รีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

REMOTE CONTROL VIA EYE MOVEMENT DETECTION

โดย

นายชาญนริศ บุญสวรรค์ส่ง

นายชานน บุญญาศิริรัตน์

นายชินวุฒิ ทาตรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

REMOTE CONTROL VIA EYE MOVEMENT DETECTION

โดย

นายชาญนริศ	**บุญสวรรค์ส่ง**	**60010228**
นายชานน	**บุญญาศิริรัตน์**	**60010230**
นายชินวุฒิ	**ทาตรี**	**60010233**

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

REMOTE CONTROL VIA EYE MOVEMENT DETECTION

ผู้จัดทำ

1. นายชาญนริศ บุญสวรรค์ส่ง 60010228
2. นายชานน บุญญาศิริรัตน์ 60010230
3. นายชินวุฒิ ทาตรี 60010233

..... **อาจารย์ที่ปรึกษา**

(รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินโครงงานเรื่อง “รีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา” จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ค้นคว้าวิจัยให้โครงงานนี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงสนับสนุนสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ระหว่างการจัดทำโครงงาน

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และประสบการณ์ให้แก่ผู้จัดทำ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย และเป็นกำลังใจที่สำคัญเสมอมาและที่สำคัญคือสนับสนุนให้โอกาสทางด้านการศึกษาอันมีค่ายิ่งแก่ผู้จัดทำ

นายชาญนริศ บุญสวรรค์ส่ง
นายชานน บุญญาศิริรัตน์
นายชินวุฒิ ทาตรี
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

REMOTE CONTROL VIA EYE MOVEMENT DETECTION

โดย นายชาญนริศ บุญสวรรค์ส่ง 60010228
นายชานน บุญญาศิริรัตน์ 60010230
นายชินวุฒิ ทาตรี 60010233

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี

บทคัดย่อ

โครงงานนี้จัดทำรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาขึ้นมา โดยใช้ Raspberry Pi ในการโปรแกรมตรวจจับใบหน้า และการเคลื่อนที่ของดวงตาจาก Camera Module ที่ใช้ในการจับภาพต่างๆ จากนั้นใช้ Relay Module ในการส่งชุดข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ และต้องการสั่งงานด้วยรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา จากนั้นนำข้อมูลมาแสดงผลในจอภาพ เพื่อแสดงการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา และการสั่งงานต่างๆ

ABSTRACT

This project proposes an implementation of the Remote Control via Eye Movement Detection. The Remote Control via Eye Movement Detection using the Raspberry Pi for face and eye movement detection program which receives data from the Camera Module. Then we use the Relay Module to send data to the connected device and operate it with the Remote Control via Eye Movement Detection, then bring the data to display in the screen to show detection and various actions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		III
สารบัญรูป		V
สารบัญตาราง		VI
บทที่ 1	**บทนำ**	
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	**3**
	2.1 OPENCV	3
	2.2 FACIAL LANDMARK DETECTION	4
	2.2.1 แนวทางดั้งเดิมของการตรวจจับจุดสังเกตบนใบหน้า	4
	2.2.1.1 ACTIVE SHAPE MODELS (ASMS)	4
	2.2.1.2 ACTIVE APPEARANCE MODELS (AAMS)	4
	2.2.2 การระบุตำแหน่งต่างๆ บนใบหน้าของ FACIAL LANDMARK DETECTION	5
	2.3 EYE GAZE DETECTION	6
	2.4 EYE BLINKING DETECTION	7
	2.5 BINARY IMAGE	9
	2.6 GRAYSCALE IMAGE	12
	2.7 PYQT 5	13
	2.8 การกะพริบตา	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์ 13

3.1 การออกแบบ 13

3.1.1 การออกแบบระบบในภาพรวม 13

3.1.2 การออกแบบระบบรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการกะพริบตา 14

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 17

3.2.1 RASPBERRY PI 4 17

3.2.2 อุปกรณ์ CAMERA MODULE 18

3.2.3 อุปกรณ์ RELAY MODULE 19

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง 20

3.3.1 การทดสอบการวัดค่าอัตราส่วนของการกะพริบตา 20

3.3.2 การทดสอบการสั่งงานด้วยการตรวจจับดวงตา 21

3.3.3 การทดสอบการสั่งงาน RELAY MODULE 21

บทที่ 4 ผลการทดลอง 22

4.1 การวัดค่าอัตราส่วนของการกะพริบตา 22

4.2 การทดสอบการสั่งงานด้วยการตรวจจับดวงตา 25

4.3 การทดสอบการสั่งงาน RELAY MODULE 42

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 47

5.1 สรุปผล 47

5.2 ข้อเสนอแนะ 47

บรรณานุกรม 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1	OPENCV	3
2.2	พิกัดทั้ง 68 จุดบนใบหน้าที่ LIBRARY DLIB จดจำ	6
2.3	การจ้องตาไปในทิศทางต่าง ๆ	7
2.4	การคำนวณพื้นที่ตาขาวโดยการแบ่งให้เป็น 2 ข้าง	7
2.5	พิกัดบริเวณดวงตา	8
2.6	พิกัดบริเวณดวงตาการเลือกพิกัดของดวงตาเพื่อหาค่าอัตราส่วนการกะพริบตา	8
2.7	ภาพไบนารี่	10
2.8	ฮิสโทรแกรมที่วัตถุและพื้นหลังมีค่าความเข้มแสงแยกออกจากกัน	11
2.9	ภาพระดับสีเทา	12
3.1	บล็อกไดอะแกรมของระบบในภาพรวม	14
3.2	ภาพรวมการทำงานของโปรแกรม	16
3.3	RASPBERRY PI 4	18
3.4	CAMERA MODULE	19
3.5	RELAY MODULE	20
4.1	ตำแหน่งจุดที่ให้ LIBRARY DLIB จดจำ	22
4.2	การตรวจจับจุดของโปรแกรม	23
4.3	จุดบนตาทั้งสองข้าง	23
4.4	การแสดงผลบนหน้าจอ	25
4.5	การจ้องตาไปในทิศทางต่าง ๆ	25
4.6	การคำนวณพื้นที่ตาขาวโดยการแบ่งให้เป็น 2 ข้าง	26
4.7	การคำนวณพื้นที่ตาขาวโดยการนับ PIXEL ในส่วนสีขาว	26
4.8	จ้องตาไปทางซ้าย	27
4.9	จ้องตาไปทางขวา	27
4.10	จ้องตาไปข้างหน้า	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.11 หน้าต่างของระบบควบคุมด้วยสายตา 28

4.12 การเปิด SWITCH 1 โดยการใช้ดวงตาควบคุม 28

4.13 การปิด SWITCH 1 โดยการใช้ดวงตาควบคุม 29

4.14 การเปิด SWITCH 2 โดยการใช้ดวงตาควบคุม 29

4.15 การปิด SWITCH 2 โดยการใช้ดวงตาควบคุม 30

4.16 หน้าจอของโปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์สามารถตรวจจับการกรอกตาไปทางขวาได้อย่างปกติ 30

4.17 หน้าจอของโปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่ทำงานบน RASPBERRY PI ไม่สามารถตรวจจับการกรอกตาไปทางขวาได้อย่างที่ควรจะเป็นเนื่องจากแสงสว่างไม่เพียงพอ 31

4.18 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบนคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คจากSWITCH 1 ON เป็น SWITCH 1 OFF โดยเริ่มจับเวลาที่ตำแหน่ง SWITCH 1 ON 31

4.19 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบนคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คจาก SWITCH 1 ON เป็น SWITCH 1 OFF พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจาก SWITCH 1 ON เป็น SWITCH 1 OFF ใช้เวลา 1 วินาที 32

4.20 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบนคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คจาก SWITCH 1 OFF เป็น SWITCH 2 ON โดยเริ่มนับจากเวลาที่วินาทีที่ 1 พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจาก SWITCH 1 ON เป็น SWITCH 1 OFF ตอนวินาทีที่ 2 หรือใช้เวลา 1 วินาที 32

4.21 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบนคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คจาก SWITCH 2 ON เป็น SWITCH 2 OFF โดยเริ่มนับจากเวลาที่วินาทีที่ 2 พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจาก SWITCH 2 ON เป็น SWITCH 2 OFF ตอนวินาทีที่ 3 หรือใช้เวลา 1 วินาที 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.22 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบน RASSPBERRY PI 4 จาก SWITCH 1 ON เป็น SWITCH 1 OFF โดยเริ่มจับเวลาในวินาที่ 31 ที่ตำแหน่ง SWITCH 1 ON 33

4.23 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบน RASSPBERRY PI 4 จาก SWITCH 1 ON เป็น SWITCH 1 OFF พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจากตำแหน่ง SWITCH 1 ON เป็นตำแหน่ง SWITCH 1 OFF ในวินาทีที่ 42 หรือใช้เวลา 11 วินาที 34

4.24 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง SWITCH 1 OFF บน RASSPBERRY PI 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ SWITCH 1 OFF ในวินาทีที่ 49 หรือใช้เวลา 7 วินาที 34

4.25 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง SWITCH 1 ON บน RASSPBERRY PI 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ SWITCH 1 ON ในวินาทีที่ 57 หรือใช้เวลา 8 วินาที 35

4.26 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบน RASSPBERRY PI 4 จาก SWITCH 1 ON เป็น SWITCH 2 OFF พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจากตำแหน่ง SWITCH 1 ON เป็นตำแหน่ง SWITCH 2 OFF ตอนเวลา 1:04 นาที หรือใช้เวลา 7 วินาที 35

4.27 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง SWITCH 2 OFF บน RASSPBERRY PI 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ BLINKING ตอนเวลา 1:07 นาที หรือใช้เวลา 3 วินาที 36

4.28 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง SWITCH 2 OFF บน RASSPBERRY PI 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ SWITCH 2 OFF ตอนเวลา 1:17 นาที หรือใช้เวลา 17 วินาที 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.29 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบน RASSPBERRY PI 4 จาก SWITCH 2 OFF เป็น SWITCH 2 ON พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจากตำแหน่ง SWITCH 2 OFF เป็นตำแหน่ง SWITCH 2 ON ตอนเวลา 1:18 นาที หรือใช้เวลา 1 วินาที 37

4.30 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง SWITCH 2 OFF บน RASSPBERRY PI 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ BLINKING ครั้งแรกตอนเวลา 1:20 นาที หรือใช้เวลา 2 วินาที แต่สถานะของ SWITCH 2 ยังไม่เปลี่ยนเป็น ON 37

4.31 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง SWITCH 2 OFF บน RASSPBERRY PI 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ BLINKING อีกครั้งตอนเวลา 1:23 นาที หรือใช้เวลา 3 วินาที แต่สถานะของ SWITCH 2 ยังไม่เปลี่ยนเป็น ON 38

4.32 หน้าต่างของระบบควบคุมด้วยสายตาที่ทำการเพิ่มแถบแสดงสถานะการทำงานของรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา 39

4.33 หน้าต่างของโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่กำลังทำงาน โดยแถบแสดงสถานการณ์ทำงานของรีโมทคอนโทรลแสดงสถานะ RUNNING โดยเปิด SWITCH 1 และ ปิด SWITCH 2 39

4.34 หน้าต่างของโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่กำลังหยุดทำงาน โดยแถบแสดงสถานการณ์ทำงานของรีโมทคอนโทรลแสดงสถานะ STOP โดยเปิด SWITCH 1 และ ปิด SWITCH 2 40

4.35 หน้าต่างของโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่กำลังหยุดทำงาน โดยแถบแสดงสถานการณ์ทำงานของรีโมทคอนโทรลแสดงสถานะ RUNNING โดยเปิด SWITCH 1 และ เปิด SWITCH 2 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.37	หน้าต่างของโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่กำลังหยุดทำงาน โดยโปรแกรมพบว่าผู้ใช้งานกำลังกรอกตาไปทางขวา แต่ตำแหน่งควบคุมไม่เลื่อนไปทางขวาเนื่องจากโปรแกรมกำลังหยุดทำงาน	41
4.38	การทดลองคำสั่งควบคุม RELAY	42
4.39	การทดลองคำสั่งเปิด RELAY	42
4.40	การทดลองคำสั่งปิด RELAY	43
4.41	การสั่งเปิด RELAY ตัวที่ 1 ด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา	43
4.42	การสั่งปิด RELAY ตัวที่ 1 ด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา	44
4.43	การสั่งปิด RELAY ตัวที่ 1 และเปิด RELAY ตัวที่ 2 ด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา	44
4.44	การสั่งปิดพัดลมและปิดโคมไฟด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา	45
4.45	การสั่งเปิดพัดลมและปิดโคมไฟด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา	45
4.46	การสั่งเปิดพัดลมและเปิดโคมไฟด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา	46
4.47	การสั่งปิดพัดลมและเปิดโคมไฟด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 ตารางค่าอัตราส่วนตอนกะพริบตา 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ มีพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในด้านของประสิทธิภาพที่สูงขึ้นมาก โดยการการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์คือการนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบเพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น ระบบรู้จำลายนิ้วมือ ระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบคัดแยกเกรดหรือคุณภาพของพืชผลทางการเกษตร ระบบอ่านรหัสไปรษณีย์อัตโนมัติ และงานวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์

เพื่อตอบสนองกับแนวโน้มการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์นำมาประยุกต์ใช้งานต่างๆ ที่คาดการณ์ว่าจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ทางผู้จัดทำก็ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของเทคโนโลยีการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ ที่สามารถแยกแยะวัตถุต่างๆ และสามารถติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุภายในภาพได้ จึงได้มีความสนใจที่จะทำการศึกษาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์สั่งงานอุปกรณ์ด้วยท่าทางต่างๆ ได้โดยไม่ต้องถืออุปกรณ์ควบคุม การออกแบบรีโมทคอนโทลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาจึงได้ถือกำเนิดขึ้น โดยใช้การทำงานร่วมกันของกล้อง ไมโครคอมพิวเตอร์ และ Relay Module มาออกแบบรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาเพื่อสั่งงานอุปกรณ์ด้วยท่าทางต่างๆ ได้โดยไม่ต้องถืออุปกรณ์ควบคุม โดยระบบจะตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาผ่านการตรวจจับภาพวิดีโอที่ได้จากกล้องแบบเรียลไทม์ และใช้ Relay Module ในการสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ โดยใช้เพียงการเคลื่อนที่ของดวงตาในการสั่งงาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการช่วยเหลือคนพิการในการใช้ดวงตาสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการสร้างรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา
2. เพื่อทำการทดสอบวัดคุณลักษณะของรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา
3. เพื่อทำการประเมินผลคุณลักษณะของรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

