ตดนตรีจากตำแหน่งค่า x น้อยที่สุดไปยังตำแหน่งค่า x ที่มากที่สุด คือโน้ตดนตรีที่มีตำแหน่งค่า x น้อยที่สุดจะถูกเล่นเสียงก่อน ส่วนตัวที่มีตำแหน่งค่า x ที่มากที่สุด จะถูกเล่นเสียงในลำดับสุดท้าย ดังรูปที่ 3.36

รูปที่ 3.36 ผลการเรียงลำดับการเล่นเสียงของโน้ตดนตรี

3.3.8 การแสดงภาพบนพื้นผิว

ต่อมาเป็นการสร้างภาพประกอบการเล่นเสียงของโน้ตดนตรี ซึ่งการเล่นเสียงของโน้ตดนตรีให้เป็นเพลงนั้น จะต้องมีภาพประกอบเพื่อเพิ่มความสวยงามและความน่าสนใจในการเล่นเสียงจากตัวต้นแบบ โดยการเพิ่มสีสันให้กับโน้ตดนตรีที่ถูกเล่นเสียงไปแล้ว และโน้ตดนตรีที่กำลังเล่นเสียงอยู่

3.4 การออกแบบการแสดงผลบนพื้นผิว

การแสดงผลบนพื้นผิวที่ได้ออกไว้ จะเป็นดังภาพที่ 3.37 คือ บนพื้นผิวจะมีภาพบรรทัด 5 เส้น เป็นจำนวน 2 แถว ซึ่งสามารถเล่นเสียงโน้ตดนตรีได้ประมาณ 20 ตัวโน้ต หรือแถวละ 10 ตัวโน้ต ซึ่งระหว่างการเล่นเสียงดนตรีนั้นจะมีภาพกราฟิกแสดงขึ้นประกอบเสียงดนตรีด้วย

รูปที่ 3.37 ภาพการแสดงผลบนพื้นผิว

3.5 การตั้งค่าตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพของสัญลักษณ์โน้ตดนตรี (Image Calibration)

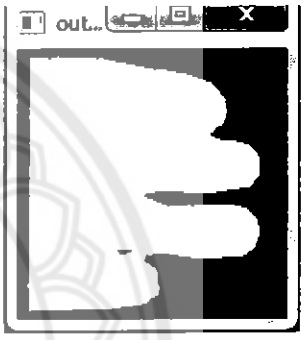
เนื่องจากการแสดงภาพบนพื้นผิวนั้นเราต้องการที่จะแสดงภาพให้ซ้อนทับกับสัญลักษณ์โน้ตดนตรีที่วางอยู่ด้านบนของพื้นผิว ซึ่งในความเป็นจริงแล้วภาพที่ปรากฏบนพื้นผิวนั้น ไม่ได้ตรงกับสัญลักษณ์เลย จึงต้องทำการตั้งค่า ดังนี้ คือ ทำการหาตำแหน่ง 4 ตำแหน่งของภาพที่ได้จากกล้องโดยตรง และภาพที่ได้จากโพรเจ็กเตอร์เมื่อฉายไปบนพื้นผิว ซึ่งตำแหน่ง 4 ตำแหน่งนั้น คือ มุมทั้ง 4 ของภาพ แล้วนำทั้ง 4 ตำแหน่งจากทั้งสองรูปนั้น มารวมกันโดยนำมาคูณเมตริกของโฮโมกราฟี (Homography) ทำให้ได้ภาพที่ซ้อนทับกับสัญลักษณ์โน้ตดนตรี ดังรูปที่ 3.38

รูปที่ 3.38 การเลือกตำแหน่ง 4 ตำแหน่งในขั้นตอนการตั้งค่ากล้อง

3.6 การเล่นเพลง

เมื่อวางสัญลักษณ์โน้ตดนตรีเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีการกดปุ่มเล่นเพลงก่อน เพราะถ้าไม่กด เพลงที่เรียงไว้จะไม่ถูกเล่น โดยหลักการตรวจสอบการกดปุ่มเล่นเพลง คือ กำหนดตำแหน่งจุดที่สนใจ ขนาด 150x150 พิกเซล จากรูปภาพที่เป็นภาพไบนารี แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของจุดภาพสีขาว และกำหนดค่าค่าหนึ่งไว้สมมติเป็น ค่า x ถ้ามีการกดปุ่มเล่นเพลง จะทำให้ค่าเฉลี่ยเกินค่า x แต่ถ้าไม่มีการกดปุ่มเล่นเพลง ค่าเฉลี่ยจะไม่เกินค่า x ดังนั้นการตรวจสอบคือ ถ้าค่าเฉลี่ยเกินค่า x ให้ทำการเล่นเพลง แต่ถ้าไม่เกินโปรแกรมก็จะไม่เล่นเพลง ดังรูปที่ 3.39 เป็นภาพที่รับเข้ามาจากกล้องอินฟราเรด แล้วแปลงเป็นภาพไบนารี ดังรูปที่ 3.40

รูปที่ 3.39 ภาพจากกล้องเมื่อปุ่มเล่นเพลง



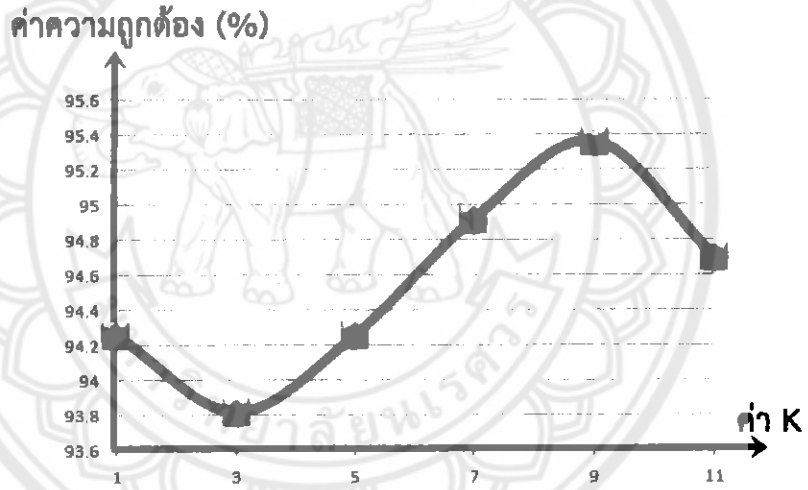
รูปที่ 3.40 ภาพไบนารีเมื่อกดปุ่มเล่นเพลง

บทที่ 4
ผลการทดลอง

โครงงาน "ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว : กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น" ดังนั้นจึงแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของซอฟแวร์ และฮาร์ดแวร์

4.1 ผลการทดลองจำแนกสัญลักษณ์โน้ตดนตรี

การจำแนกโน้ตดนตรีแต่ละชนิดใช้อัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์ ในการจัดกลุ่มข้อมูล ซึ่งทดลองใช้ค่า K ตั้งแต่ 1 จนถึง 11 (เฉพาะเลขคี่) เพื่อดูค่าความถูกต้องในการจำแนกโน้ตดนตรี ดังรูปกราฟที่ 4.1

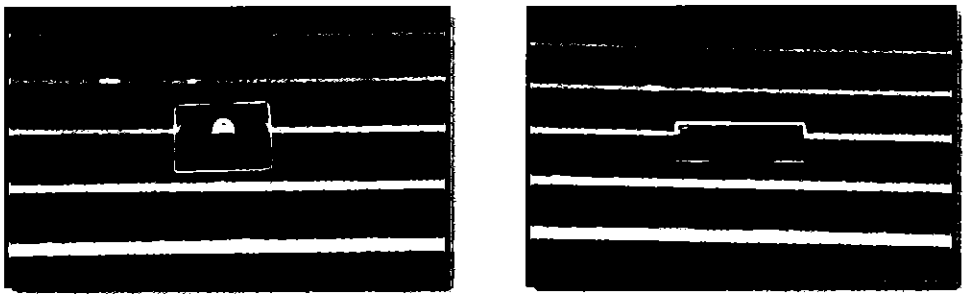


รูปที่ 4.1 กราฟสรุปผลการทดลองการจำแนกโน้ตดนตรี

จากกราฟที่ 4.1 ทำให้ได้ผลการทดลองของการจำแนกสัญลักษณ์โน้ตดนตรี โดยทำการระบายสีล้อมรอบโน้ตดนตรี ซึ่งสัญลักษณ์โน้ตดนตรีต่างชนิดกันก็จะให้สีที่ต่างกันดังต่อไปนี้

4.1.1 กรณีตรวจพบสัญลักษณ์โน้ตดนตรี

4.1.1.1 สัญลักษณ์โน้ตตัวกลมและตัวหยุดโน้ตตัวกลม จะระบายสีล้อมรอบสัญลักษณ์โน้ตดนตรี เป็นสีน้ำเงิน ดังรูปที่ 4.2 ก. และ 4.2 ข.

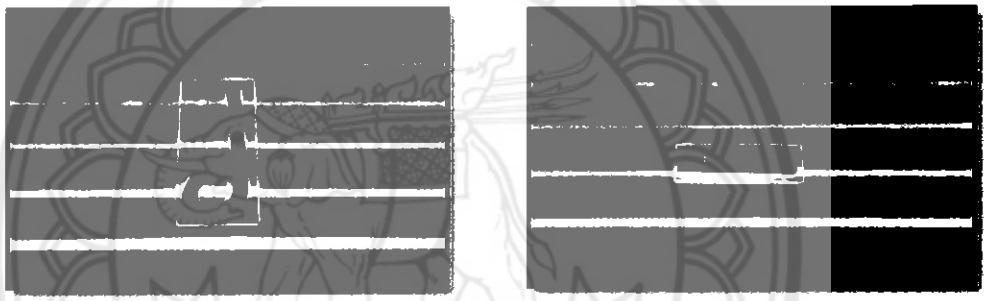


ก). ข).

รูปที่ 4.2 ก). การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวกลม

ข). การจำแนกสัญลักษณ์ตัวหยุดโน้ตตัวกลม

4.1.1.2 สัญลักษณ์โน้ตตัวขาวและตัวหยุดโน้ตตัวขาว จะระบายสีล้อมรอบสัญลักษณ์โน้ตดนตรี เป็นสีเขียว ดังรูปที่ 4.3 ก. และ 4.3 ข.

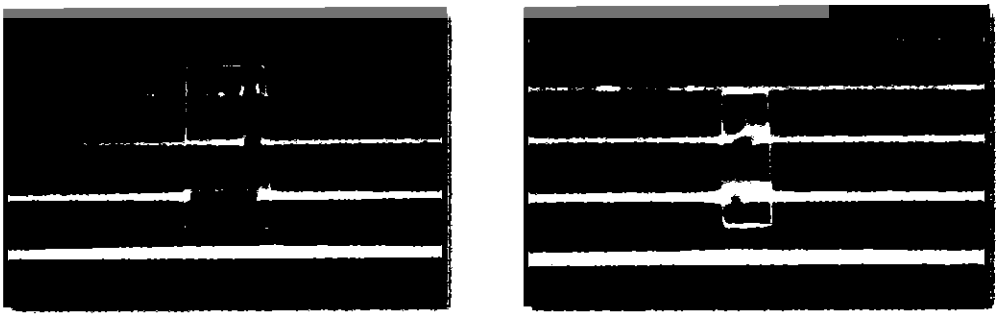


ก). ข).

รูปที่ 4.3 ก). การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวขาว

ข). การจำแนกสัญลักษณ์ตัวหยุดโน้ตตัวขาว

4.1.1.3 สัญลักษณ์โน้ตตัวดำและตัวหยุดโน้ตตัวดำจะระบายสีล้อมรอบสัญลักษณ์โน้ตดนตรี เป็นสีแดง ดังรูปที่ 4.4 ก. และ 4.4 ข.

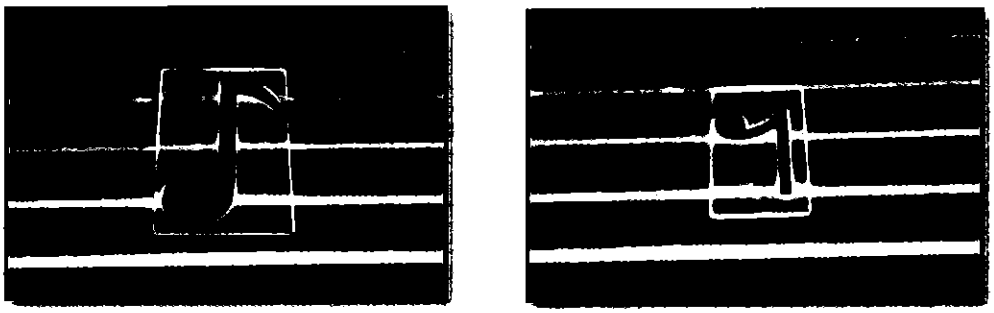


ก). ข).