โครงการเรื่องรีโมทคอนโทลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาทำการออกแบบและสร้างรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา โดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ในการตรวจจับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา ซึ่งตรวจจับใบหน้าและการเคลื่อนไหวของดวงตาด้วย Camera Module แล้วประมวลผลด้วย Raspberry Pi จากนั้นใช้ Relay Module ในการส่งชุดข้อมูลคำสั่งไปยังอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อและต้องการสั่งงานด้วยรีโมทคอนโทลผ่านการตรวจจับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา จากนั้นนำข้อมูลมาแสดงผลในจอภาพ เพื่อแสดงการตรวจจับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา และการสั่งงานต่างๆ โดยมีคำสั่งสำหรับสั่งงานต่างๆ 2 คำสั่ง จำนวน 2 แชนแนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

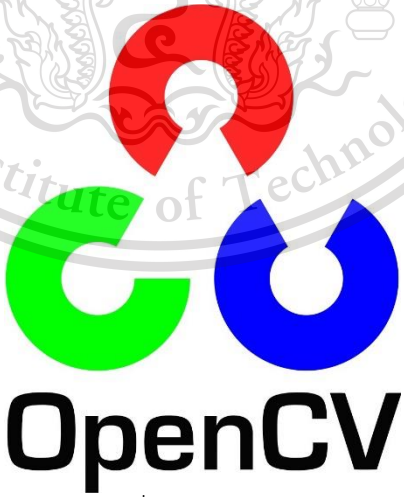
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

โครงงานเรื่องรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา ได้ทำการออกแบบรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา ซึ่งอุปกรณ์นี้ผู้ใช้สามารถสั่งงานอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับรีโมทคอนโทรลโดยการเคลื่อนที่ของตาในลักษณะต่างๆ และกะพริบตา ดังนั้นโครงงานที่นำเสนอจึงมีหลักการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 OpenCV

OpenCV (Open source Computer Vision) เป็นไลบรารีฟังก์ชันการเขียนโปรแกรม (Library of Programming Functions) โดยส่วนใหญ่จะมุ่งเป้าไปที่การแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ (Real-Time Computer Vision) เดิมทีแล้วถูกพัฒนาโดย Intel แต่ภายหลังได้รับการสนับสนุนโดย Willow Garage ตามมาด้วย Itseez (ซึ่งต่อมาถูกเข้าซื้อโดย Intel) OpenCV เป็นไลบรารีแบบข้ามแพลตฟอร์ม (Cross-Platform) และใช้งานได้ฟรีภายใต้ลิขสิทธิ์ของ BSD แบบโอเพ่นซอร์ส (Open-Source BSD License) OpenCV ยังสนับสนุนเฟรมเวิร์กการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning Frameworks) ได้แก่ TensorFlow, Torch/PyTorch และ Caffe ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 OpenCV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2 Facial Landmark Detection

Facial Landmark Detection เป็นการตรวจจับใบหน้า ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นที่อยู่ใน library ของ Dlib ใช้สำหรับการตรวจับและระบุตำแหน่งที่สำคัญต่างๆ บนใบหน้า เช่น ดวงตา คิ้ว จมูก ปาก และกราม ซึ่งตำแหน่งต่างๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดตำแหน่งใบหน้า การประมาณท่าทางของศีรษะ การตรวจจับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา และการกะพริบตา เป็นต้น

2.2.1 แนวทางดั้งเดิมของการตรวจจับจุดสังเกตบนใบหน้า

อัลกอริทึมส่วนใหญ่สำหรับการตรวจจับจุดสังเกตบนใบหน้าสามารถจำแนกได้ทั้งตามแบบจำลอง (Model-based) หรือตามการถดถอย (Regression-based) แต่ใช้วิธีการทำนายพิกัดแตกต่างกัน

วิธีการแบบจำลองจะเรียนรู้ข้อจำกัด ในการจัดตำแหน่งที่สำคัญซึ่งอยู่ใกล้กันช่วยในการค้นหาจุดสังเกตในวัตถุที่ไม่แข็งเนื่องจากตำแหน่งของจุดสังเกตมักถูก จำกัด โดยจุดสังเกตอื่น ๆ เรานำเสนออัลกอริทึมแบบจำลองที่เกี่ยวข้อง 2 แบบ ได้แก่ Active Shape Model (ASM) และ Active Appearance Model (AAM)

2.2.1.1 Active Shape Models (ASMs)

ในปี 1995 Cootes et al. เผยแพร่ ASMs ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่กำหนดข้อ จำกัดเกี่ยวกับตำแหน่งของจุดสังเกตแต่ละแห่ง รูปแบบรูปร่างที่เป็นไปได้เรียนรู้จากชุดการฝึกอบรมและจัดเก็บไว้ใน Point Distribution Model (PDM) ก่อนที่จะเริ่มศึกษารูปแบบต่างๆ ตัวอย่างทั้งหมดในชุดฝึกจะจัดแนวโดยการหมุนปรับขนาดและแปลเพื่อให้ความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างลดลง แนวคิดคือการจัดให้มีจุดสังเกตทั้งหมดในตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในตำแหน่งเดียวกันโดยประมาณเพื่อให้สามารถประมาณรูปแบบของรูปร่างที่แท้จริงได้โดยไม่ต้องมีอิทธิพลจากรูปแบบของท่าทาง PDM เก็บตำแหน่งโดยเฉลี่ยของแต่ละจุดสังเกตและโหมดหลักของการเปลี่ยนแปลงรวมถึงความสัมพันธ์ของรูปร่าง พารามิเตอร์ PDM ค้นหาพื้นฐานของพารามิเตอร์รูปร่างโดยที่พารามิเตอร์รูปร่างไม่สัมพันธ์กันทำให้สามารถเปลี่ยนพารามิเตอร์แต่ละตัวและยังคงสร้างรูปร่างที่ถูกต้องได้ ทำได้โดยใช้ Principal Component Analysis (PCA) เมื่อเรียนรู้แล้วแบบจำลองสามารถใช้เพื่อสร้างรูปร่างใหม่ที่ไม่เคยเห็นมาก่อนในการฝึกอบรมโดยการเปลี่ยนพารามิเตอร์รูปร่างที่ไม่เกี่ยวข้องกัน

2.2.1.2 Active Appearance Models (AAMs)

ข้อแตกต่างที่สำคัญของ AAMs และ ASMs คือการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวรอบๆ จุดสังเกต ซึ่งได้จากการวิเคราะห์รูปแบบของรูปร่างเพิ่มเติม โดย AAM สามารถใช้เพื่อสังเคราะห์ภาพทั้งหมดโดยใช้พารามิเตอร์รูปร่างและลักษณะ แล้วสร้างแบบจำลองขึ้น โดยการค้นหาพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปร่างและลักษณะที่ลดความแตกต่างของจุดสังเกตในภาพที่มองไม่เห็นระหว่างภาพที่สร้างขึ้นและภาพทดสอบ

โมเดลรูปร่างถูกสร้างขึ้นในลักษณะเดียวกับใน ASMs รูปแบบลักษณะที่ปรากฏจะเรียนรู้การเปลี่ยนแปลงลักษณะที่ปรากฏในรูปภาพที่ไม่มีรูปร่าง โดยภาพที่ไม่มีรูปร่างได้มาจากการจัดตำแหน่งภาพต้นฉบับให้ตรงกับภาพที่มีค่าเฉลี่ย ในการสร้างภาพสังเคราะห์ ขั้นแรกใช้พารามิเตอร์ลักษณะที่ปรากฏเพื่อสร้างภาพที่ไม่มีรูปร่าง จากนั้นพารามิเตอร์รูปร่างจะถูกใช้เพื่อบิดให้เป็นรูปร่างที่ต้องการโดยใช้การแก้ไขตามรูปสามเหลี่ยมเพื่อค้นหาพารามิเตอร์รูปร่างและลักษณะที่เหมาะสมที่สุด ข้อผิดพลาดระหว่างภาพต้นฉบับและภาพสังเคราะห์จะถูกย่อให้เล็กสุด ในการเปรียบเทียบ ASM ไม่ได้ลดระยะทางระหว่างภาพให้เหลือน้อยที่สุด แต่พยายามที่จะปรับปรุงค่าประมาณปัจจุบันโดยการค้นหาในพื้นที่ขนาดเล็ก

AAMs สร้างแบบจำลองหลายความละเอียดบนปิรามิดภาพแบบเกาส์เซียน แต่ละระดับบนพีระมิดมีแบบจำลองแยกกัน ตั้งแต่หยาบไปจนถึงละเอียดอัลกอริทึมนั้นทั้งเร็วและแม่นยำมากกว่าการใช้ความละเอียดที่ดีที่สุดเพียงอย่างเดียว โดยอัลกอริทึมถูกนำไปใช้ในการแก้ปัญหาการตรวจจับจุดสังเกตบนใบหน้าในกระดาษ AAM

ASMs มีความแม่นยำและเร็วกว่า AAMs แต่ AAMs มีความสามารถจับคู่พื้นผิวได้ดีกว่า

2.2.2 การระบุตำแหน่งต่างๆ บนใบหน้าของ Facial Landmark Detection

โดยในการระบุตำแหน่งต่างๆ บนใบหน้าของ Facial Landmark Detection มีสองขั้นตอนคือ

1. การกำหนดใบหน้าในรูปภาพ
2. การตรวจหาตำแหน่งที่สำคัญต่างๆ บนใบหน้า

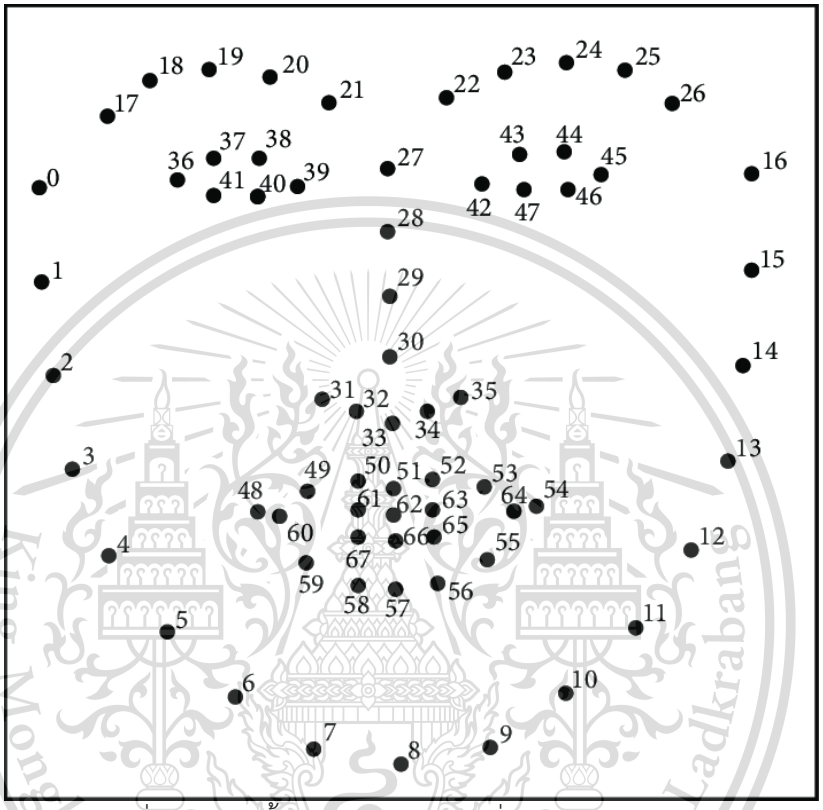
โดยการตรวจจับใบหน้าจะให้ความสำคัญกับการกำหนดพิกัดของใบหน้าในภาพเพื่อสร้างกล่องขอบเขตของใบหน้า จากนั้นทำการระบุตำแหน่งที่สำคัญต่างๆ บนใบหน้า ในบริเวณ ปาก คิ้วขวา คิ้วซ้าย ตาขวา ตาซ้าย จมูก กราม ซึ่ง โดยตัว detect ของ Facial landmark จะทำงานร่วมกับ Dlib 68 (x,y) -coordinates จุด landmark ทั้ง 68 จุดเหล่านี้ได้รับการ training สำหรับการทำนายด้วย iBUG 300-W dataset. จากภาพด้านบนเราสามารถเห็นพิกัดทั้ง 68 จุดบนใบหน้าจากการภาพจุด landmark ใบหน้าทั้ง 68 จุดเราจะสามารถเข้าถึงได้อย่างง่ายด้วย index

- สามารถเข้าถึงตำแหน่งของปากได้ด้วย points [48, 67]
- สามารถเข้าถึงตำแหน่งของคิ้วขวาได้ด้วย points [17, 21]
- สามารถเข้าถึงตำแหน่งของคิ้วซ้ายได้ด้วย points [22, 26]
- สามารถเข้าถึงตำแหน่งของตาขวาได้ด้วย points [36, 41]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- สามารถเข้าถึงตำแหน่งของตาซ้ายได้ด้วย points [42, 47]
- สามารถเข้าถึงตำแหน่งของจมูกได้ด้วย points [27, 35]
- สามารถเข้าถึงตำแหน่งของกรามได้ด้วย points [0, 16]

ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 พิกัดทั้ง 68 จุดบนใบหน้าที่ library Dlib จดจำ

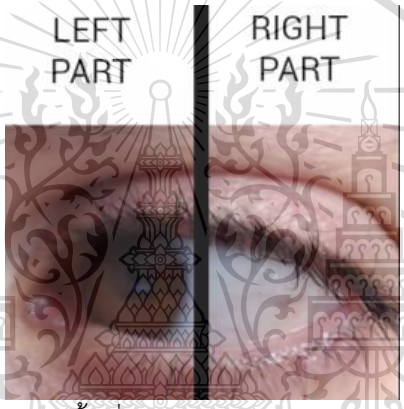
2.3 Eye Gaze detection

Eye Gaze detection เป็นฟังก์ชั่นการตรวจจับว่าดวงตากำลังมองไปทางซ้ายทางขวาหรือตรงกลาง โดยการแบ่งตาออกเป็นสองส่วนจะสังเกตได้ว่าพื้นที่ของตาขาวจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการจ้องตา นั้นคือหากทำการจ้องตาไปทางซ้ายพื้นที่ตาขาวด้านขวาจะมากกว่าด้านซ้าย ถ้าจ้องตาไปทางขวาพื้นที่ตาขาวด้านซ้ายจะมากกว่าด้านขวา และถ้าหากจ้องตาไปตรงๆ พื้นที่ตาขาวทั้งสองด้านจะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.3 การจ้องตาไปในทิศทางต่าง ๆ

จากนั้นคำนวณพื้นที่ตาขาวโดยการแบ่งภาพดวงตาให้เป็น 2 ข้าง เพื่อนำไปคำนวณหาพื้นที่ตาขาวดังรูปที่ 2.4



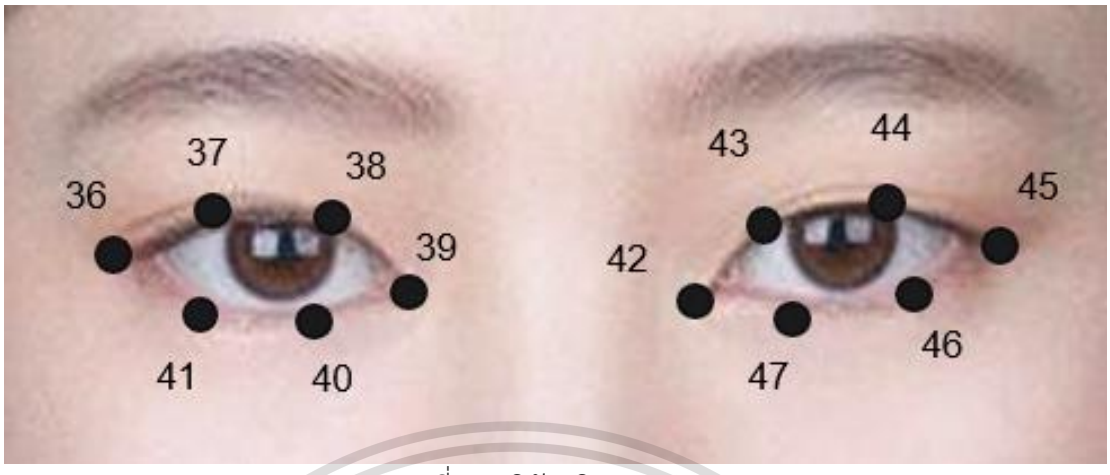
รูปที่ 2.4 การคำนวณพื้นที่ตาขาวโดยการแบ่งภาพดวงตาเป็น 2 ข้าง

ต่อมาจะเป็นการคำนวณพื้นที่ตาขาวโดยจะแปลงตาเป็นระดับสีเทาเราจะพบเกณฑ์แล้วทำการนับพิกเซลในส่วนที่เป็นสีขาว จากนั้นนำค่าที่ได้จากการนับพิกเซลส่วนที่สีขาวของทั้งสองข้างที่ได้ทำการแบ่งเอาไว้มาหาอัตราส่วน ซึ่งอัตราส่วนที่ได้มาจะนำไปเข้าเงื่อนไขว่าจ้องตาไปทางไหน ซึ่งค่าอัตราส่วนที่ใช้จะเท่ากับค่าที่ได้จากการนับพิกเซลฝั่งซ้ายหารด้วยค่าที่ได้จากการนับพิกเซลฝั่งขวา เมื่อได้ค่าอัตราส่วนแล้ว นำค่าไปเข้าสู่เงื่อนไข ซึ่งพบว่าหากาจ้องตาไปทางตรงค่าอัตราส่วนจะอยู่ตั้งแต่ 0.9 ถึง 1.1 ถ้าจ้องตาไปทางขวาค่าอัตราส่วนจะมีค่ามากกว่า 1.1 และถ้าจ้องตาไปทางซ้ายค่าอัตราส่วนจะมีค่าน้อยกว่า 0.9

2.4 Eye Blinking detection

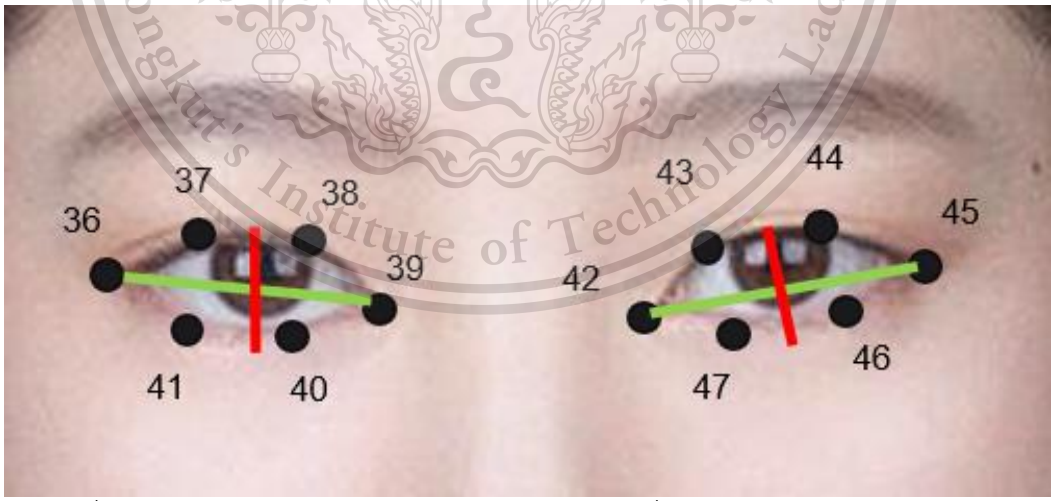
Eye Blinking detection เป็นฟังก์ชั่นการตรวจจับการกะพริบตา โดยนำจุดที่ได้จากการระบุตำแหน่งต่างๆ ของใบหน้า แล้วเลือกเฉพาะบริเวณดวงตาตั้งแต่จุดที่ 36 ถึง จุดที่ 42 มาใช้ในการคำนวณหาค่าการกะพริบตาดังที่แสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไฟล์ไปเผยแพร่ต่อ โดยไม่ลบข้อความนี้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.5 พิกัดบริเวณดวงตา

ในการคำนวณหาค่าการกะพริบตานั้นใช้การคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างระยะของตาแนวนอนและระยะของตาแนวตั้งโดยเลือกใช้อัตราส่วนของตาซ้ายหรือตาขวา การระยะของตาซ้ายแนวนอนหาจากระยะห่างระหว่างจุดที่ 42 และ จุดที่ 45 ส่วนระยะของตาซ้ายแนวตั้งหาจากระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางของจุดที่ 43 และ จุดที่ 44 กับ จุดกึ่งกลางของจุดที่ 47 และ จุดที่ 46 ส่วนระยะของตาขวาแนวนอนหาจากระยะห่างระหว่างจุดที่ 36 และ จุดที่ 39 ส่วนระยะของตาซ้ายแนวตั้งหาจากระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางของจุดที่ 37 และ จุดที่ 38 กับ จุดกึ่งกลางของจุดที่ 40 และ จุดที่ 41 ดังที่แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 พิกัดบริเวณดวงตาการเลือกพิกัดของดวงตาเพื่อหาค่าอัตราส่วนการกะพริบตา

โดยนำพิกัดของดวงตามาเขียนสมการหาค่าอัตราส่วนการกะพริบตาได้ดังนี้

$$LH_l = |P42 - P45| \quad (2.1)$$

$$LH_r = |P36 - P39| \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$LV_l = |mid(P_{43-44}) - mid(P_{46-47})| \quad (2.3)$$

$$LV_r = |mid(P_{37-38}) - mid(P_{40-41})| \quad (2.4)$$

$$\text{อัตราส่วนการกะพริบตา} = \frac{LH_l}{LV_l} \text{ หรือ } \frac{LH_r}{LV_r} \quad (2.5)$$

โดย LH_l คือ ระยะของตาซ้ายแนวนอน

LH_r คือ ระยะของตาขวาแนวนอน

LV_l คือ ระยะของตาซ้ายแนวตั้ง

LV_r คือ ระยะของตาขวาแนวตั้ง

โดยนำค่าอัตราส่วนตอนไม่กะพริบตา ซึ่งมีค่าประมาณ 3 ถึง 4 มากำหนดเป็นตัวตั้งต้นของเงื่อนไข จากนั้นทดสอบเพื่อหาค่าอัตราส่วนที่จะใช้เป็นเงื่อนไขของการกะพริบตา โดยมีค่า 0.273 เป็นค่าเงื่อนไขการกะพริบตาเนื่องจากเป็นที่มากที่สุด

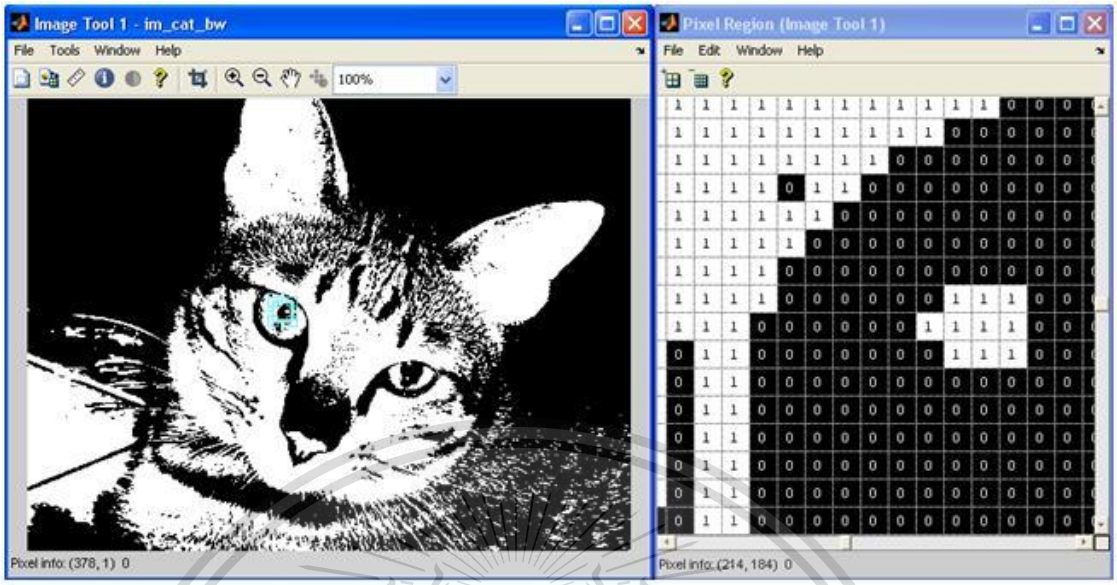
2.5 Binary Image

ภาพไบนารีคือภาพที่ประกอบด้วยพิกเซลที่มีสีใดสีหนึ่งจากสองสีโดยปกติจะเป็นสีดำและสีขาว ภาพไบนารีเรียกอีกอย่างว่าภาพสองระดับ ซึ่งหมายความว่าแต่ละพิกเซลจะถูกจัดเก็บเป็นบิตเดียวเช่น 0 หรือ 1 ภาพไบนารีจะเหมือนกับภาพในโหมด "Bitmap"

ภาพไบนารีมักเกิดขึ้นในการประมวลผลภาพดิจิทัลในรูปแบบ masks thresholding และ dithering อุปกรณ์อินพุตหรือเอาท์พุตบางอย่าง เช่นเครื่องพิมพ์เลเซอร์เครื่องแฟกซ์และจอคอมพิวเตอร์ไบเลเวล

ภาพไบนารีสามารถเก็บไว้ในหน่วยความจำในรูปแบบบิตแมปซึ่งเป็นอาร์เรย์ของบิตที่อัดแน่น ภาพขนาด 640 × 480 ต้องการพื้นที่เก็บข้อมูล 37.5 กิโลไบต์ เนื่องจากไฟล์ภาพมีขนาดเล็กเครื่องแฟกซ์และโซลูชันการจัดการเอกสารมักใช้รูปแบบนี้ ภาพไบนารีส่วนใหญ่ยังบีบอัดได้ดีด้วยรูปแบบการบีบอัดแบบรันไทม์ที่เรียบง่ายดังที่แสดงในรูป 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.7 ภาพไบนารี่

การสร้างภาพไบนารี่

การแปลงภาพสีให้เป็นภาพไบนารี่ เป็นกระบวนการแปลงภาพที่มีความเข้มหลายระดับ (Multilevel Image) ให้มีการแสดงผลแค่ 2 ระดับ ซึ่งค่าที่จะใช้แสดงผลขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้จัดเก็บภาพนั้นๆ ดังที่แสดงไว้ในสมการที่ 2.

$$D = \begin{cases} 0, & \text{ถ้า } I < T \\ 2^{B} - 1, & \text{กรณีอื่น ๆ} \end{cases} \qquad (2.6)$$

เมื่อ B คือ จำนวนบิตของภาพ

I คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพ ณ ตำแหน่งที่กำลังพิจารณา

D คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพในภาพในตำแหน่งเดียวกันฟลังพิจารณา

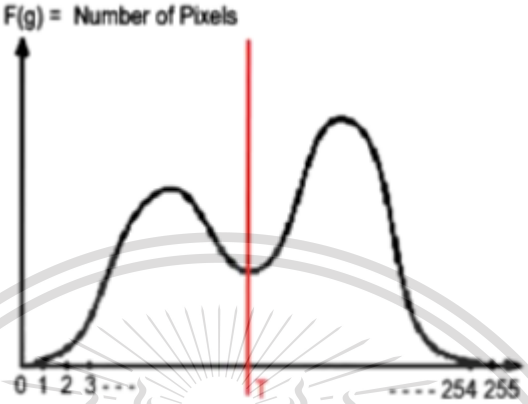
T คือ ค่าขีดแบ่ง (Threshold)