รูปที่ 4.4 ก). การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวดำ

ข). การจำแนกสัญลักษณ์ตัวหยุดโน้ตตัวดำ

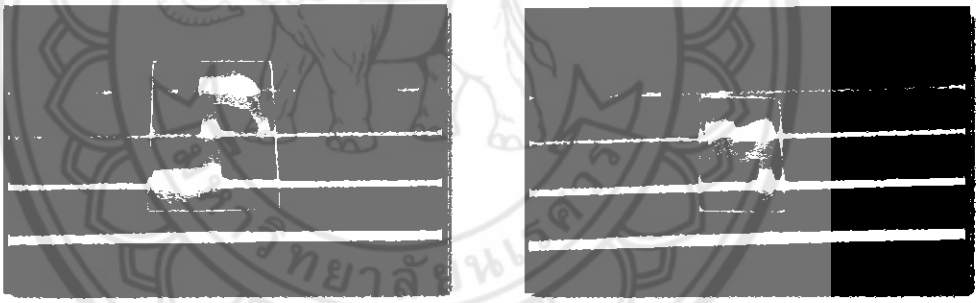
4.1.1.4 สัญลักษณ์โน้ตตัวเขบิ๊ต 1 ชั้นและตัวหยุดโน้ตตัวเขบิ๊ต 1 ชั้น จะระบายสีล้อมรอบสัญลักษณ์โน้ตดนตรี เป็นสีฟ้า ดังรูปที่ 4.5 ก. และ 4.5 ข.



ก). ข).

รูปที่ 4.5 ก). การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวเขบิ๊ต 1 ชั้น
ข). การจำแนกสัญลักษณ์ตัวหยุดโน้ตตัวเขบิ๊ต 1 ชั้น

4.1.1.5 สัญลักษณ์โน้ตตัวเขบิ๊ต 2 ชั้นและตัวหยุดโน้ตตัวเขบิ๊ต 2 ชั้น จะระบายสีล้อมรอบสัญลักษณ์โน้ตดนตรี เป็นสีชมพู ดังรูปที่ 4.6 ก. และ 4.6 ข.



ก). ข).

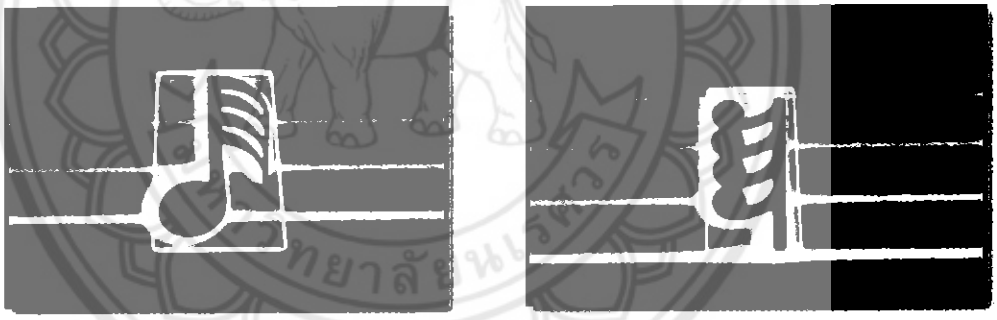
รูปที่ 4.6 ก). การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวเขบิ๊ต 2 ชั้น
ข). การจำแนกสัญลักษณ์ตัวหยุดโน้ตตัวเขบิ๊ต 2 ชั้น

4.1.1.6 สัญลักษณ์โน้ตตัวเขบ็ต 3 ชั้นและตัวหยุดโน้ตตัวเขบ็ต 3 ชั้น จะระบายสีล้อมรอบสัญลักษณ์โน้ตดนตรี เป็นสีเหลือง ดังรูปที่ 4.7 ก. และ 4.7 ข.

ก). ข).

รูปที่ 4.7 ก). การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวเขบ็ต 3 ชั้น
ข). การจำแนกสัญลักษณ์ตัวหยุดโน้ตตัวเขบ็ต 3 ชั้น

4.1.1.7 สัญลักษณ์โน้ตตัวเขบ็ต 4 ชั้นและตัวหยุดโน้ตตัวเขบ็ต 4 ชั้น จะระบายสีล้อมรอบสัญลักษณ์โน้ตดนตรี เป็นสีขาว ดังรูปที่ 4.8 ก. และ 4.8 ข.



ก). ข).

รูปที่ 4.8 ก). การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตตัวเขบ็ต 4 ชั้น
ข). การจำแนกสัญลักษณ์ตัวหยุดโน้ตตัวเขบ็ต 4 ชั้น

4.1.2 กรณีตรวจไม่พบสัญลักษณ์โน้ตดนตรี

ในบางกรณีที่ไฟอินฟราเรดไม่เพียงพอ อาจจะทำให้การตรวจจับสัญลักษณ์โน้ตดนตรีผิดพลาดไป ดังนั้นโปรแกรมก็จะไม่สามารถเล่นเสียง และแสดงภาพกราฟิกของสัญลักษณ์โน้ตดนตรีที่ผิดพลาดได้ ทำให้เสียงและภาพกราฟิกของสัญลักษณ์โน้ตดนตรีนั้นๆ หายไป

4.2 ผลการทดลองการตรวจหาสัญลักษณ์เล่นเพลงและหยุดเพลง

4.2.1 กรณีตรวจพบสัญลักษณ์เล่นเพลง

หลังจากการวางสัญลักษณ์โน้ตดนตรีเสร็จแล้ว เราจะทำการวางมือที่ปุ่มเล่นเพลงเพื่อเล่นเพลง ดังรูปที่ 4.9 ซึ่งถ้าตรวจพบว่ามีมือวางที่ปุ่มเล่นเพลงอยู่ โปรแกรมก็จะทำการเล่นเพลงไปเรื่อยๆ ไม่หยุด โดยถ้าเล่นจบแล้ว ก็กลับมาเริ่มเล่นเพลงเดิมอีกรอบ

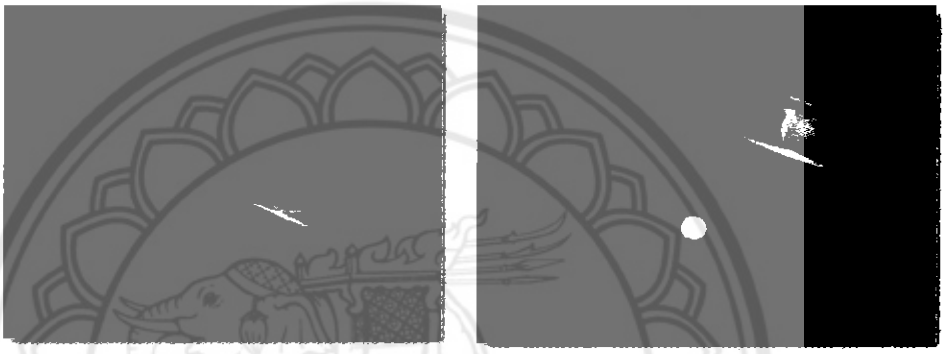
รูปที่ 4.9 กรณีตรวจพบสัญลักษณ์เล่นเพลง

4.2.2 กรณีตรวจไม่พบสัญลักษณ์เล่นเพลง

ถ้าตรวจไม่พบการวางมือบนปุ่มเล่นเพลง โปรแกรมจะยังไม่เริ่มเล่นเพลงนั้น จนกว่าจะตรวจพบการวางมือบนปุ่มเล่นเพลง และถ้ากำลังเล่นเพลงอยู่ แล้วเอามือออกจากปุ่มเล่นเพลง ถือว่าเป็นการหยุดเพลงที่กำลังเล่น โดยการหยุดเพลงนั้น จะไม่ได้หยุด ณ เวลาที่เอามือออก แต่จะหยุดเพลง หลังจากที่เล่นเพลงที่กำลังเล่นอยู่จบก่อน

4.3 ผลการทดลองการตั้งค่าตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งการฉายภาพของสัญลักษณ์โน้ตดนตรี

หลังจากการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดภายในตัวต้นแบบแล้ว ก่อนการเริ่มโปรแกรมทุกครั้งจะต้องทำการตั้งค่าตำแหน่งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งสัญลักษณ์โน้ตดนตรี ซึ่งการตั้งค่านั้นจะต้องทำการเลือกตำแหน่งทั้ง 4 ตำแหน่งของภาพที่ได้จากกล้องเมื่อถ่ายไปที่พื้นผิว ให้ตรงกับตำแหน่งทั้ง 4 ตำแหน่งของภาพที่ได้จากกล้องโดยตรง ดังรูปที่ 3.38 และจะได้ผลลัพธ์ของการตั้งค่ากล้องดังรูปที่ 4.10

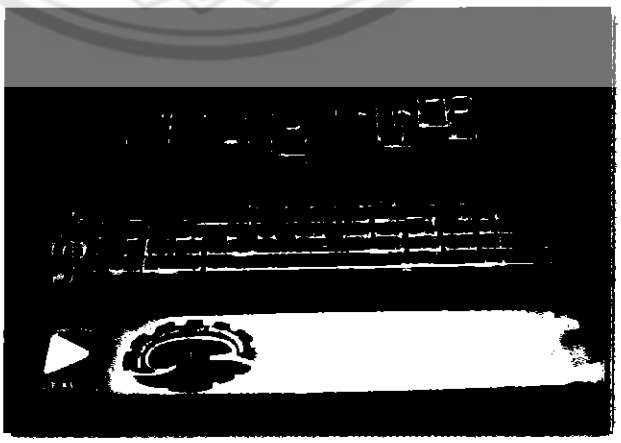


ก). ข).

รูปที่ 4.10 ก). ก่อนการตั้งค่ากล้อง
ข). หลังการตั้งค่ากล้อง

4.4 ผลการทดลองการเล่นเพลงและแสดงภาพกราฟิก

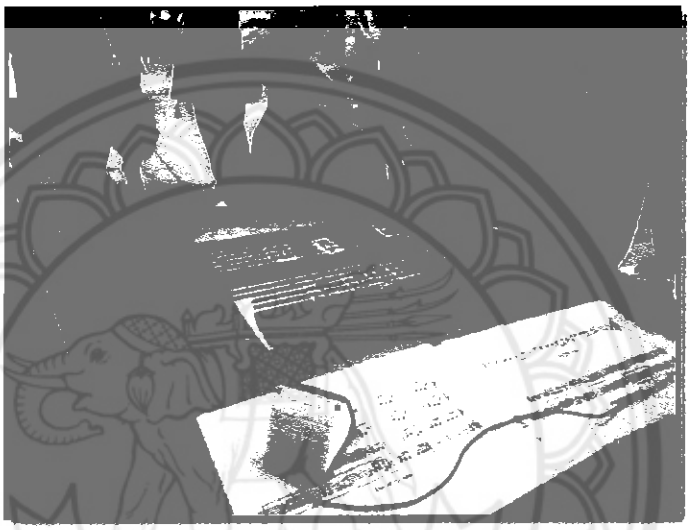
หลังจากการวางสัญลักษณ์โน้ตดนตรี และวางสัญลักษณ์เล่นเพลงแล้ว โปรแกรมจะทำการเล่นเพลง และแสดงภาพกราฟิก ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ผลการเล่นเพลงและแสดงภาพกราฟิก

4.5 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง "ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว: กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น" พบว่าต้นแบบสามารถเล่นเสียง และแสดงภาพกราฟิกประกอบการเล่นเสียงได้ ตามโน้ตดนตรีที่วางบนพื้นผิว โดยใช้กุญแจซอลเป็นกุญแจประจำหลัก และวางสัญลักษณ์โน้ตดนตรีได้ประมาณ 20 สัญลักษณ์โน้ตดนตรี ซึ่งการเล่นเสียงของโน้ตดนตรีจะเล่นจากซ้ายไปขวา และบนลงล่าง เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการเล่นเสียง