การสร้างภาพไบนารี่โดยใช้เทคนิคการทำเทรชโฮล (Thresholding Technique) โดยพิจารณาว่าพิกเซลสีขาวหรือสีดำ ทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างพิกเซลของภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่หนึ่งเรียกกว่า ค่าเทรชโฮล (Threshold Value) เทคนิคนี้ใช้กันมากในกรณีที่ข้อมูลภาพมีลักษณะที่ต่างกันระหว่างวัตถุ (Object) และ พื้นหลัง (Background) โดยค่าของพิกเซลของภาพใดๆ ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนเป็น 0 (จุดดำ) และ พิกเซลของภาพที่มีน้อยมากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนเป็น 1 (จุดขาว) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในการสร้างภาพไบนารี่โดยใช้เทคนิคเทรชโฮลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมและคมชัด สิ่งที่สำคัญที่สุดคือค่าเทรชโอล เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลที่ไม่เหมาะสม (ค่าเทรชโฮลที่มีค่าน้อยเกินไป

หรือมากเกินไป) ภาพที่ได้อาจจะสว่างน้อยเกินไป สว่างมากเกินไป หรือภาพที่ได้มีสิ่งรบกวน (Noise) เกิดขึ้นทำให้ภาพที่ได้ไม่สวยงามเท่าที่ควรดังนั้นปัญหาของการสร้างภาพไบนารี่ ซึ่งค่าขีดแบ่งที่เลือกใช้นั้นจะต้องสามารถแบ่งฉากหลังและวัตถุออกจากกันได้เป็นอย่างดีดังที่แสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ฮิสโทรแกรมที่วัตถุและพื้นหลังมีค่าความเข้มแสงแยกออกจากกัน

โดยวิธีคำนวณหาค่าเทรชโฮลแบ่งเป็นวิธีคำนวณหาค่าเทรชโฮลโดยกำหนดค่าล่วงหน้า (Pre-assigned Threshold Value) และการหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Mid-Range Threshold Value) ซึ่งแต่ละวิธีอธิบายได้ดังนี้

2.5.1 การหาค่าเทรชโฮลโดยกำหนดค่าล่วงหน้าเป็นการกำหนดค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดเองจากผู้ใช้

การกำหนดค่าจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้คนนั้นๆ โดยการเลือกค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า ค่าเทรชโฮล โดยค่าที่เลือกมาจะเป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของระดับความเข้มแสงของภาพ เช่นภาพอินพุทมีระดับความเข้มแสง 256 ระดับ จะมีค่าได้ตั้งแต่ 0-255 เมื่อเลือกค่าเทรชโฮลได้แล้วสามารถสร้างภาพไบนารี่ได้

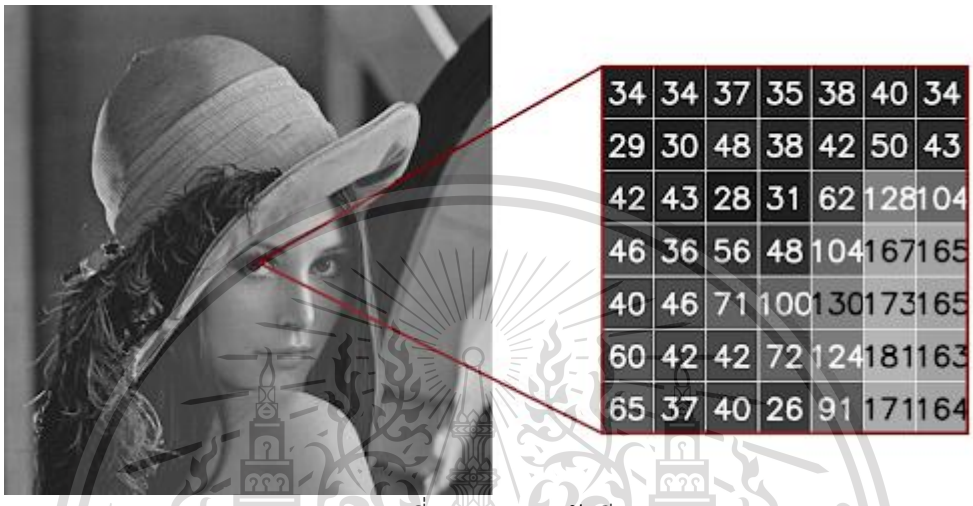
2.5.2 การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง

เป็นการหาเทรชโฮลที่แตกตางจาการหาค่าเทรชโฮลวิธีแรก สำหรับวิธีนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าเทรชโฮลโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดโดยการหาค่าเทรชโฮลนี้ใช้วิธีทางสถิติในเรื่องการหาค่ากลางหรือค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเทรชโฮลที่คำนวณได้จากค่ากึ่งกลางที่อยู่ระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุด (Maximum Level) และระดับความเข้มต่ำสุด (Minimum Level) ของภาพเมื่อการคำนวณค่าเทรชโฮลได้แล้วสามารถสร้างภาพไบนารี่ได้โดยนำค่าเทรชโฮลที่ได้มาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6 Grayscale Image

โดยระดับสีเทาเป็นค่าซึ่งระบุความสว่างหรือความเข้มที่มีค่าตั้งแต่ 0 - 255 (0 คือระดับเข้มสูงสุด 255 คือระดับสว่างสูงสุด) รวมทั้งพิกัดแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งใช้ระบุตำแหน่งในแถวลำดับภาพ (Image Array) ดังที่แสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ภาพระดับสีเทา

โดยวิธีการหาค่าระดับเทามีวิธีคิดตามความสว่างของแต่ละแม่สี โดยมีรูปแบบดังสมการที่ 2.7

$$Grayscale\ image = \frac{(R + G + B)}{3} \tag{2.6}$$

หรือ $Grayscale\ image = (w_1 * R) + (w_2 * G) + (w_3 * B)$ (2.7)

เมื่อ $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ และ $w_1, w_2, w_3 > 0$

R คือ สีแดง และ w_1 คือค่าน้ำหนักของสีแดง

G คือ สีเขียว และ w_2 คือค่าน้ำหนักของสีเขียว

B คือ สีน้ำเงิน และ w_3 คือค่าน้ำหนักของสีน้ำเงิน

แต่จากการศึกษาพบว่าการเฉลี่ยค่าของแม่สีทั้ง 3 ตามสมการที่ 2.7 ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด จะได้ภาพระดับสีเทาซึ่งไม่ตรงตามที่สายตาของมนุษย์มองเห็น ดังนั้นเพื่อให้ได้ภาพระดับสีเทาที่มีความใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์มากที่สุด จึงได้มีการศึกษาและทดลองพบว่าค่าน้ำหนักในแต่ละสีที่เหมาะสมนั้นมีค่าดังสมการที่ 2.9

$$Grayscale\ image = (0.299 * R) + (0.587 * G) + (0.114 * B) \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.7 PyQt 5

PyQt 5 เป็น Qt ประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นเครื่องมือในการสร้างแอปพลิเคชั่น และ GUI ซึ่งสามารถทำงานบน Desktop PC, Smart Phone และ Embedded System สามารถทำงานได้หลายระบบปฏิบัติการ (OS) เมื่อมีโปรแกรมที่ทำงานบน OS หนึ่ง เราไม่จำเป็นต้องเขียนโปรแกรมใหม่ สามารถนำโปรแกรมไป Compile เพื่อให้สามารถทำงานบน OS อื่นได้โดยไม่ต้องแก้โปรแกรมเลย เมื่อโปรแกรมทำงาน หน้าตาของมันจะเปลี่ยนไปตามสิ่งแวดล้อมของ OS นั้นๆ โดยอัตโนมัติ สามารถเลือกใช้ API, Library ต่างๆ ได้มากมาย ไม่จำเป็นต้องเริ่มตั้งต้นใหม่

2.8 การกะพริบตา

การกะพริบตาเป็นกลไลการป้องกันอันตรายให้กับดวงตา และทำให้ดวงตาชุ่มชื้น โดยการกะพริบตาเป็นกลไกที่เกิดขึ้นรวดเร็วที่สุดในกลไกร่างกายของมนุษย์ โดยมนุษย์ใช้เวลากะพริบตา 100-150 มิลลิวินาที และจะกะพริบตาในทุกๆ 2-3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

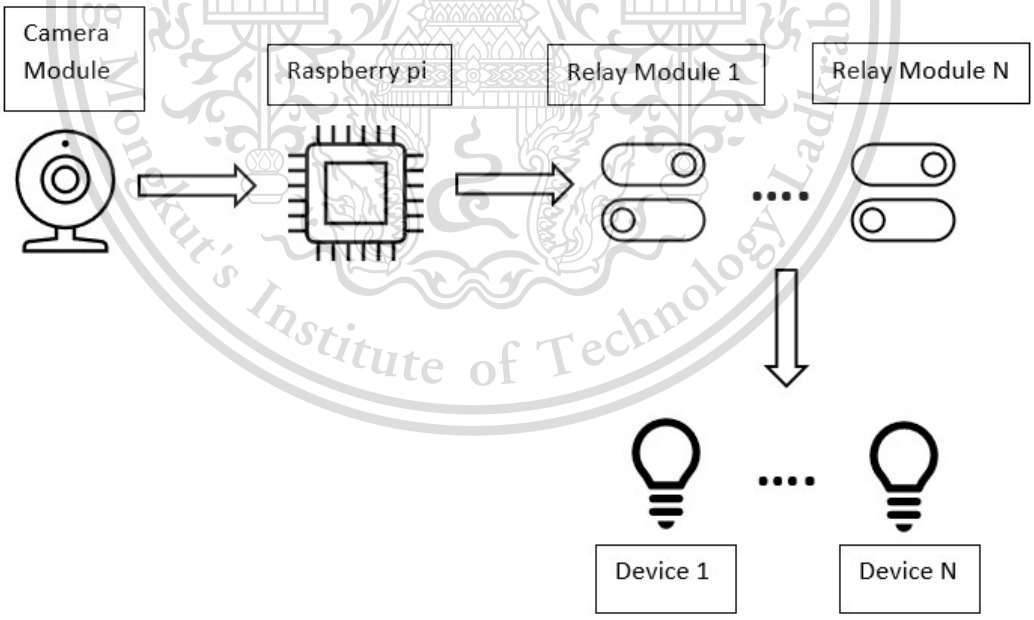
บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

3.1 การออกแบบ

3.1.1 การออกแบบระบบในภาพรวม

โครงงานนี้มีจุดประสงค์คือการสร้างรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดให้สามารถประยุกต์ใช้การตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาควบคุมรีโมทคอนโทรลเพื่อสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ โดยไม่ต้องใช้มือควบคุมรีโมทคอนโทรลในชีวิตประจำวันได้ โดยใช้การโปรแกรมเพื่อสั่งงาน Raspberry Pi และ Camera Module ในการตรวจจับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา และตั้งค่าคำสั่งการควบคุมรีโมทคอนโทรลจากลักษณะการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาแบบต่างๆ ใช้อุปกรณ์ Relay Module ในการส่งชุดข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อและต้องการสั่งงานด้วยรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา ซึ่งภาพรวมของโครงงานนี้ แสดงในรูปที่ 3.1



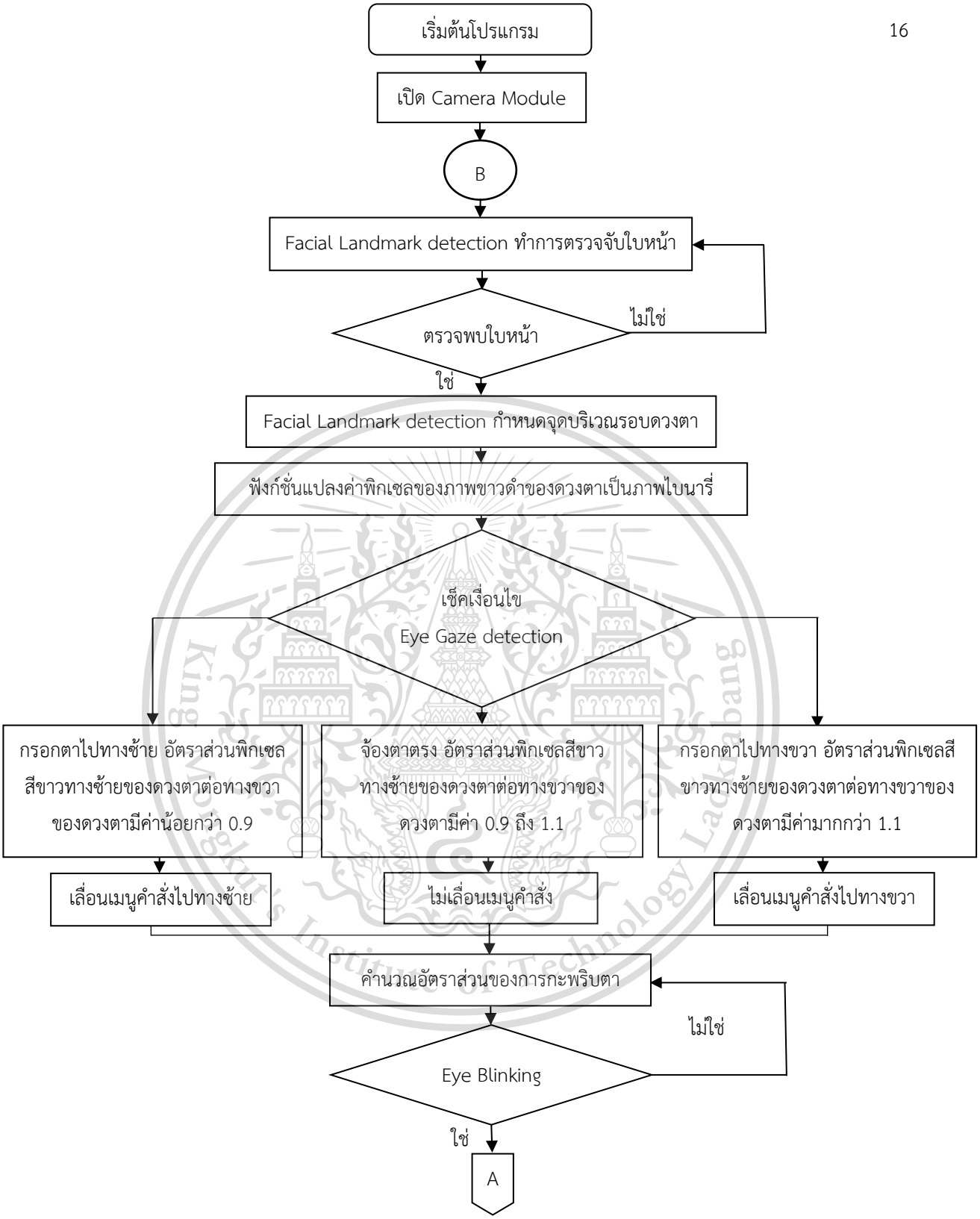
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบในภาพรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2 การออกแบบระบบรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