รูปที่ 4.12 ภาพการแสดงผลของต้นแบบ ในงานประกวดโครงงานมหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาที่พบ ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหา และข้อเสนอแนะสำหรับงานในอนาคตของโครงงาน "ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว: กรณี ศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น (Prototype for Tangible Surface Computing: A Case Study of Computer-Aided Basic Musical Notation Instruction) " เพื่อให้เกิดความเข้าใจในโครงงานและนำไปพัฒนาต่อไป

5.1 สรุป

ต้นแบบสำหรับคอมพิวเตอร์แบบเน้นการสัมผัสบนพื้นผิว: กรณีศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ในส่วนของฮาร์ดแวร์ใช้หลักการการส่องสว่างแบบแพร่กระจายจากด้านหลังในการออกแบบและสร้างต้นแบบ และในส่วนของซอฟต์แวร์ใช้อัลกอริทึมเคเนียร์เรสต์เนเบอร์ในการจำแนกชนิดของสัญลักษณ์โน้ตดนตรีและใช้หลักการการแปลงระยะทางเพื่อหาตำแหน่งของสัญลักษณ์โน้ตดนตรี

จากผลการทดลองพบว่าต้นแบบยังมีข้อผิดพลาดอยู่บ้าง ในเรื่องของการจำแนกสัญลักษณ์โน้ตดนตรี ซึ่งถ้าแสงอินฟราเรดมีความสว่างมากเกินไปหรือน้อยเกินไป จะทำให้การจำแนกสัญลักษณ์โน้ตดนตรีมีความผิดพลาด การแก้ไขคือจะต้องปรับแสงอินฟราเรดให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมให้มากที่สุด เพื่อลดความผิดพลาดนั้น

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อประยุกต์ใช้งานด้านการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสเพื่อเป็นสื่อการสอนโน้ตดนตรีเบื้องต้น เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียน อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น โดยที่ผู้ใช้สามารถเลือกสัญลักษณ์โน้ตดนตรีเพื่อผสมเสียงให้เกิดเป็นเพลงได้ตามความต้องการ ในขณะเวลาจริง (Real Time) ทำให้ผู้ใช้ได้รับประสบการณ์ใหม่ๆ และมีความสนใจในเทคโนโลยีการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสเพิ่มมากขึ้น

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 สามารถตรวจจับตัวโน้ตได้จำนวนจำกัด ซึ่งปัจจุบันสามารถตรวจจับตัวโน้ตได้ประมาณ 20 ตัวโน้ต

5.2.2 ตัวต้นแบบติดตั้งยาก เพราะ ต้นแบบมีตัวแปรที่มีผลต่อการแสดงภาพมาก เช่น ความเข้มของแสงภายนอก องศาของแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด ระยะการฉายภาพของโพรเจ็กเตอร์ ระยะ

ห่างระหว่างโพรเจ็กเตอร์กับกระจกเงา เป็นต้น

5.2.3 จะต้องมีการเทรน (Train) ทุกครั้งที่ใช้งาน เพื่อให้ได้ผลที่ดีขึ้น เนื่องจากสภาพแสงในแต่ละครั้งไม่เหมือนกัน ซึ่งอาจจะเกิดจากการเปลี่ยนสถานที่ หรือเกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งของแสงอินฟราเรด ทำให้ต้องทำการเทรนทุกครั้ง เพื่อให้ได้ผลที่ดีขึ้น

5.2.4 เสียงที่แสดงออกมายังไม่สมบูรณ์ คือ เสียงที่ได้ยังไม่ต่อเนื่องสม่ำเสมอ

5.3 ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหา

5.3.1 การตรวจจับตัวโน้ตได้จำนวนจำกัดนั้น เกิดจากความกว้างในการรับภาพของกล้อง ดังนั้นหากต้องการเล่นเสียงโน้ตดนตรีให้มากขึ้น จึงต้องเลือกซื้อกล้องที่มีขนาดการรับภาพที่มากขึ้นหรืออาจจะลดขนาดของโน้ตดนตรีให้เล็กลง

5.3.2 ควรออกแบบตัวต้นแบบให้เหมาะสำหรับการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยที่ใช้เวลาให้น้อยที่สุด เช่น กระจกควรจะปรับองศา หรือเลื่อนเข้าออกได้โดยง่าย และสะดวกกว่าเดิม เพื่อช่วยลดเวลาในการติดตั้งตัวต้นแบบ

5.3.3 ควรทำวงจรที่ช่วยลด และเพิ่มความสว่างของไฟอินฟราเรด

5.3.4 เสียงที่ได้อาจจะยังไม่ดีพอ จึงควรปรับปรุงให้เสียงดีขึ้น โดยการปรับปรุงอัลกอริทึมหรือเปลี่ยนชนิดไฟล์เสียงเป็น mp3 หรือ midi

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานในอนาคต

5.4.1 สามารถใช้สอนคนตาบอดได้ โดยการตัดสัญลักษณ์โน้ตดนตรีให้เป็นรูปทรงของโน้ตดนตรี และถ่วงน้ำหนักโน้ตดนตรีให้มีน้ำหนักที่แตกต่างกัน และใช้เส้นเอ็นแทนบรรทัดห้าเส้นให้เพื่อให้สัมผัสได้

5.4.2 เพิ่มเสียงดนตรีชนิดอื่น เช่น เสียงกีตาร์ ไวโอลิน เป็นต้น

5.4.3 เพิ่มตัวโน้ตให้สมบูรณ์ เช่น ปรับเป็นจังหวะ 3/4 ได้ ปรับเป็นกุญแจดนตรีชนิดอื่นได้ มีห้องดนตรีเพื่อแบ่งจังหวะของโน้ต และมีคอร์ดเพื่อเล่นเสียงดนตรีพร้อมกันได้

5.4.4 เพิ่มภาพกราฟิก หรือภาพเคลื่อนไหวให้สวยงาม

5.4.5 เพิ่มการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature selection) เพื่อลดคุณลักษณะที่ไม่จำเป็นออก และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจำแนกสัญลักษณ์โน้ตดนตรี

เอกสารอ้างอิง

[1] **Diffused Illumination** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2555.
สืบค้นจาก: http://wiki.nuigroup.com/Diffused_Illumination

[2] **Diffused Surface Illumination** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2555.
สืบค้นจาก: http://wiki.nuigroup.com/Diffused_Surface_Illumination

[3] **Distance Transform** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2555.
สืบค้นจาก: http://en.wikipedia.org/wiki/Distance_transform

[4] **Frustrated Total Internal Reflection** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2555.
สืบค้นจาก: http://wiki.nuigroup.com/FTIR

[5] **Image Processing** เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ(ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 14 กรกฎาคม 2555. สืบค้นจาก : http://jaratcyberu.blogspot.com/2009/10/image-processing.html

[6] **K- Nearest Neighbor** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2555.
สืบค้นจาก :https://sites.google.com/site/mrolarik/algorithms/k-nn

[7] **Laser Light Plane Illumination** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2555.
สืบค้นจาก: http://wiki.nuigroup.com/Laser_Light_Plane_Illumination_(LLP)

[8] **Learning OpenCV: Contour** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 14 กรกฎาคม 2555. สืบค้นจาก:
http://sapachan.blogspot.com/2010/04/detect-edge-canny-edge-contour-opencv.html

[9] **Median filters** (ออนไลน์).สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2555.
สืบค้นจาก : http://www.vcharkarn.com/project/upload/0/387_1.pdf

[10] **OpenCv** คืออะไร (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2555.
สืบค้นจาก : http://thaiopencvgroup.blogspot.com/2009/08/opencv.html.

[11] Philipp Pötzl และคณะ. **XENAKIS** (ออนไลน์).สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2555.
สืบค้นจาก : http://modin.yuri.at/tangibles/data/xenakis.pdf

[12] Sergi Jordà และคณะ.**The reacTable*:A Collaborative Musical Instrumen** (ออนไลน์).
สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2555.สืบค้นจาก:
http://modin.yuri.at/tangibles/data/reactable.pdf

[13] **การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ (Morphological Image Processing)** (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 14 กรกฎาคม 2555.
สืบค้นจาก : http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/image/morph.DOC

[14] การแปลงภาพสีขาวดำ (Threshold) (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2555. สืบค้นจาก : http://dc252.4shared.com/doc/WImQcXv_/preview.html.

[15] การแปลงภาพสีเทา (Gray Scale) (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2555. สืบค้นจาก : http://dc252.4shared.com/doc/WImQcXv_/preview.html.

[16] ข้อมูลเบื้องต้นของโน้ตดนตรี (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 3 สิงหาคม 2555. สืบค้นจาก : http://www.oknation.net/blog/print.php?id=201022.

[17] ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิก (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2555. สืบค้นจาก : http://sangrawee1366.blogspot.com/p/1.html

[18] ความสว่างของภาพและความคมชัดของภาพ (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2555. สืบค้นจาก: http://fingerprintimage.blogspot.com/2009/04/brightness-contrast.html

[19] ตัวโน้ตดนตรี หรือสัญลักษณ์ที่ใช้แทนเสียงดนตรี (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2555. สืบค้นจาก : http://www.lks.ac.th/band/page6_4.htm

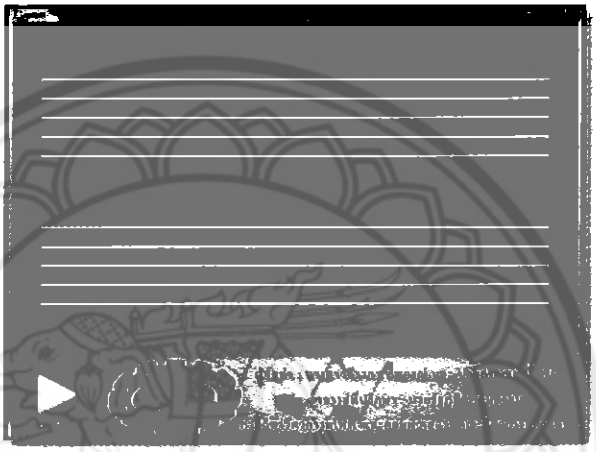
[20] นวคุณ ศรีบาง. Tangible Interface System with Tactile Feedback for Learning Processing (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 12 กรกฎาคม 2555. สืบค้นจาก: http://www.fibo.kmutt.ac.th/fiboweb07/thai/index.php?option=com_content&task=view&id=1016

[21] ผศ.ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล. Morphological Image Processing (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2555.สืบค้นจาก: http://www.ecpe.nu.ac.th/panomkhawn/imagepro/pdf/ch09.pdf

ภาคผนวก ก

การใช้งานตัวต้นแบบ

1. เมื่อทำการติดตั้งตัวต้นแบบเรียบร้อยแล้ว ทำการรันโปรแกรมขึ้นมา จะปรากฏภาพบรรทัดห้าเส้นบนพื้นผิวตัวต้นแบบ



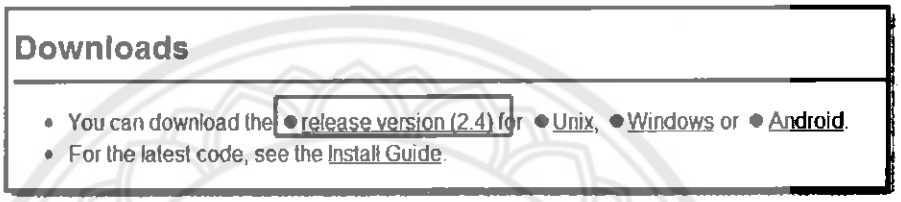
2. จากนั้นนำสัญลักษณ์โน้ตดนตรีวางบนบรรทัดห้าเส้นตามเพลงที่ต้องการ ถ้าต้องการเล่นเพลงให้เอามือวางที่ปุ่มเล่นเพลง ดังรูป

ภาคผนวก ข

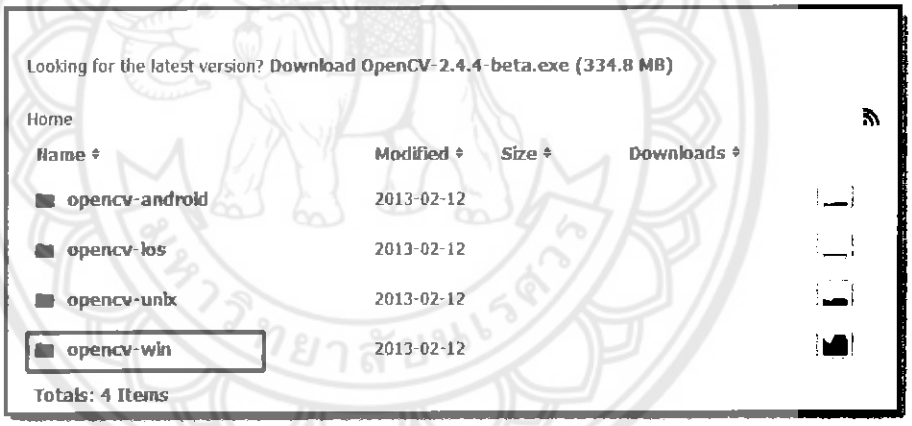
การตั้งค่าการใช้งานไลบรารีโอเพนซีวี

1.ดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 หรือversion อื่นให้เรียบร้อย

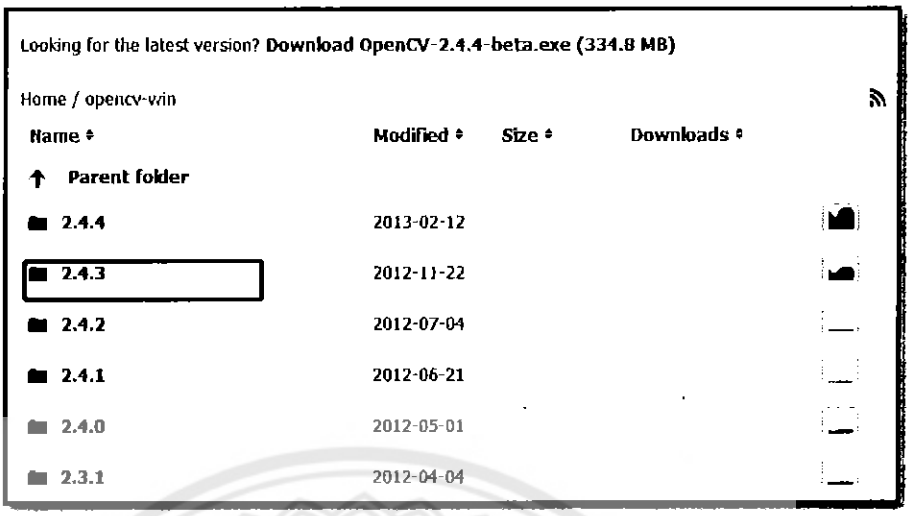
2.ดาวน์โหลดและติดตั้งไลบรารี opencvได้จาก http://opencv.willowgarage.com/wiki/ ในส่วนของ Dowloadให้เลือกrelease version ดังรูป



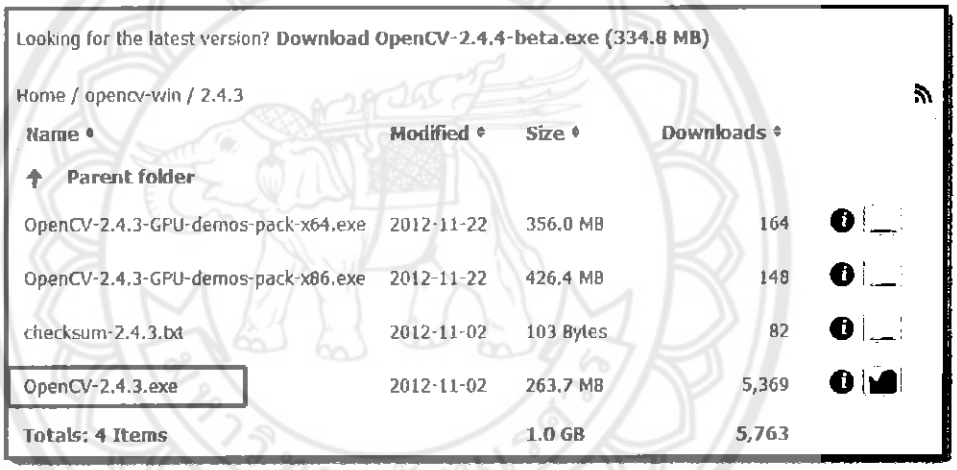
3.เลือกระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ (ในที่นี้ผู้จัดทำเลือกใช้ opencv-win)ดังรูป



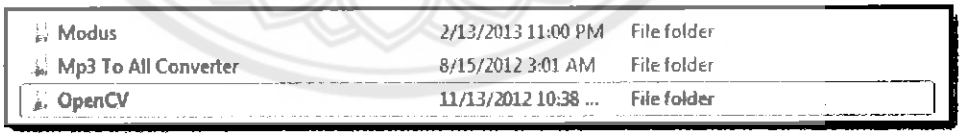
4.เลือก versionของ opencv(ในที่นี้ผู้จัดทำเลือกใช้ version 2.4.3)ดังรูป



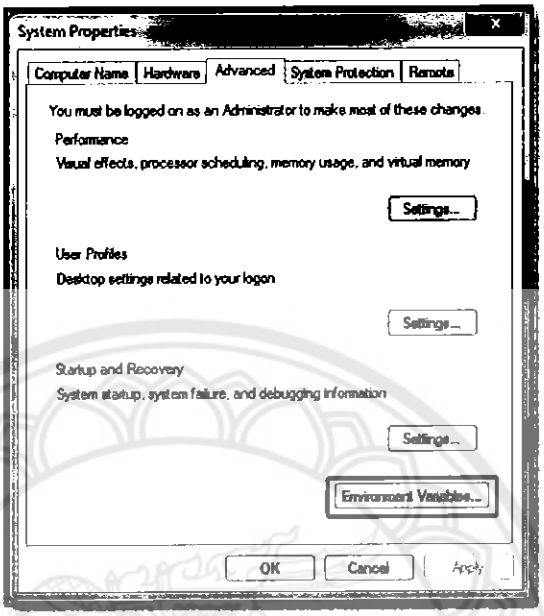
5.เลือกOpenCV-2.4.3.exe เพื่อดาวน์โหลดดังรูป



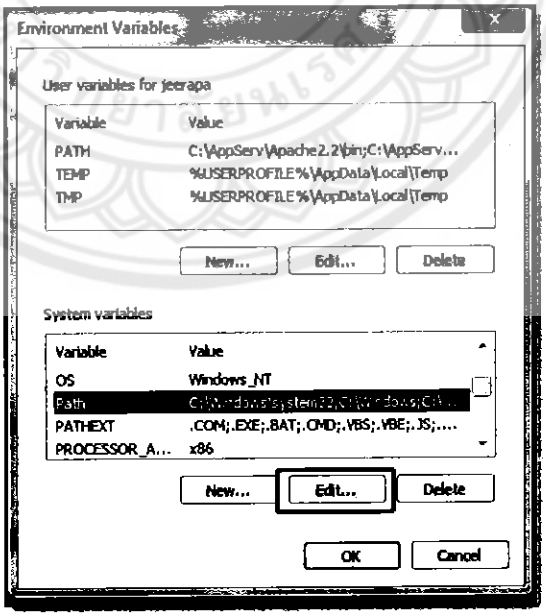
6. ทำการติดตั้งให้เรียบร้อยจะได้โฟลเดอร์ของ opencvดังรูป



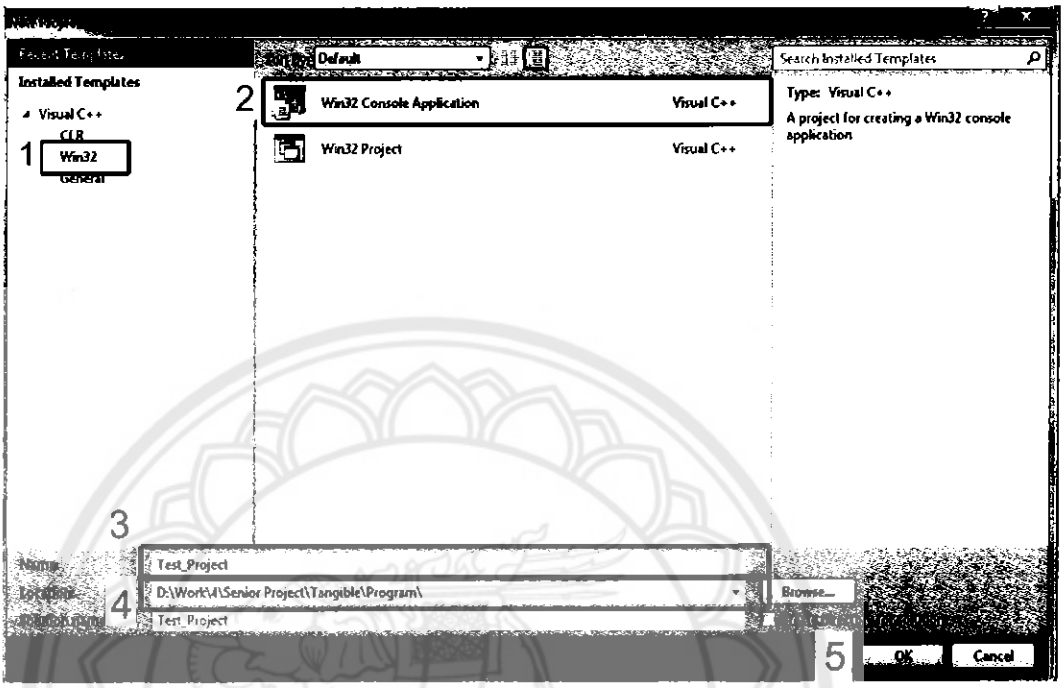
7. ทำการตั้งค่า path ดังนี้ ไปที่Control Panel > System and Security >System>Advanced system settings เลือก Environment Variable ดังรูป



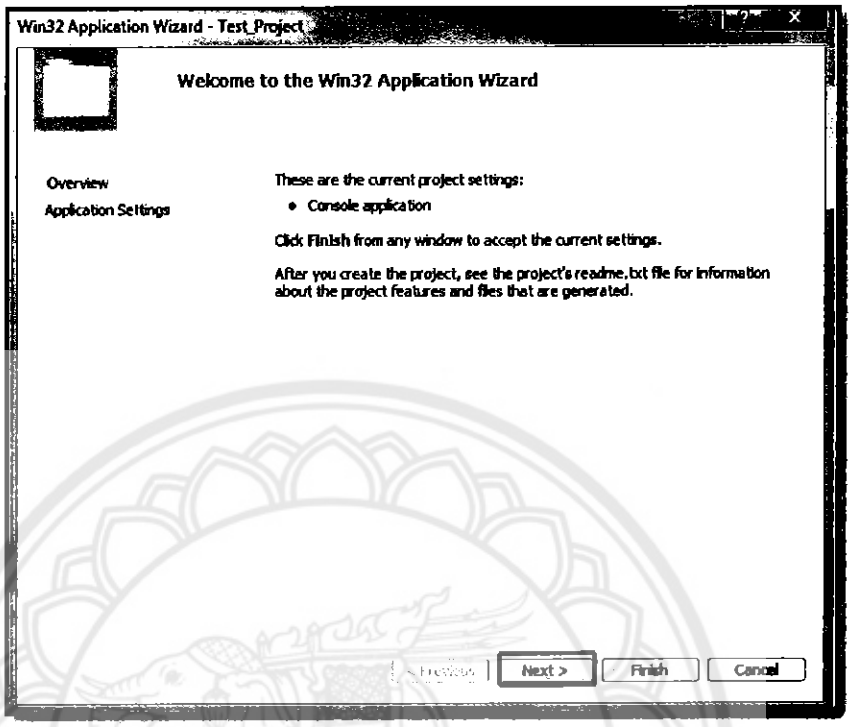
8. ที่ System variables เลือกpathจากนั้นกดปุ่ม Editแล้วทำการเพิ่มpath ของ opencv ดังนี้ *E:\OpenCV*\opencv\build\x86\vc10\bin; (โดยชื่อDrive ที่ขีดเส้นใต้ จะขึ้นอยู่ที่ผู้ติดตั้ง ว่าติดตั้งไว้ที่ไหน)แล้วกดปุ่ม OK