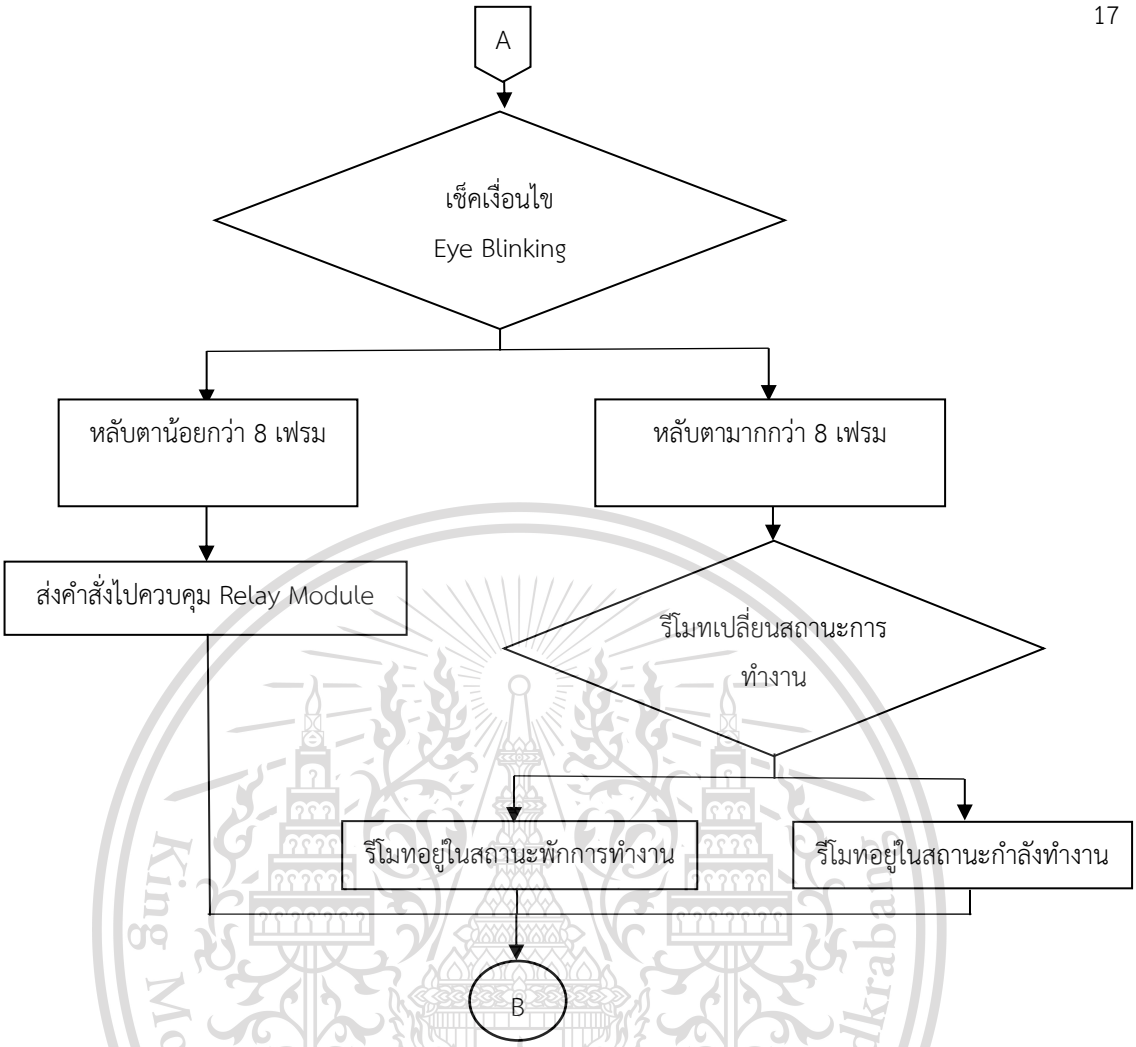
การออกแบบรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตามีหลักการทำงานของโปรแกรมคือ เมื่อเริ่มต้นโปรแกรม โปรแกรมจะสั่งให้กล้องทำงาน จากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจจับวัตถุที่มีลักษณะเป็นใบหน้าคนในเฟรมที่กล้องจับภาพได้ เมื่อพบวัตถุที่มีลักษณะเป็นใบหน้าคนในเฟรม โปรแกรมจะทำการตรวจจับใบหน้าแล้วทำการกำหนดและระบุตำแหน่งของอวัยวะต่างๆ บนใบหน้าด้วย Facial Landmark Detection แล้วเลือกใช้เฉพาะตำแหน่งของดวงตา และทำการใช้ฟังก์ชั่นแปลงค่าพิกเซลของภาพขาวดำของดวงตาเป็นภาพไบนารี่ จากนั้นกำหนดรูปแบบการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาแบบต่างๆ โดยใช้ Eye Gaze detection ในการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา และใช้ Eye Blinking detection ในการตรวจจับการกะพริบตา เมื่อโปรแกรมพบว่ามีการเคลื่อนที่ของดวงตาโปรแกรมจะใช้ Eye Gaze detection ในการตรวจจับทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงตาและเลื่อนเมนูไปทางซ้ายหรือทางขวา และใช้ Eye Blinking detection ในการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อใช้งานชุดคำสั่ง โดยรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตามีชุดคำสั่งในการใช้งานทั้งหมด 4 คำสั่ง ประกอบด้วย 1. Switch 1 ON คือการสั่งเปิดให้อุปกรณ์ชิ้นที่ 1 ทำงาน 2. Switch 1 OFF คือการสั่งปิดให้อุปกรณ์ชิ้นที่ 1 หยุดทำงาน 3. Switch 2 ON คือการสั่งเปิดให้อุปกรณ์ชิ้นที่ 2 ทำงาน 4. Switch 2 OFF คือการสั่งปิดให้อุปกรณ์ชิ้นที่ 2 หยุดทำงาน จากนั้นโปรแกรมจะทำการส่งชุดคำสั่งไปยัง Relay Module จำนวน 2 ตัว เพื่อควบคุมการเปิด/ปิดของ Relay Module โดย Relay Module แต่ละตัวจะควบคุมการเปิด/ปิดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.2(ก) ภาพรวมการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.2(ข) ภาพรวมการทำงานของโปรแกรม

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

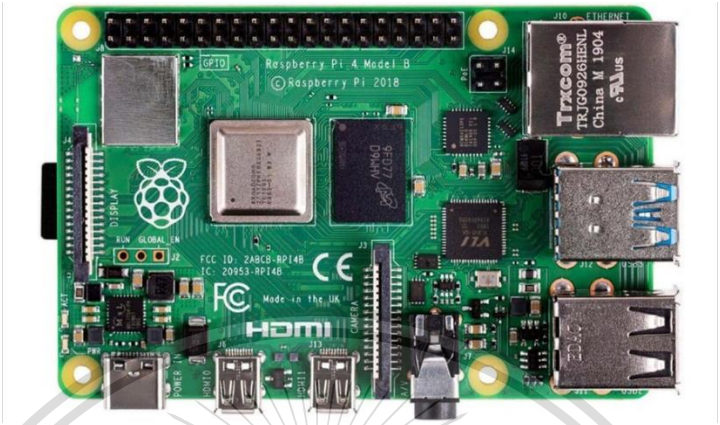
ในโครงงานนี้ มีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

3.2.1 Raspberry Pi 4

คอมพิวเตอร์ที่เลือกใช้คือ Raspberry Pi 4 เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด และเมาส์ ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Raspberry Pi Foundation สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ การเขียนโปรแกรม หรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก ไม่ว่าจะเป็นการทำงาน Spreadsheet Word Processing ท่องอินเทอร์เน็ต ส่งอีเมล อีกทั้งยังสามารถเล่นไฟล์วีดีโอความละเอียดสูง (High-Definition) ได้อีกด้วย บอร์ด Raspberry Pi รองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Operating System) ได้หลายระบบ เช่น Raspbian (Debian) Pidora (Fedora) และ Arch Linux เป็นต้น โดยติดตั้งบน SD Card บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Raspberry Pi นี้ถูกออกแบบมาให้มี CPU GPU และ RAM อยู่ภายในชิปเดียวกัน มีจุดเชื่อมต่อ GPIO ให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ได้อีกด้วยดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 Raspberry Pi 4

ข้อมูลทางเทคนิคของ Raspberry Pi 4

- Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
- 4GB RAM LPDDR4-3200 SDRAM
- 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE
- Gigabit Ethernet
- 40-pin Extended GPIO
- 2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports.
- 2 × micro-HDMI ports (up to 4kp60 supported)
- 4-pole stereo audio and composite video port
- H.265 (4kp60 decode), H264 (1080p60 decode, 1080p30 encode)
- OpenGL ES 3.0 graphics
- Micro-SD card slot for loading operating system and data storage
- 5V DC via USB-C connector (minimum 3A*)
- 5V DC via GPIO header (minimum 3A*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- Power over Ethernet (PoE) enabled (requires separate PoE HAT)
- Operating temperature: 0 – 50 degrees C ambient

3.2.2 อุปกรณ์ Camera Module

Camera Module ที่เลือกใช้คือ Raspberry Pi Camera Module เนื่องจาก Raspberry Pi เป็นกล้องดิจิตอลขนาดเล็กสามารถเชื่อมต่อกับบอร์ด Raspberry Pi ได้ด้วยช่องเสียบ Camera Module มีราคาถูก มีขนาดความละเอียด 5 ล้าน pixel สามารถถ่ายวิดีโอระดับ HD ที่ความละเอียด 1080p, 720p และ 640x480 ด้วยอัตราแสดงผล 30 (1080p), 60 (720p และ 640x480) และ 90 (640x480) เฟรมต่อวินาทีดังแสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 Camera Module

ข้อมูลทางเทคนิคของ Camera Module

- Raspberry Pi Camera, compatible with the original one.
- 5 megapixel OV5647 sensor in a fixed-focus module
- 2592 × 1944 still picture resolution
- Support 1080p30, 720p60 and 640x480p60/90 video record
- Dimension: 25mm x 24mm x 9mm

3.2.3 อุปกรณ์ Relay Module

Relay Module ที่เลือกใช้คือ Relay Module 2 ช่อง ควบคุมเปิด/ปิด รีเลย์ได้ 2 ช่อง ใช้ไฟเข้า 5 โวลต์ ส่งสัญญาณควบคุมแบบ Active Low ถ้าต้องการให้รีเลย์ติดส่งสัญญาณ 0 ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ต้องการให้ดับส่งสัญญาณ 1 วงจรเป็นแบบ แยกกราวด์ Opto isolated Relay สามารถต่อเข้ากับบอร์ด Raspberry Pi ได้ ราคาไม่แพง ใช้งานได้ครอบคลุมความต้องการดังแสดงในรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 Relay Module

ข้อมูลทางเทคนิคของ Relay Module

- การเชื่อมต่อมาตรฐานที่สามารถใช้ควบคุมได้โดยตรงจากไมโครคอนโทรนเลอร์ เช่น Arduino , 8051, AVR, PIC,DSP,ARM, ARM, MSP430, TTL logic)
- ใช้ไฟฟ้าที่ 5 โวลต์
- สามารถ 5 โวลต์จากบอร์ด arduino ที่มีขา 5 โวลต์ได้
- ใช้ควบคุมไฟฟ้าแรงสูงได้ที่ DC30V 10A , AC250V 10A
- มีไฟบอกสถานะการทำงานของรีเลย์ทุกตัว
- เชื่อมต่อด้วยขั้วสกรู ทำให้ติดตั้งได้ง่ายและสะดวก
- ใช้กระแสขับ relay แต่ละตัวที่ 15-20 mA
- การส่งสัญญาณควบคุมรีเลย์เป็นแบบ Active low
- วงจรขับรีเลย์เป็นแบบแยกกราวด์ Opto isolated Relay ปลอดภัยต่อวงจรไมโครคอนโทรเลอร์

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การทดสอบการวัดค่าอัตราส่วนของการกะพริบตา

โดยการหาค่าอัตราส่วนที่ต่ำที่สุดมาใช้เป็นเงื่อนไขของการกะพริบตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.2 การทดสอบการสั่งงานด้วยการตรวจจับดวงตา

โดยทำการทดสอบการตรวจจับดวงตาในลักษณะต่างๆ เพื่อนำมาเป็นชุดคำสั่ง

3.3.3 การทดสอบการสั่งงาน Relay Module

โดยทำการทดสอบการสั่งงานต่างๆ ของโปรแกรมเพื่อควบคุมการเปิด/ปิดของ Relay Module

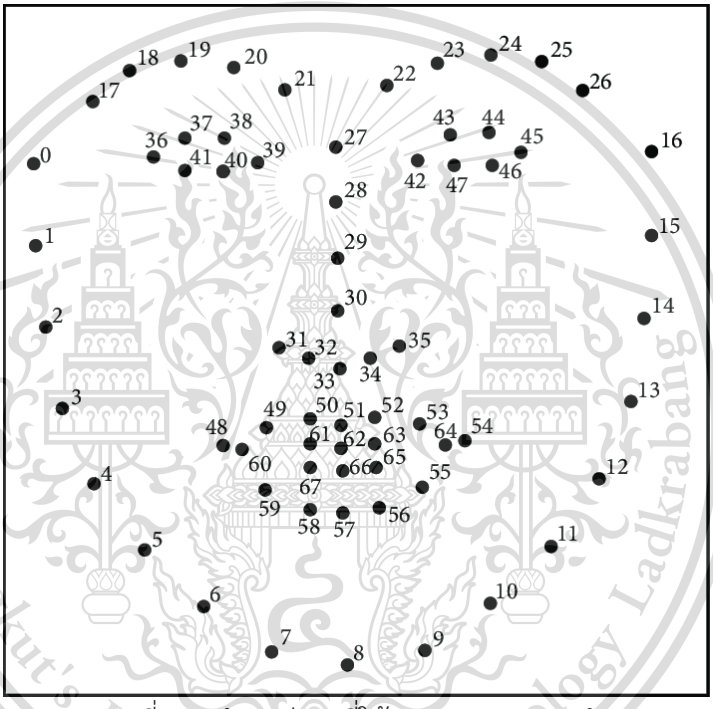
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การวัดค่าอัตราส่วนของการกะพริบตา