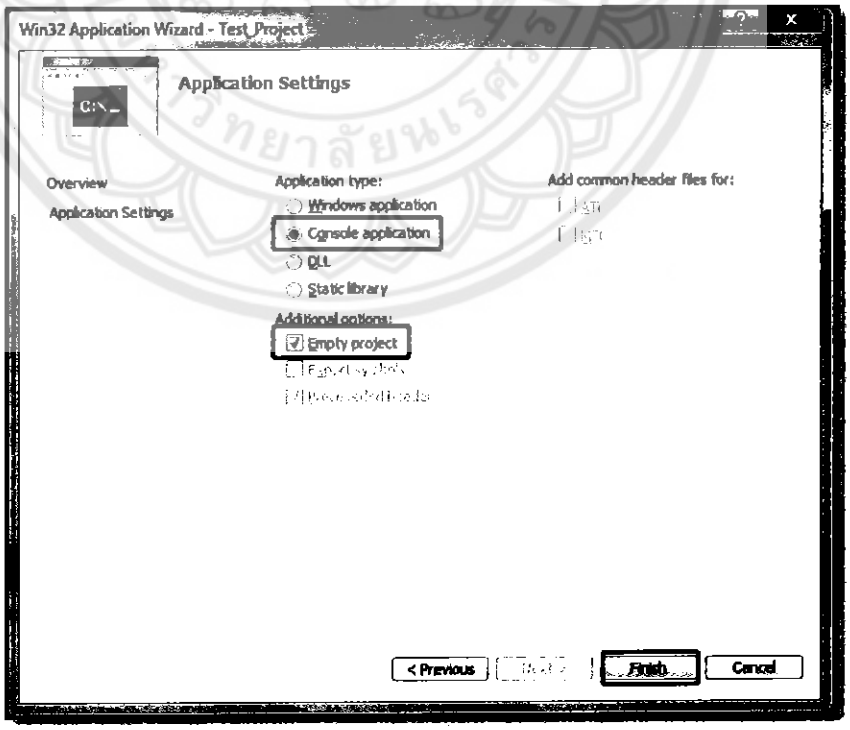
9.เปิดโปรแกรม Microsoft Visual Studio ขึ้นมาทำการสร้าง New Project เลือกWin32>Win32 Console Application >ตั้งชื่อ Project >เลือก Location ที่ต้องการ save >OK



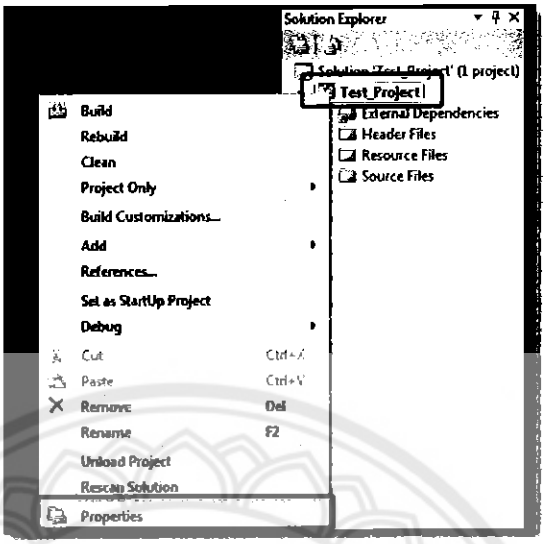
10.เลือกปุ่ม Next



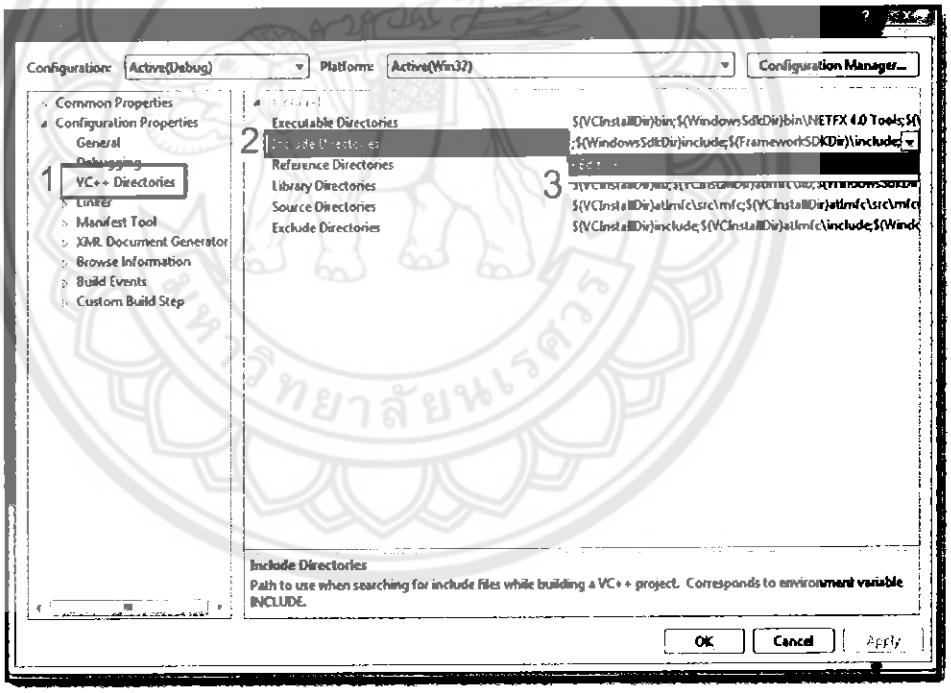
11.เลือก Console type เป็น Console application และ Additional options เป็น Empty project จากนั้นกดปุ่ม Finish



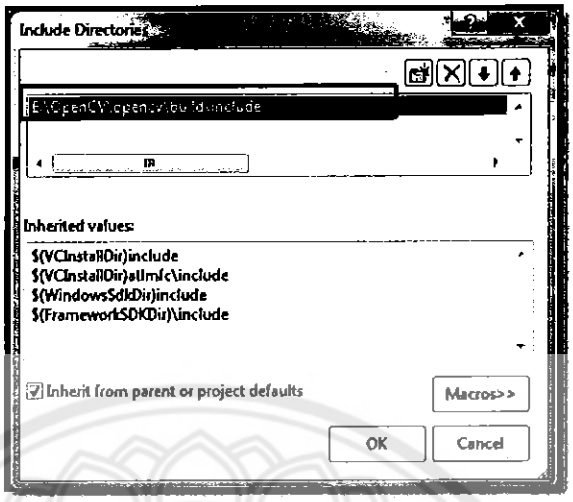
12.ที่หน้าต่าง Solution Explorer ให้คลิกขวาที่ *ชื่อ project* เลือก Properties



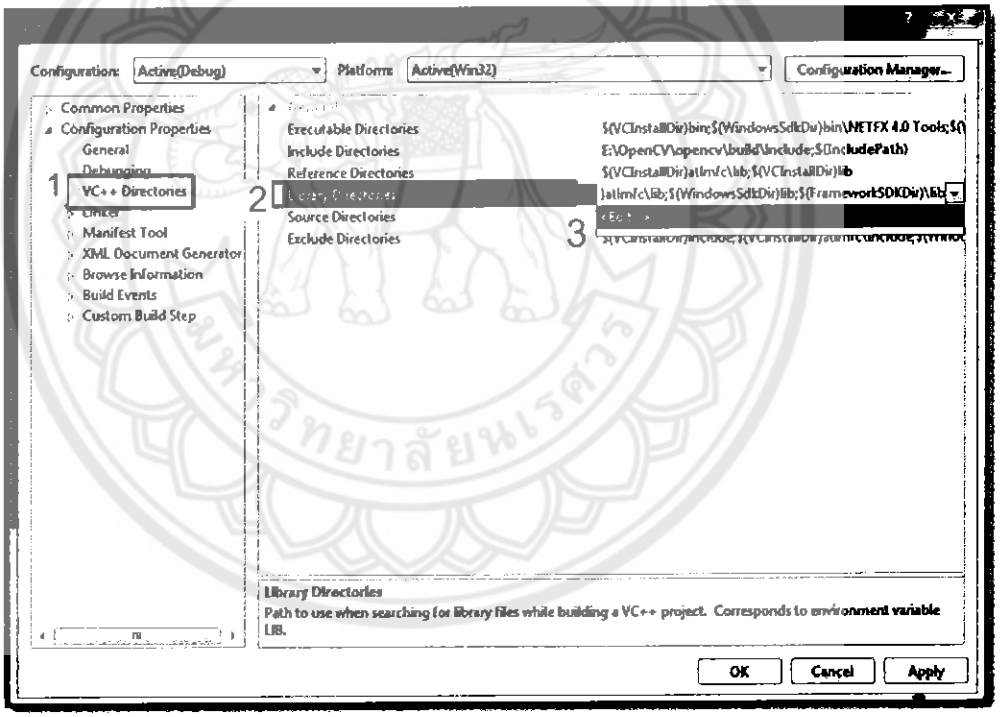
13.เลือก VC++ Directories > Include Directories> Edit



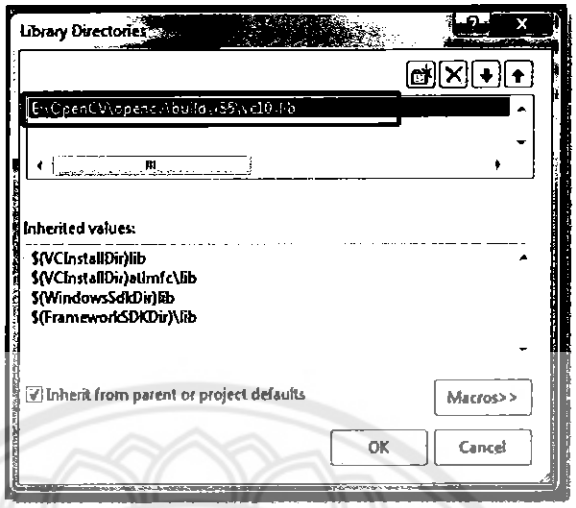
14.ให้เพิ่มโฟลเดอร์ *E:\OpenCV*\opencv\build\include เข้ามาดังรูป > OK



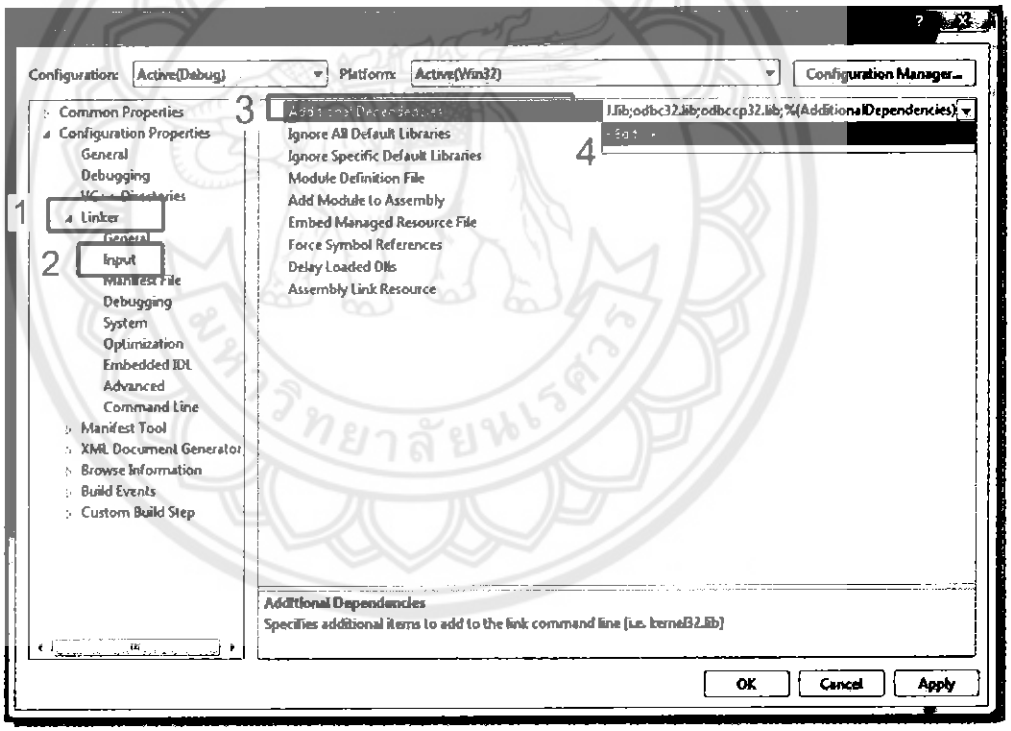
15.เลือก VC++ Directories >Library Directories > Edit



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

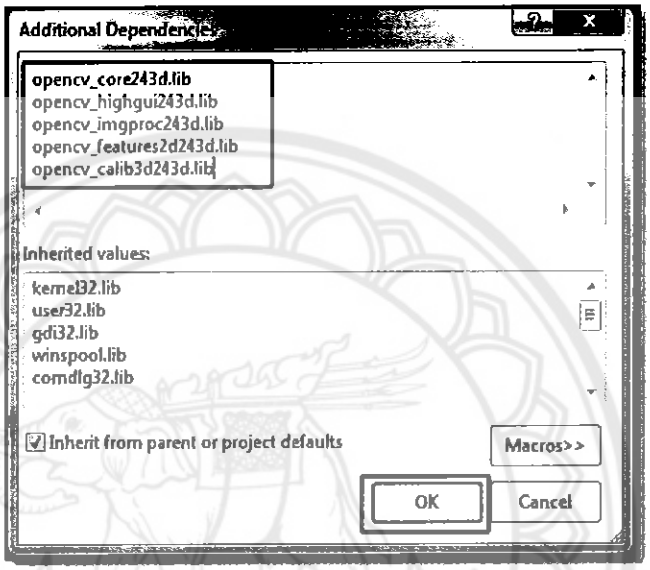


17.Linker > Input > Additional Dependencies > Edit

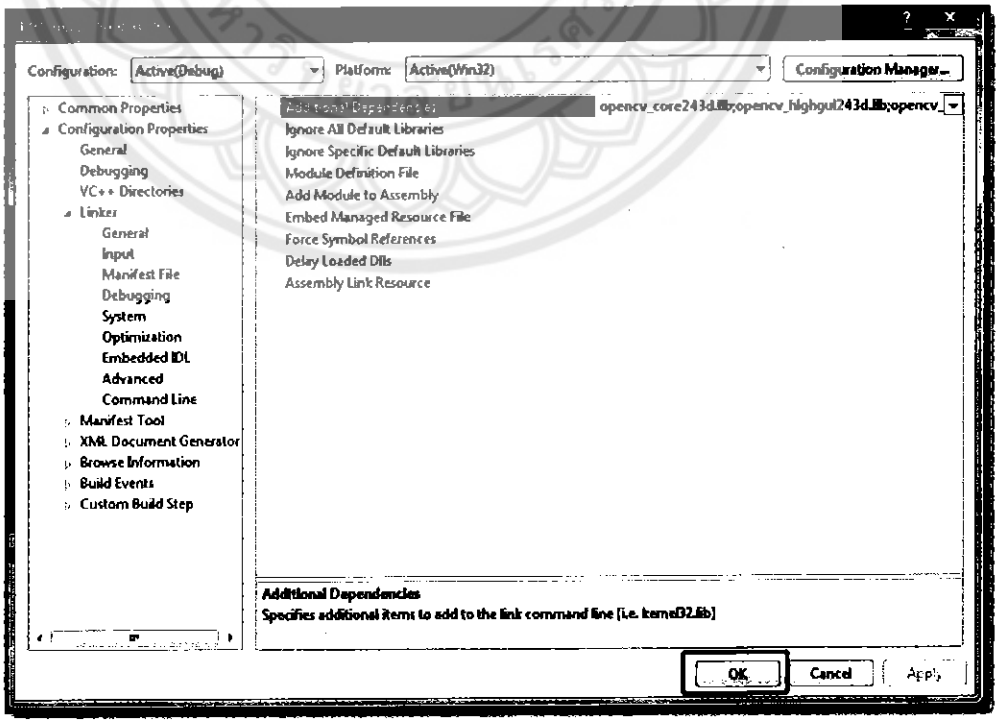


18. เพิ่ม .lib ดังรูป>OK(opencv_core*243d*.lib ตัวเลข 243 ที่ขีดเส้นใต้ คือ เลข version ของ opencv ซึ่งในที่นี้เป็นversion 2.4.3 ส่วนตัวอักษร d หลังตัวเลขคือ บอกว่าเป็น debug mode)

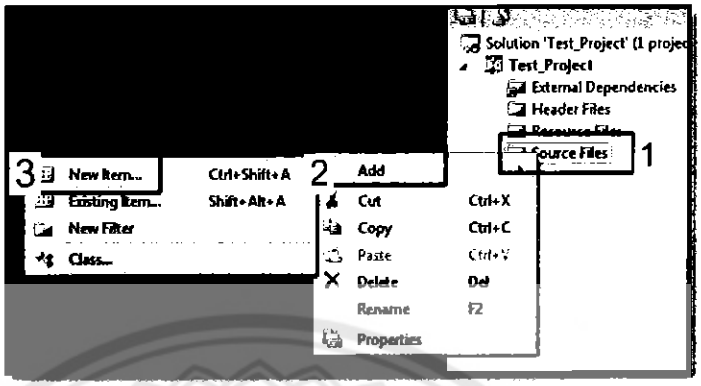
opencv_core243d.lib
opencv_highgui243d.lib
opencv_imgproc243d.lib
opencv_features2d243d.lib
opencv_calib3d243d.lib



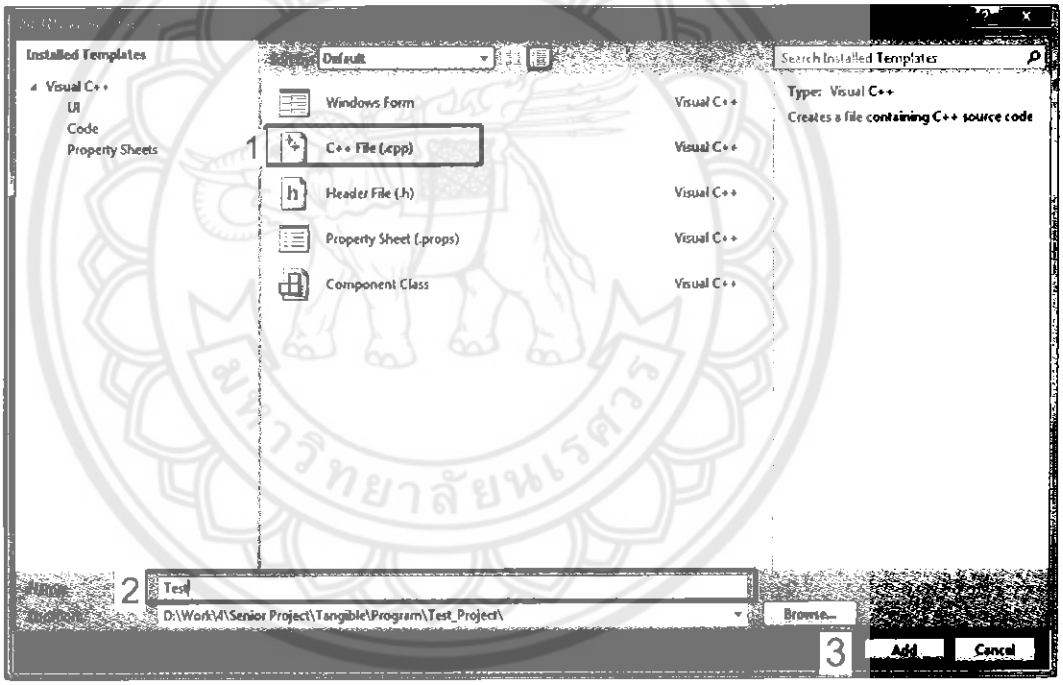
19. ตั้งค่าเสร็จแล้วให้กดปุ่ม OK



20. ตั้งค่าเสร็จแล้ว ให้คลิกขวาที่ Source File > Add > New Item



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

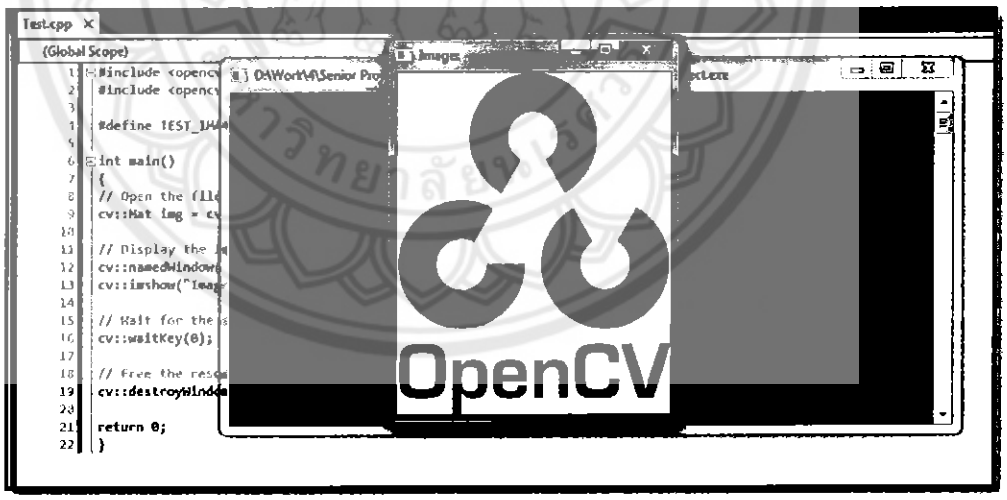


22. ทดลอง copy code ด้านล่างดังนี้

```
#include<opencv2\core\core.hpp>
#include<opencv2\highgui\highgui.hpp>

#define TEST_IMAGE "D:\\opencv.jpg"

int main()
{
// Open the file.
cv::Matimg = 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;
}
```

ที่ขีดเส้นใต้ คือ path ของรูปภาพที่ต้องการจะรัน ดังนั้นจะต้องกำหนดให้ถูกต้อง

23. จาก code ด้านบน จะได้ผลการ run ดังนี้ถือว่าติดตั้ง opencvสำเร็จ



ภาคผนวก ค

ตัวต้นแบบที่ 1

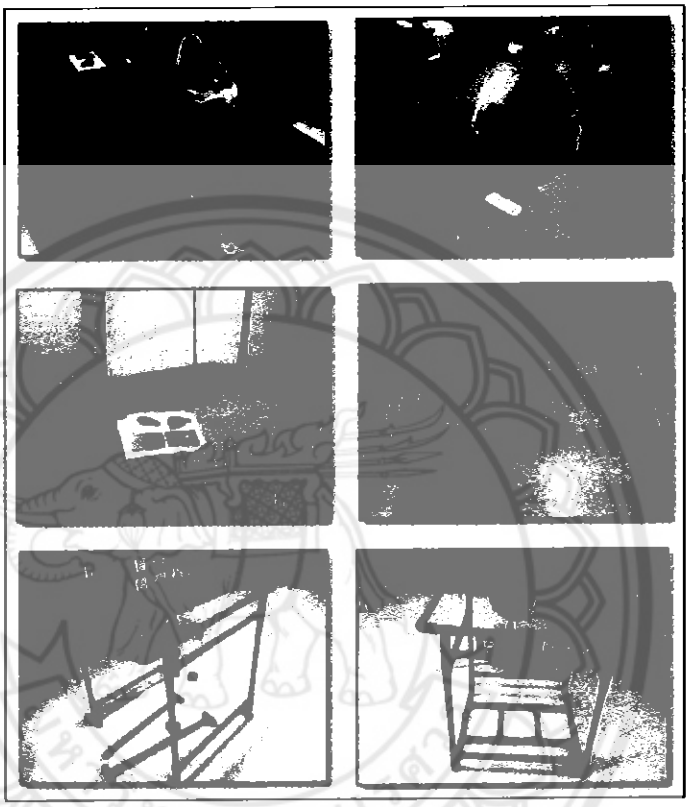
1. เนื่องจากก่อนที่จะมีต้นแบบตัวปัจจุบัน ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบและสร้างตัวต้นแบบแรกไว้ โดยใช้ท่อน้ำ pvc เป็นวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้าง ซึ่งเป็นการออกแบบก่อนที่จะทำการสร้างตัวต้นแบบจริง เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้

1.1 การออกแบบตัวต้นแบบ ด้วยโปรแกรม AutoCAD จากมุมมองด้านหน้า

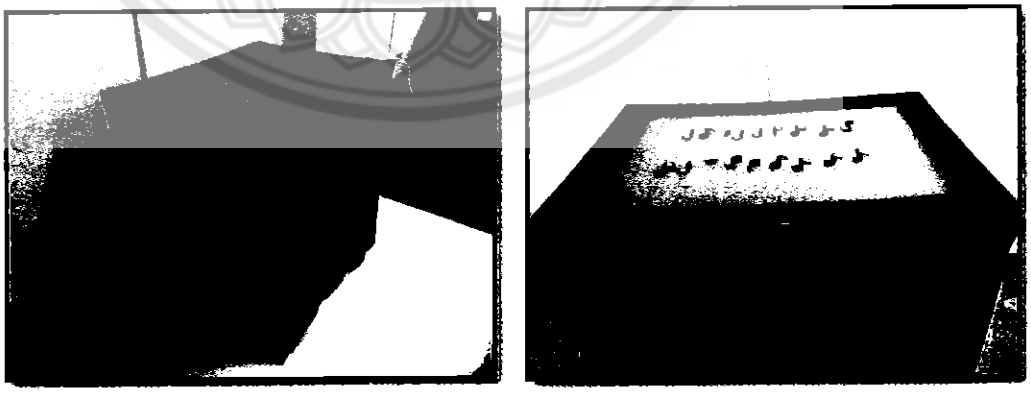
1.2 การออกแบบตัวต้นแบบ ด้วยโปรแกรม AutoCAD จากมุมมองด้านข้าง