โดยการใช้งาน library ในส่วนของ OpenCV จะเป็นฟังก์ชั่นที่ใช้แสดงข้อมูลที่เราโปรแกรมไว้แบบ real time และจะใช้ร่วมกับ library Dlib ซึ่งมีฟังก์ชั่นในการจดจำจุดต่างๆ เช่น ดวงตา โครงหน้า จมูก ริมฝีปาก บนใบหน้าดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งจุดที่ให้ library Dlib จดจำ

Facial landmark indexes ของใบหน้า ตัว detect ของ Facial landmark ทำงานร่วมกับ Dlib 68 (x,y) -coordinates จุด landmark ทั้ง 68 จุดเหล่านี้ได้รับการ training สำหรับการทำนายด้วย iBUG 300-W dataset. จากภาพด้านบนเราสามารถเห็นพิกัดทั้ง 68 จุดบนใบหน้าจากการภาพจุด landmark ใบหน้าทั้ง 68 จุดเราจะสามารถเข้าถึงได้อย่างง่ายด้วย index

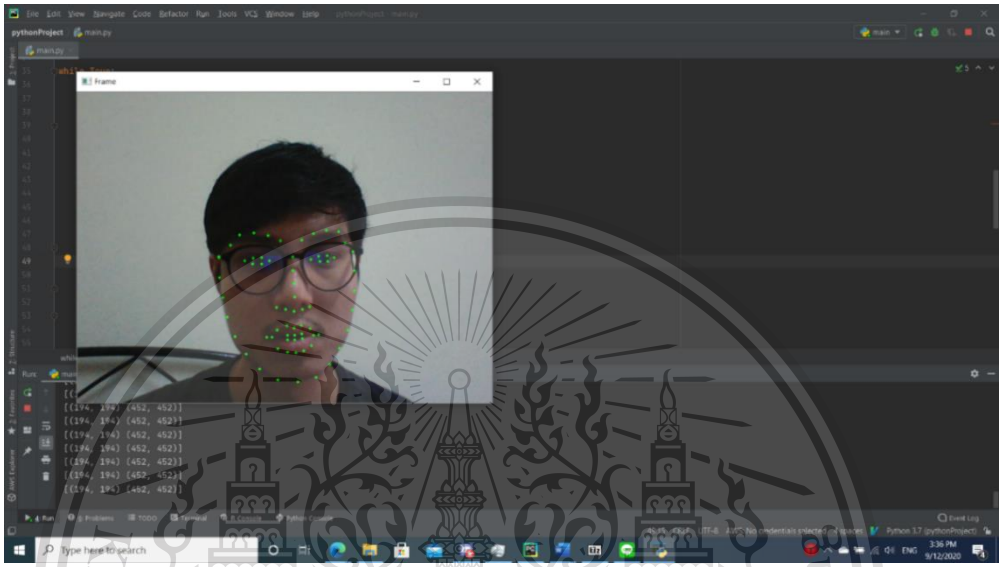
- สามารถเข้าถึงตำาแหน่งของปากได้ด้วย points [48, 68]
- สามารถเข้าถึงตำาแหน่งของคิ้วขวาได้ด้วย points [17, 22]
- สามารถเข้าถึงตำาแหน่งของคิ้วซ้ายได้ด้วย points [22, 27]
- สามารถเข้าถึงตำาแหน่งของตาขวาได้ด้วย points [36, 42]
- สามารถเข้าถึงตำาแหน่งของตาซ้ายได้ด้วย points [42, 48]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- สามารถเข้าถึงตำาแหน่งของจมูกได้ด้วย points [27, 35]

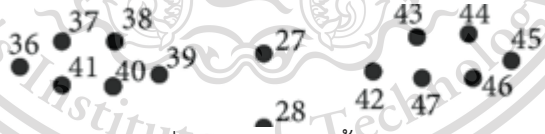
- สามารถเข้าถึงตำาแหน่งของกรามได้ด้วย points [0, 17]

ซึ่งผลการทดสอบจากการโปรแกรม ในตัวโปรแกรมสามารถตรวจจับจุดต่างๆ บนใบหน้าได้ครบทุกจุด แม้ผู้ทดสอบจะใส่แว่นอยู่ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การตรวจจับจุดของโปรแกรม

ซึ่งในการโปรแกรมเราจะลบจุดอื่นๆ ออกให้เหลือจุดที่ตา โดยจะใช้จุดที่ 36 – 47 มาใช้ในการคำนวณการกะพริบตาทั้งสองข้าง ซึ่งตาข้างขวาจะใช้จุดที่ 36 – 41 และข้างซ้ายจะใช้จุดที่ 42 – 47 ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 จุดบนตาทั้งสองข้าง

จากนั้นทำการโปรแกรมการคำนวณจากสมการดังนี้

$$LH_l = |\mathrm{P42} - \mathrm{P45}| \quad (4.1)$$

$$LH_r = |P36 - P39| \quad (4.2)$$

$$LV_l = |mid(P_{43-44}) - mid(P_{46-47})| \quad (4.3)$$

$$LV_r = |mid(P_{37-38}) - mid(P_{40-41})| \quad (4.4)$$

$$\text{อัตราส่วนการกะพริบตา} = \frac{LH_l}{LV_l} \text{ หรือ } \frac{LH_r}{LV_r} \quad (4.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดย LH_l คือ ระยะของตาซ้ายแนวนอน

LH_r คือ ระยะของตาขวาแนวนอน

LV_l คือ ระยะของตาซ้ายแนวตั้ง

LV_r คือ ระยะของตาขวาแนวตั้ง

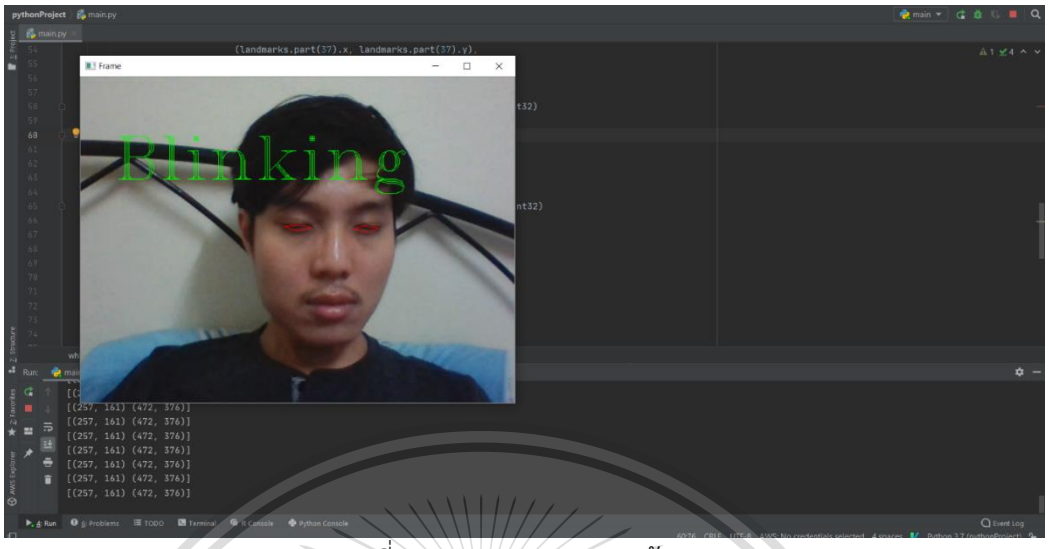
เมื่อทำการโปรแกรมเสร็จต่อไปเราจะหาค่าอัตราส่วนที่เกิดการกะพริบตา เพื่อนำไปใช้ในการเข้าเงื่อนไขในโปรแกรมว่าได้ทำการกะพริบหรือไม่ โดยนำค่าอัตราส่วนตอนไม่กะพริบตา ซึ่งมีค่าประมาณ 3 – 4 มากำหนดเป็นตัวตั้งต้นเงื่อนไข จากนั้นทดสอบเพื่อหาค่าอัตราส่วนที่จะใช้เป็นเงื่อนไขของการกะพริบตา โดยการนำค่าที่ผ่านเงื่อนไขตั้งต้นมา 10 ค่า เพื่อหาค่าต่ำที่สุดมาใช้เป็นเงื่อนไขของการกะพริบตา ซึ่งจะได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางค่าอัตราส่วนตอนกะพริบตา

กะพริบตาครั้งที่	ค่าอัตราส่วนตอนกะพริบตา
1	0.251
2	0.243
3	0.263
4	0.273
5	0.253
6	0.247
7	0.256
8	0.250
9	0.268
10	0.265

ค่ามากที่สุดอยู่ที่ประมาณ 0.273 เราจึงนำค่านี้มาเป็นเงื่อนไขของการกะพริบตาในการโปรแกรมต่อไป เมื่อทำการใช้งานโปรแกรม จะสังเกตได้ว่าตัวโปรแกรมมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการตรวจจับการกะพริบตา ซึ่งเมื่อทำการกะพริบตาบนหน้าจอกล้องจะขึ้น Blinking ดังรูปที่ 4.4

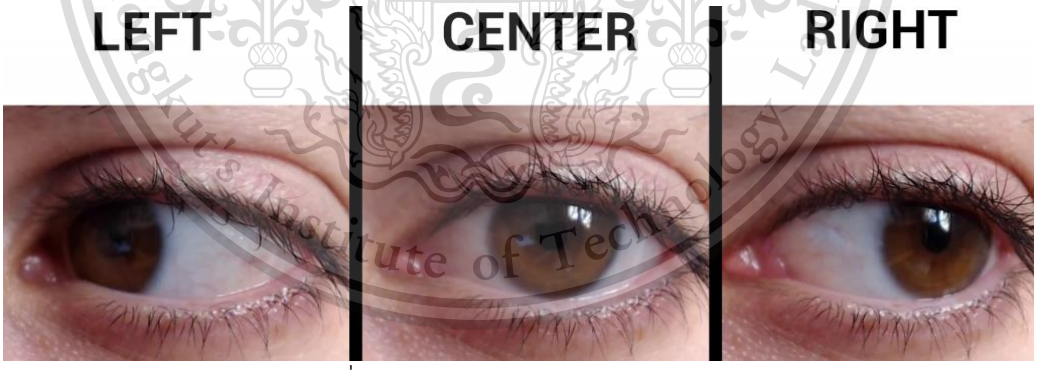
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.4 การแสดงผลบนหน้าจอ

4.2 การทดสอบการสั่งงานด้วยการตรวจจับดวงตา

ในส่วนของการจ้องตานั้น จะสังเกตได้ว่าพื้นที่ของตาขาวจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการจ้องตา นั้นคือหากทำการจ้องตาไปทางซ้ายพื้นที่ตาขาวด้านขวาจะมากกว่าด้านซ้าย ถ้าจ้องตาไปทางขวาพื้นที่ตาขาวด้านซ้ายจะมากกว่าด้านขวา และถ้าหากจ้องตาไปตรงๆ พื้นที่ตาขาวทั้งสองด้านจะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 4.5



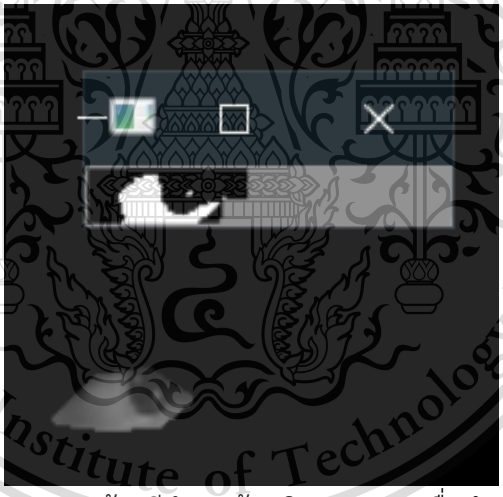
รูปที่ 4.5 การจ้องตาไปในทิศทางต่าง ๆ

จากนั้นคำนวณพื้นที่ตาขาวโดยการแบ่งภาพดวงตาให้เป็น 2 ข้าง เพื่อนำไปคำนวณหาพื้นที่ตาขาว ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.6 การคำนวณพื้นที่ตาขาวโดยการแบ่งภาพดวงตาให้เป็น 2 ข้าง

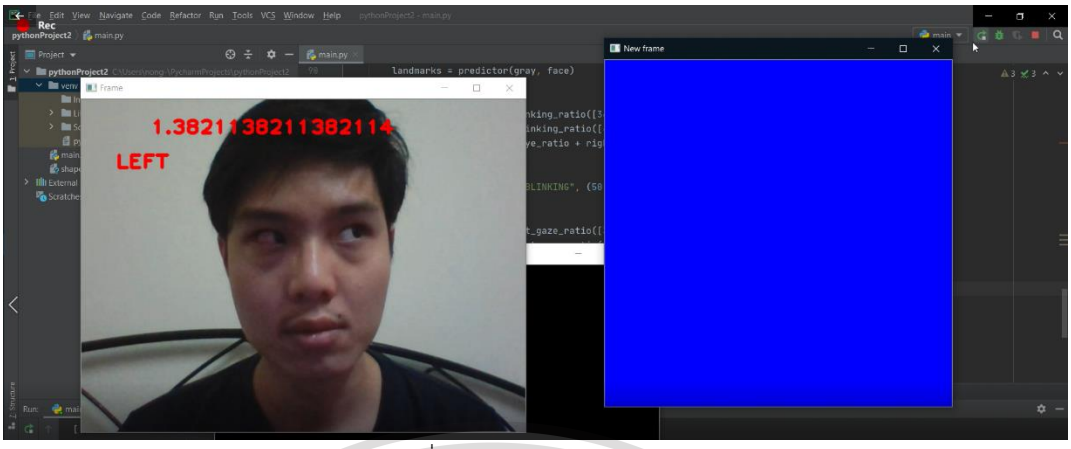
ต่อมาจะเป็นการคำนวณพื้นที่ตาขาวโดยจะทำการปิดส่วนอื่นๆ ของเฟรมด้วยสีดำ ยกเว้นบริเวณดวงตา โดยการเปลี่ยนภาพเป็นภาพไบนารี่เพื่อโฟกัสที่ดวงตา โดยการนับพิกเซลในส่วนที่เป็นสีขาวของดวงตาดังรูปที่ 4.7