2. ขั้นตอนการสร้างตัวต้นแบบ

เมื่อได้ทำการออกแบบตัวต้นแบบแล้ว ผู้จัดทำจึงได้ทำการสร้างโครงสร้างของตัวต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยอุปกรณ์ที่เลือกใช้ทำโครงสร้าง คือ ท่อน้ำพีวีซี ขนาด 3/4 นิ้ว ซึ่งกำหนดให้ความสูงของตัวต้นแบบเท่ากับ 80 เซนติเมตร และความกว้าง 60 เซนติเมตร



รูปการขั้นตอนการสร้างโครงสร้างตัวต้นแบบ



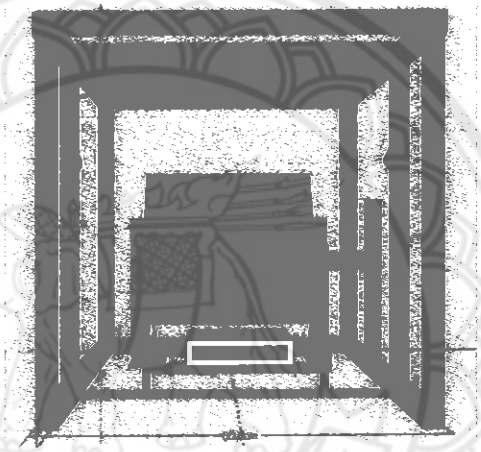
รูปการต้นแบบที่ 1

ภาคผนวก ง

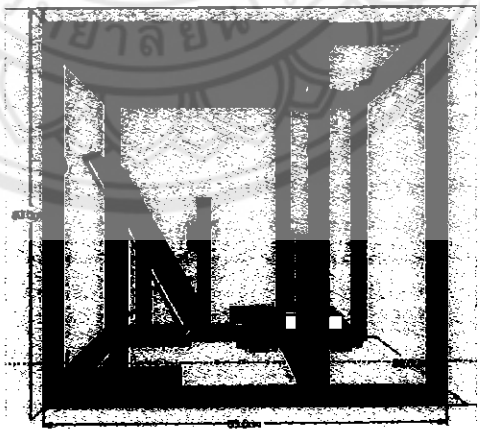
ตัวต้นแบบที่ 2

1. เนื่องจากตัวต้นแบบที่ 1 นั้น ไม่ค่อยแข็งแรงมากนัก และใช้เวลาในการติดตั้งและตั้งค่าอุปกรณ์นานเกินไป การใช้งานไม่ค่อยสะดวก ทำให้ต้องทำการออกแบบและสร้างตัวต้นแบบที่ 2 เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างตัวต้นแบบเป็นเหล็ก เพื่อให้ต้นแบบมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

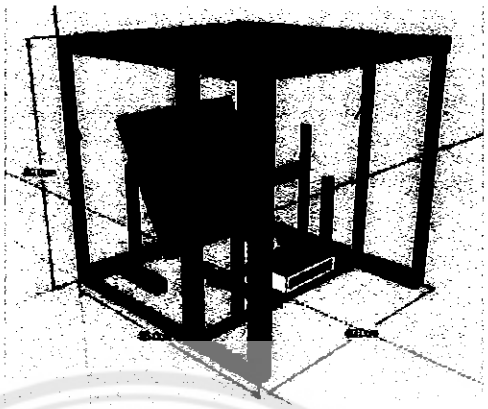
1.1 รูปการออกแบบตัวต้นแบบที่ 2 ด้วยโปรแกรม Google Sketchup จากมุมมองด้านหลัง



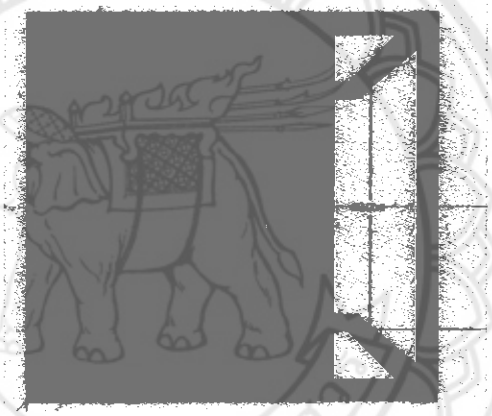
1.2 รูปการออกแบบตัวต้นแบบที่ 2 ด้วยโปรแกรม Google Sketchup จากมุมมองด้านข้าง



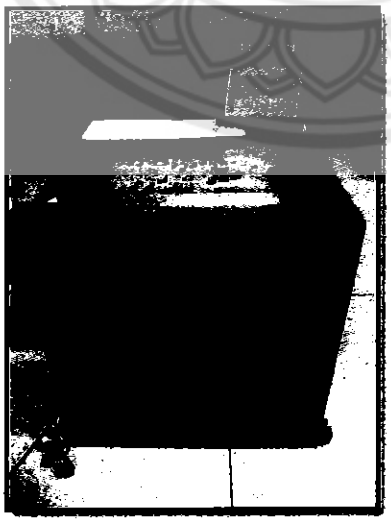
1.3 การออกแบบตัวต้นแบบที่ 2 ด้วยโปรแกรม Google Sketchup จากมุมมอง ISO

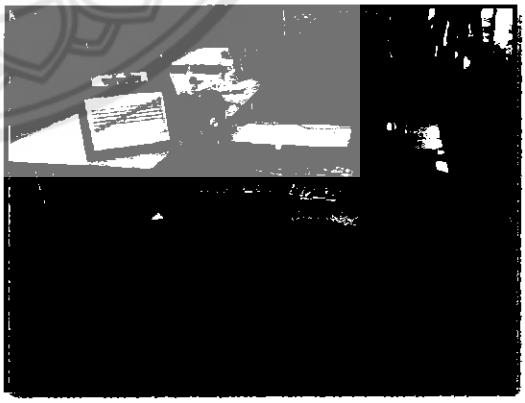


1.4 การออกแบบตัวต้นแบบที่ 2 ด้วยโปรแกรม Google Sketchup จากมุมมองด้านบน



1.5 รูปตัวต้นแบบที่ 2





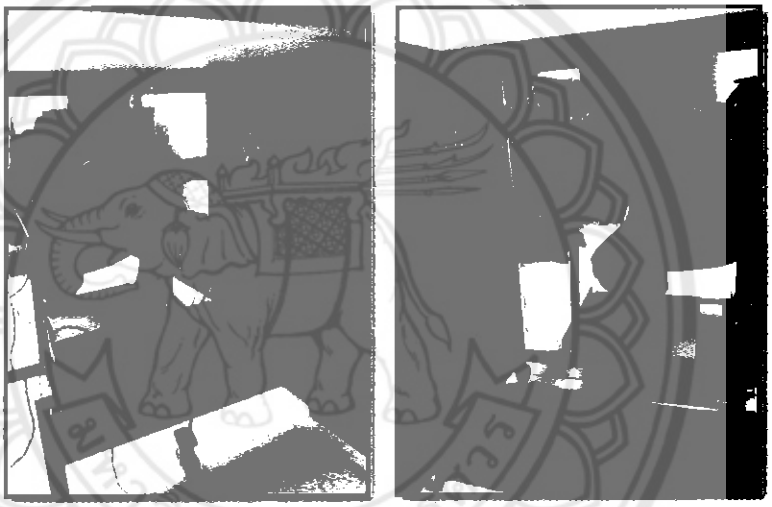
ภาคผนวก จ

ขั้นตอนการติดตั้งตัวต้นแบบ

ก่อนการใช้งานตัวต้นแบบ จะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ และมีการตั้งค่าโปรแกรมต่างๆ ให้ครบถ้วน เพราะถ้าขาดอุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่งไป หรือขาดการตั้งค่าในบางขั้นตอนไป จะทำให้ตัวต้นแบบทำงานผิดพลาด หรือทำงานไม่ได้ เลย ดังนั้นจึงต้องทำการติดตั้งและตั้งค่าต่างๆ ดังนี้

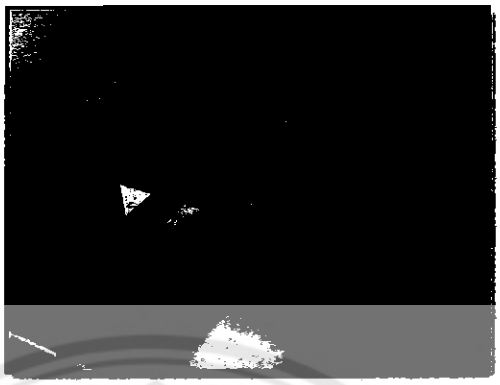
1. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในตัวต้นแบบ

1.1 ติดตั้งไฟอินฟราเรด จะต้องติดตั้งไว้ที่ตำแหน่ง 4 มุมของตัวต้นแบบ ซึ่งที่ด้านหลังของไฟอินฟราเรดจะมีแม่เหล็ก เพื่อช่วยให้ติดกับตัวต้นแบบได้สะดวกขึ้น



1.2 กล้องอินฟราเรด จะต้องติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งกลางตัวต้นแบบ เพื่อจะได้มองเห็นภาพสัญลักษณ์โน้ตดนตรีที่วางบนพื้นผิว

1.3 ติดตั้งกระจกเงา จะต้องติดตั้งไว้ตรงข้ามกับโปรเจกเตอร์ และทำมุมเอียงให้เหมาะสม เพื่อรับการฉายภาพจากโปรเจกเตอร์ แล้วสะท้อนภาพขึ้นไปบนพื้นผิว



1.4 โปรเจกเตอร์ จะต้องติดตั้งไว้ตรงข้ามกับกระจกเงา และทำมุมเอียงให้เหมาะสมกับกระจกเงา เพื่อภาพที่ฉายออกมาจะได้ตกขอบของกระจกเงา ซึ่งจะทำให้ขอบภาพหายไป

2. การตั้งค่าต่างๆ

หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการเปิดการทำงานและตั้งค่าอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

2.1 เชื่อมต่อโปรเจกเตอร์กับคอมพิวเตอร์ และเปิดการทำงานของโปรเจกเตอร์

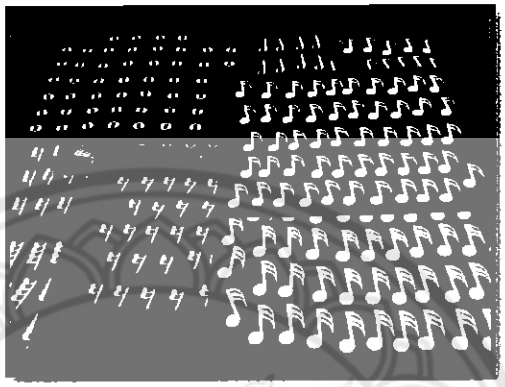
2.2 เชื่อมต่อกล้องอินฟราเรดกับคอมพิวเตอร์ และตั้งค่ามุมมองกล้องให้เหมาะสมกับพื้นผิว เพื่อการรับภาพที่ทั่วถึง

2.1 ตรวจสอบความสว่างของไฟอินฟราเรด เพราะถ้าอินฟราเรดสว่างเกินไป หรือแสงน้อยเกินไป จะทำให้การจำแนกโน้ตดนตรีเกิดความผิดพลาด

2.2 ตรวจสอบมุมของกระจกเงา ให้เหมาะสมกับการฉายภาพของโปรเจกเตอร์ โดยตรวจสอบจากภาพที่ปรากฏบนพื้นผิวว่า ภาพที่แสดงบนพื้นผิวนั้น ครบถ้วนหรือไม่