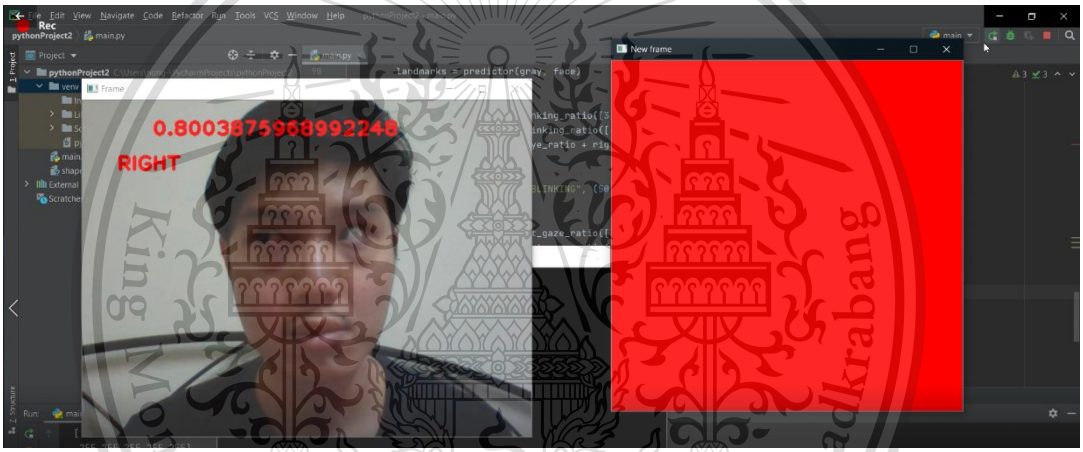
รูปที่ 4.7 การปิดส่วนอื่นๆ ของเฟรมด้วยสีดำยกเว้นบริเวณดวงตาเพื่อคำนวณพื้นที่ตาขาวโดยการนับพิกเซลในส่วนสีขาว

จากนั้นนำค่าที่ได้จากการนับพิกเซลส่วนที่สีขาวของทั้งสองข้างที่ได้ทำการแบ่งเอาไว้มาหาอัตราส่วน ซึ่งอัตราส่วนที่ได้มาจะนำไปเข้าเงื่อนไขว่าจ้องตาไปทางไหน ซึ่งค่าอัตราส่วนที่ใช้จะเท่ากับค่าที่ได้จากการนับพิกเซลฝั่งซ้ายหารด้วยค่าที่ได้จากการนับพิกเซลฝั่งขวา เมื่อได้ค่าอัตราส่วนแล้ว นำค่าไปเข้าสู่เงื่อนไข ซึ่งพบว่าหากการจ้องตาไปทางซ้ายค่าอัตราส่วนจะมีค่าน้อยกว่า 0.9 ถ้าจ้องตาไปทางขวาค่าอัตราส่วนจะมีค่ามากกว่า 1.1 และถ้าจ้องตาไปทางตรงค่าอัตราส่วนจะอยู่ตั้งแต่ 0.9 ถึง 1.1 ดังรูปที่ 4.8 รูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10

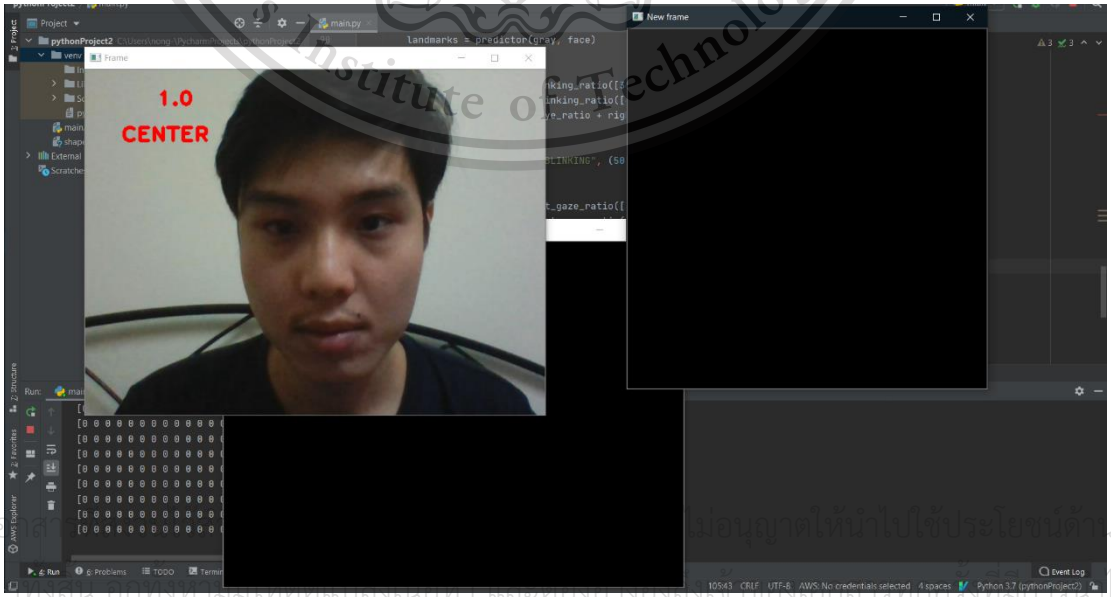
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.8 จ้องตาไปทางซ้าย



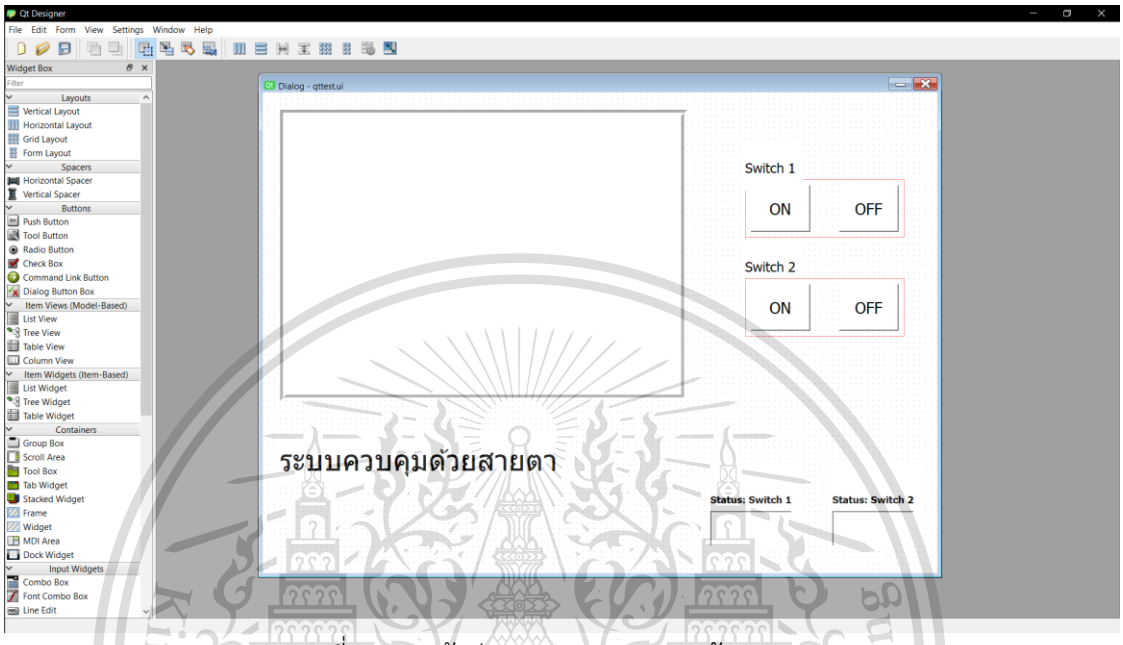
รูปที่ 4.9 จ้องตาไปทางขวา



รูป 4.10 จ้องตาไปข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในส่วนการเขียนโปรแกรมการตรวจจับดวงตาด้วยโปรแกรม Pycharm บนคอมพิวเตอร์ ในส่วนของหน้าต่างควบคุมจะใช้โปรแกรม Qt designer ในการออกแบบจากนั้นใช้ library PyQt5 ใน Python เพื่ออ่านไฟล์ที่ได้ทำการออกแบบไว้ ให้สามารถเขียน code ในการตั้งค่าได้ ดังรูปที่ 4.11

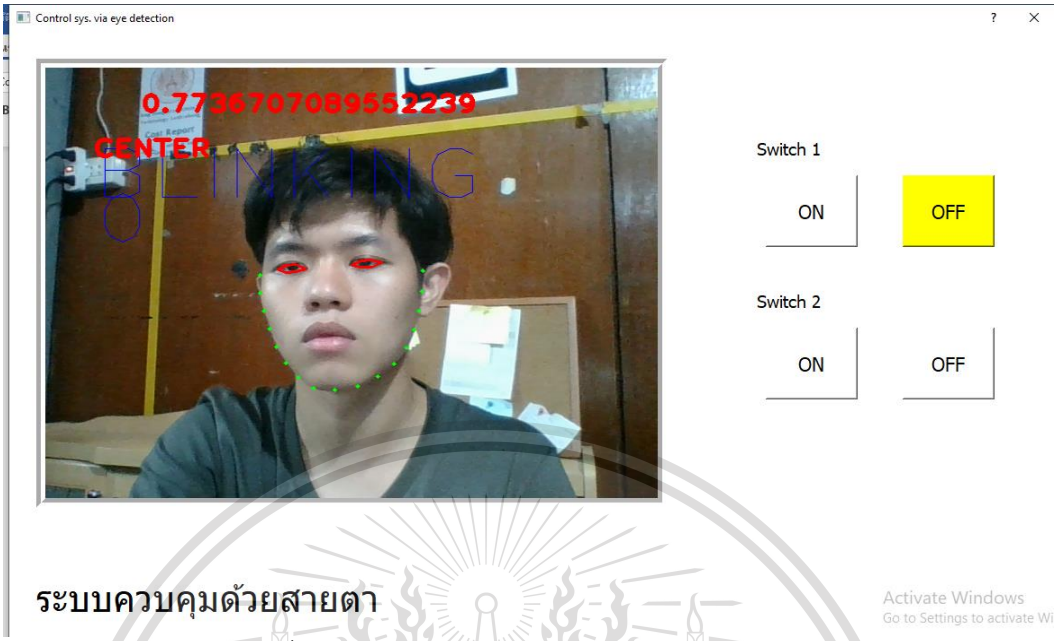


รูปที่ 4.11 หน้าต่างของระบบควบคุมด้วยสายตา

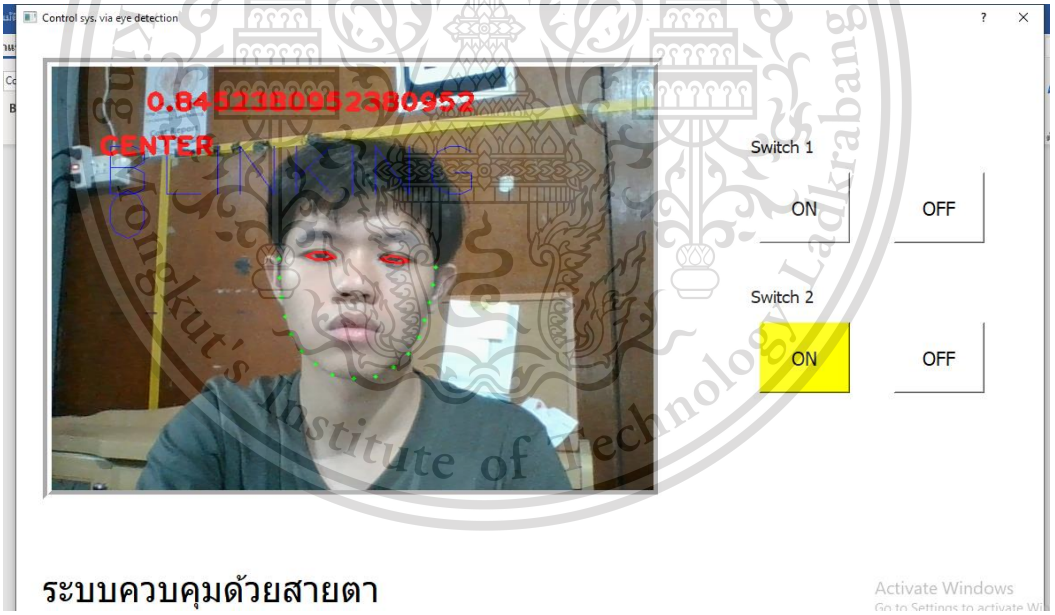
ในส่วนการเขียนโปรแกรมการตรวจจับดวงตา สามารถตรวจจับดวงตาและสามารถสั่งงานการเปิดปิดสวิตซ์ต่างๆ ได้ตามที่ต้องการดังที่แสดงในรูป 4.12 ถึง รูปที่ 4.15

รูปที่ 4.12 การเปิดสวิตซ์ 1 โดยการใช้ดวงตาควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