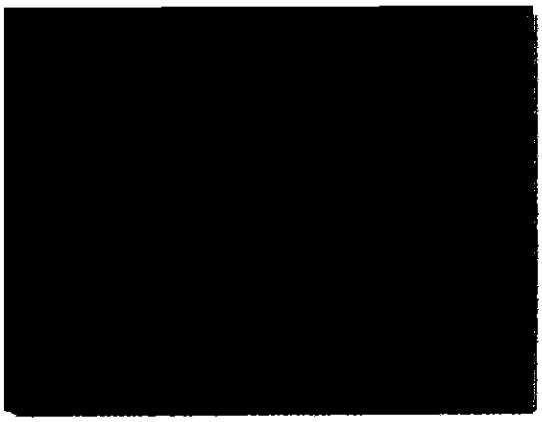
3. การ train สัญลักษณ์โน้ตดนตรี

หลังจากติดตั้งและตั้งค่าอุปกรณ์ทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการ train สัญลักษณ์โน้ตดนตรีทั้งหมด โดยใช้แผ่น train ที่มีขนาดเท่าการรับภาพของกล้อง และในแผ่น train 1 แผ่น จะมีโน้ตดนตรี 1 ชนิด จำนวน 40 - 50 ตัวโน้ต แล้วแต่ชนิดของตัวโน้ต ว่าจะสามารถจัดวางได้มากน้อยแค่ไหน ในแผ่น train 1 แผ่น



เริ่มต้นการ train โดยการนำแผ่น train วางคว่ำบนพื้นผิว ดังรูปด้านล่าง จากนั้นเปิดโปรแกรมกล้องขึ้นมา (โปรแกรมกล้องอาจจะเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเพื่อถ่ายรูป หรือเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีในเครื่องคอมพิวเตอร์ก็ได้) เพื่อทำการถ่ายรูปจาก แผ่น train

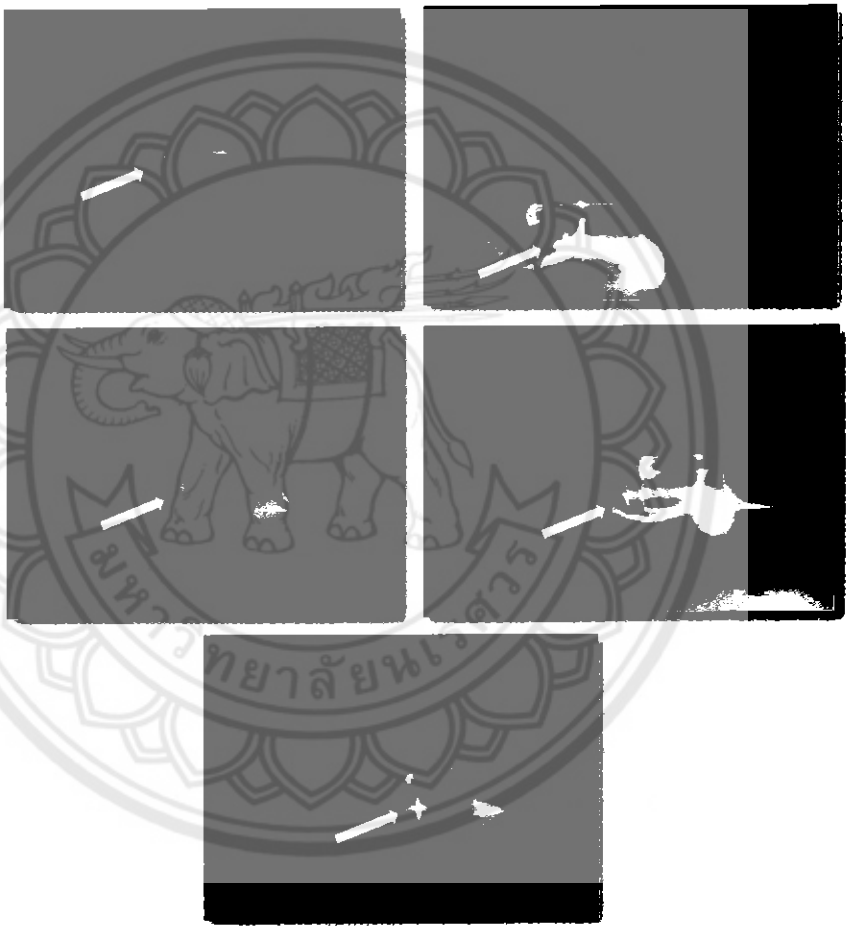
ซึ่งภาพที่ได้จากแผ่น train จะเป็นดังนี้



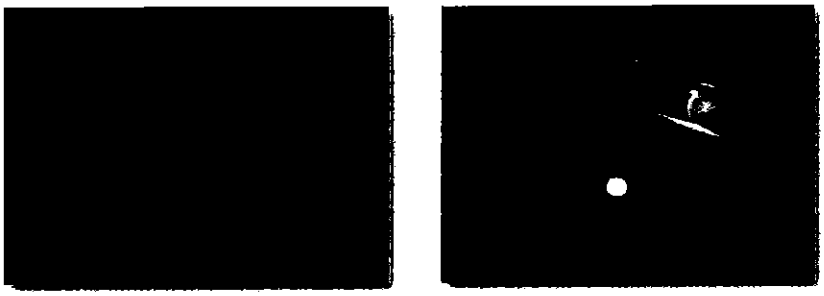
4. การ Calibrate กล้อง

หลังจากทำการ train เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก่อนจะทำการเปิดใช้งานโปรแกรมโน้ตดนตรีนั้น จะต้องทำการ Calibrate กล้องก่อน เพื่อให้ตำแหน่งของภาพกราฟิกที่แสดงบนพื้นผิว ตรงกับสัญลักษณ์โน้ตดนตรีที่วางอยู่บนพื้นผิว โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 เปิดโปรแกรม Calibrate3.cpp และทำการรันโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะให้เราทำการชี้จุดตามที่โปรแกรมต้องการทั้งหมด 5 จุด ดังนี้ โดยเราจะต้องทำการคลิกที่ตำแหน่งของเงาที่ปรากฏดังรูปด่านล่าง (โดยรูปลูกศร จะชี้ที่ ตำแหน่งของเงาที่ต้องใช้เมาส์คลิก)



เมื่อทำการคลิกครบทั้ง 5 จุดแล้วจะได้ผลการ Calibrate ดังนี้ ซึ่งภาพด้านซ้ายจะเป็นภาพก่อนการ Calibrate ส่วนภาพด้านขวาจะเป็นภาพหลังการ Calibrate



4.2 เมื่อทำการ Calibrate เสร็จแล้ว ค่าจุดทั้ง 5 จุด จะถูกเซฟเป็นไฟล์ .txt ซึ่งไฟล์ .txt นี้จะถูกนำมาใช้ในโปรแกรมโน้ตดนตรี(โปรแกรมหลัก) ซึ่งผล ผลการรันโปรแกรมจะเป็นดังนี้

จะเห็นได้ว่า ตำแหน่งของสัญลักษณ์โน้ตดนตรี กับตำแหน่งของภาพกราฟิก จะซ้อนทับกันได้พอดี ทำให้ภาพที่เห็นดูสวยงามยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ฉ

รางวัลและผลงานตีพิมพ์

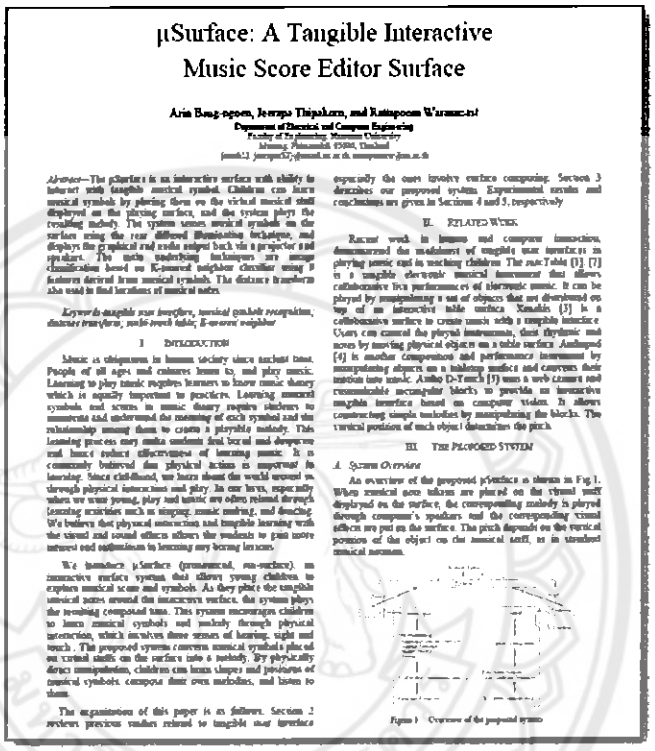
1. รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 2 การประกวดโครงงานนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2555

2. เข้าร่วมการประกวดโครงงานและนวัตกรรมนิสิต 2556

Thipakorn, J. and Bang-ngoen, A. "Prototype for Tangible Surface Computing : A Case Study of Computer-Aided Basic Musical Notation Instruction," *Innovative Student Project XIII 2013.* 2013.

3. ได้รับการคัดเลือกให้ตีพิมพ์ Paper ในงาน The 2013 Second ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC 2013) มหาวิทยาลัยมหิดล

Bang-ngoen, A., Thipakorn, J. and Waranusast, R. "**µSurface: A Tangible Interactive Music Score Editor Surface,**" *The Second ICT International Student Project Conference 2013*. 2013.



µSurface: A Tangible Interactive Music Score Editor Surface

Arin Bang-ngoen, Jeerapa Thipakorn, and Rattapoom Waranusast
Department of Electrical and Computer Engineering
Faculty of Engineering, Mahidol University
Salaya, Phutthamonthon 73170, Thailand

Abstract—The µSurface is an interactive surface with ability to interact with tangible musical symbol. Children can learn musical symbols by placing them on the virtual musical staff displayed on the playing surface, and the system plays the resulting melody. The system senses musical symbols on the surface using the rear diffused illuminating technique, and displays the graphical and audio output back via a projector and speakers. Two main underlying techniques are image classification based on K-nearest neighbor classifier using 8 features derived from musical symbols. The distance transform also used to find locations of musical notes.

Keywords-tangible user interfaces, musical symbols recognition, distance transform, multi-touch table, K-nearest neighbor

I. INTRODUCTION

Music is ubiquitous in human society since ancient time. People of all ages and cultures listen to, and play music. Learning to play music requires learners to know music theory which is equally important to practices. Learning musical symbols and scores in music theory requires students to memorize and understand the meaning of each symbol and the relationship among them to create a playable melody. This learning process may make students feel bored and dampen the mood reduce effectiveness of learning music. It is commonly believed that physical action is important to learning. Since childhood, we learn about the world around us through physical interactions and play. As our lives, especially when we were young, play and music are often related through learning activities such as singing, music making, and dancing. We believe that physical interaction and tangible learning with the visual and sound effects allows the students to gain more interest and enthusiasm to learning any boring lessons.

We introduce µSurface (pronounced, mu-surface), an interactive surface system that allows young children to explore musical score and symbols. As they place the tangible musical notes around the interactive surface, the system plays the resulting composed tune. This system encourages children to learn musical symbols and melody through physical interaction, which involves three senses of hearing, sight and touch. The proposed system converts musical symbols placed on virtual staffs on the surface into a melody. By physically direct manipulation, children can learn shapes and positions of musical symbols, compose their own melodies, and listen to them.

The organization of this paper is as follows. Section 2 reviews previous studies related to tangible user interfaces especially the ones involve surface computing. Section 3 describes our proposed system. Experimental results and conclusions are given in Sections 4 and 5, respectively.

II. RELATED WORK

Recent work in human and computer interaction, demonstrated the usefulness of tangible user interfaces in playing music and in teaching children. The reacTable [1], [2] is a tangible electronic musical instrument that allows collaborative live performances of electronic music. It can be played by manipulating a set of objects that are distributed on top of an interactive table surface. Xenakis [3] is a collaborative surface to create music with a tangible interface. Users can control the played instruments, their rhythmic and notes by moving physical objects on a table surface. Audiopad [4] is another computational and performance instrument by manipulating objects on a tabletop surface and converts their motion into music. Audio D-Touch [5] uses a web camera and recognizable rectangular blocks to provide an interactive tangible interface based on computer vision. It allows constructing simple melodies by manipulating the blocks. The vertical position of each object determines the pitch.

III. THE PROPOSED SYSTEM

A. System Overview

An overview of the proposed µSurface is shown in Fig.1. When musical note tokens are placed on the virtual staff displayed on the surface, the corresponding melody is played through computer's speakers and the corresponding visual effects are put on the surface. The pitch depends on the vertical position of the object on the musical staff, as in standard musical notation.

Figure 1 Overview of the proposed system