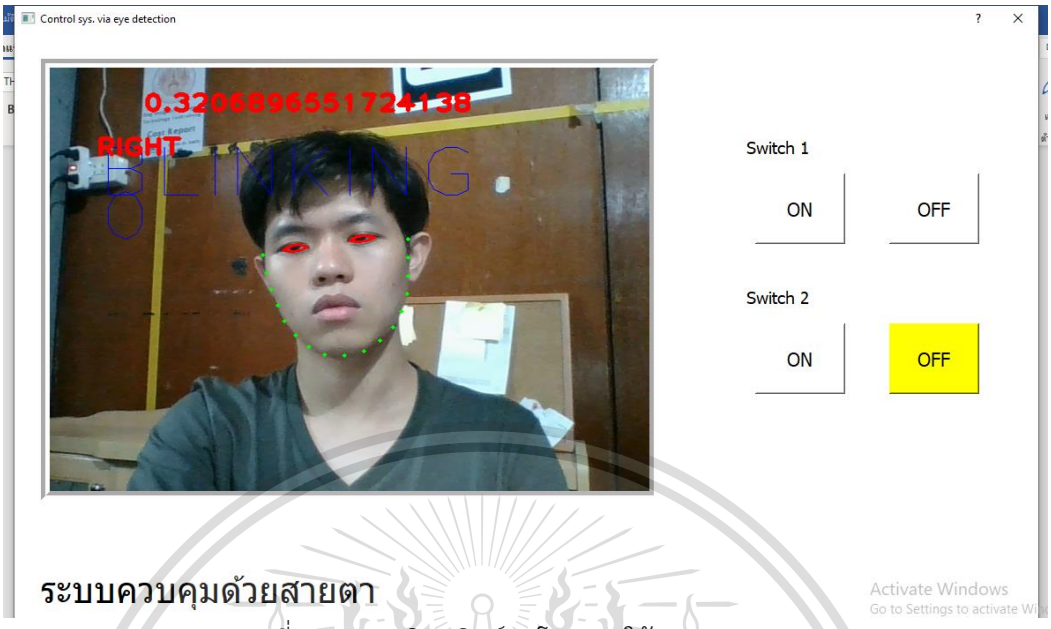


รูปที่ 4.13 การปิดสวิตซ์ 1 โดยการใช้ดวงตาควบคุม



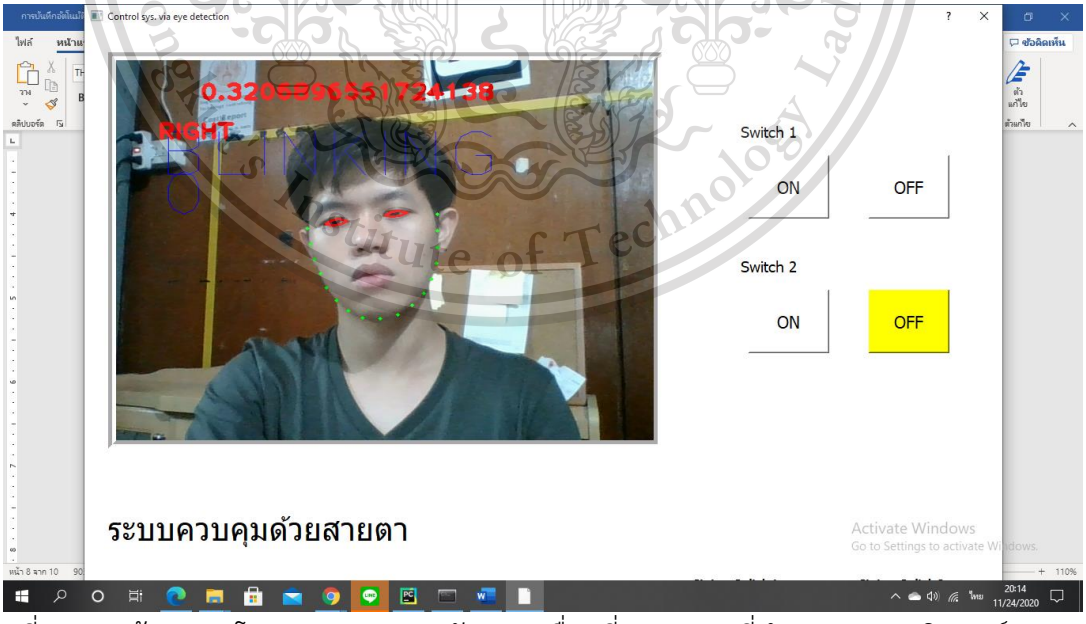
รูปที่ 4.14 การเปิดสวิตซ์ 2 โดยการใช้ดวงตาควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



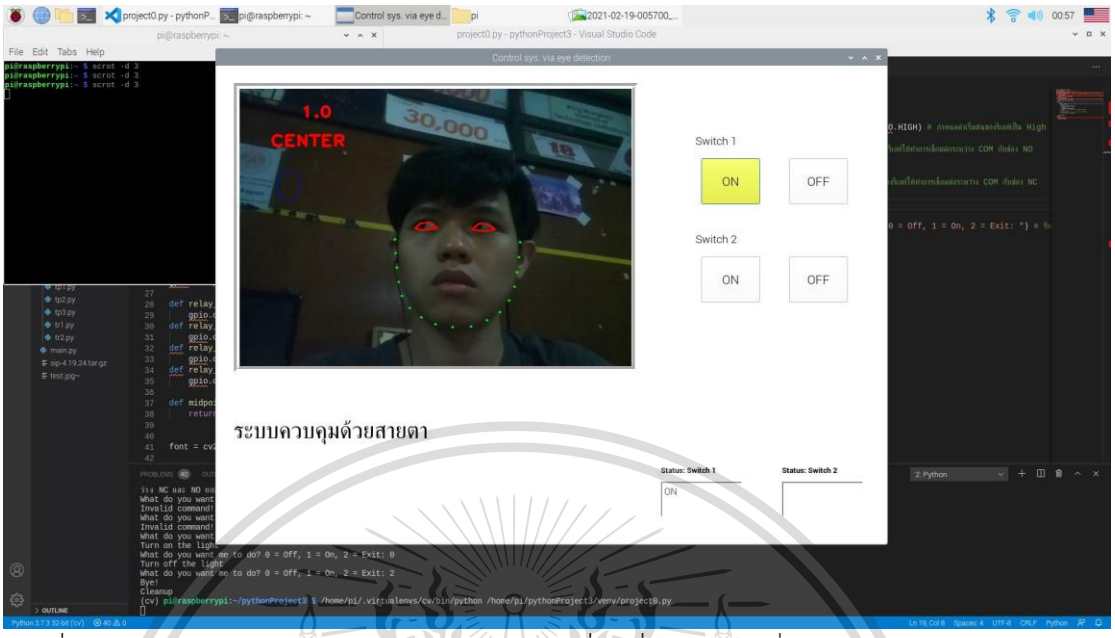
รูปที่ 4.15 การปิดสวิตซ์ 2 โดยการใช้ดวงตาควบคุม

ในการทดสอบความสามารถในการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาบนคอมพิวเตอร์ พบว่ากล้องของคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตามากกว่ากล้องของ Raspberry Pi เนื่องจากกล้องมีคุณภาพดีกว่าทำให้ไม่ต้องการแสงสว่างเท่ากล้องของ Raspberry Pi ดังที่แสดงในรูปที่ 4.16 ถึง 4.17



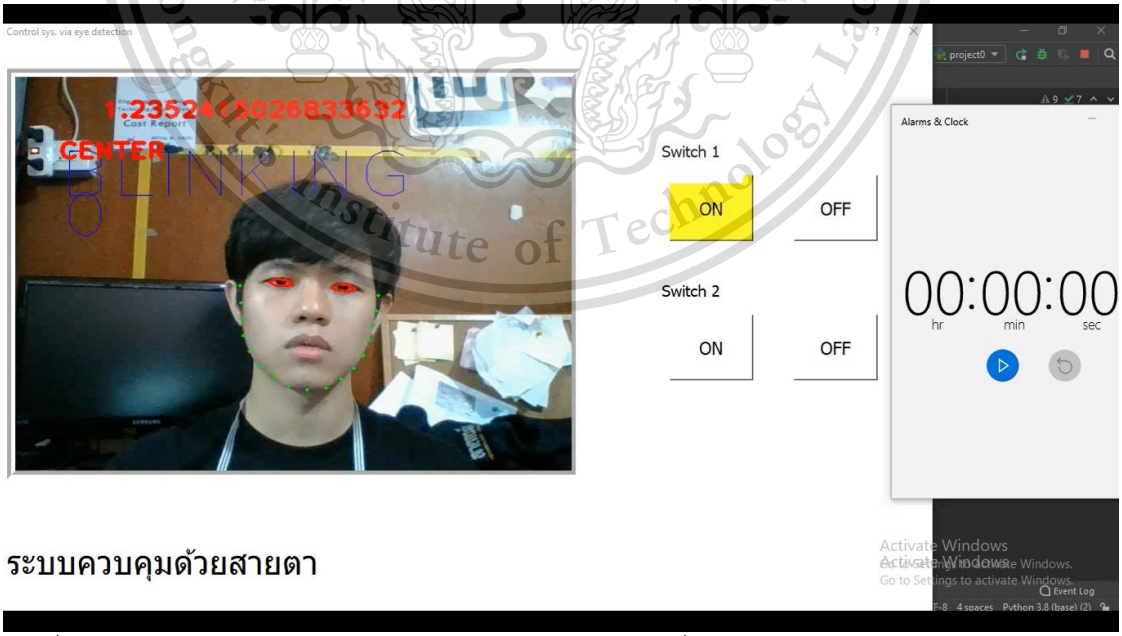
รูปที่ 4.16 หน้าจอของโปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์สามารถตรวจจับการกรอกตาไปทางขวาได้อย่างปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



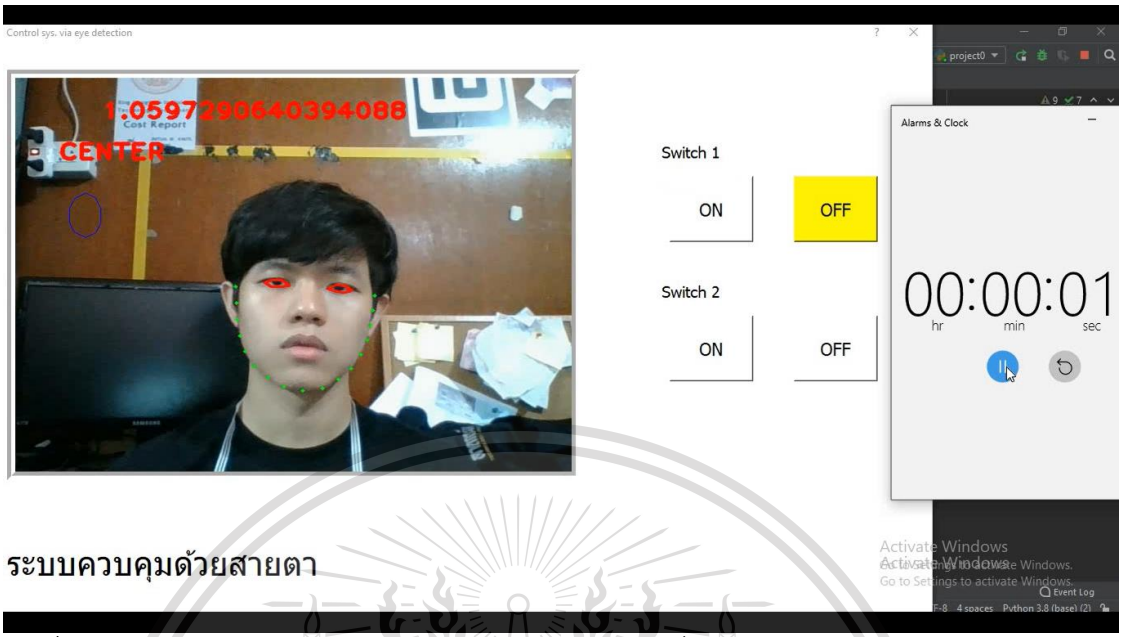
รูปที่ 4.17 หน้าจอของโปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่ทำงานบน Raspberry Pi ไม่สามารถตรวจจับการกรอกตาไปทางขวาได้อย่างที่ควรจะเป็นเนื่องจากแสงสว่างไม่เพียงพอ

ในส่วนการทดสอบความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาบนคอมพิวเตอร์ โดยทำการจับเวลาในการประมวลผลสามารถตรวจจับดวงตาและสามารถสั่งงานฟังก์ชั่นต่างๆ ได้ตามที่ต้องการดังที่แสดงในรูป 4.18 ถึง รูปที่ 4.21

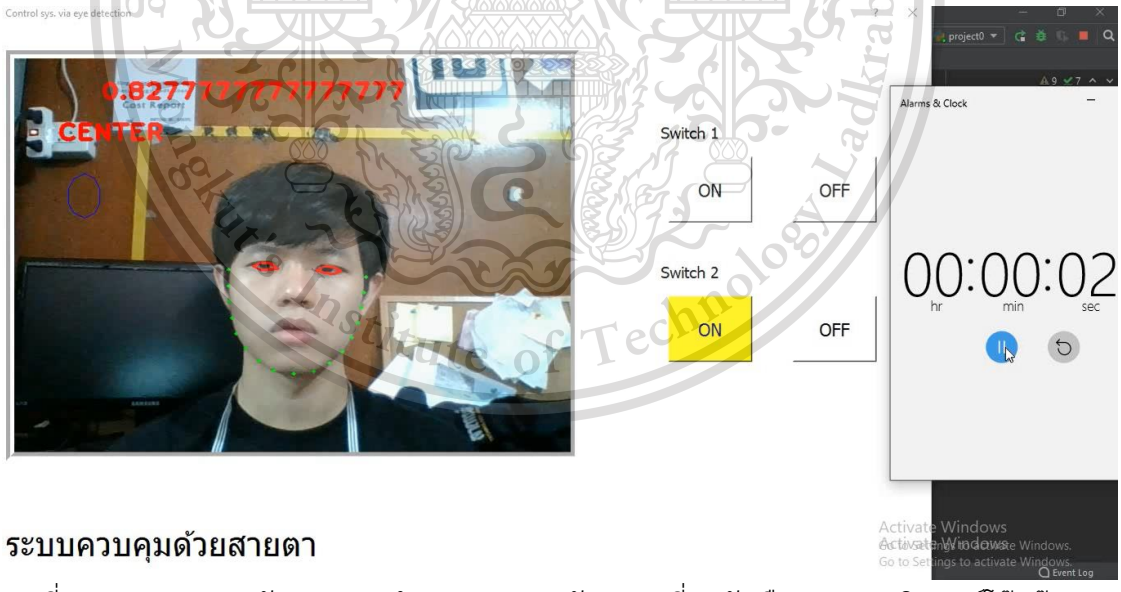


รูปที่ 4.18 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบนคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คจาก Switch 1 ON เป็น Switch 1 OFF โดยเริ่มจับเวลาที่ตำแหน่ง Switch 1 ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

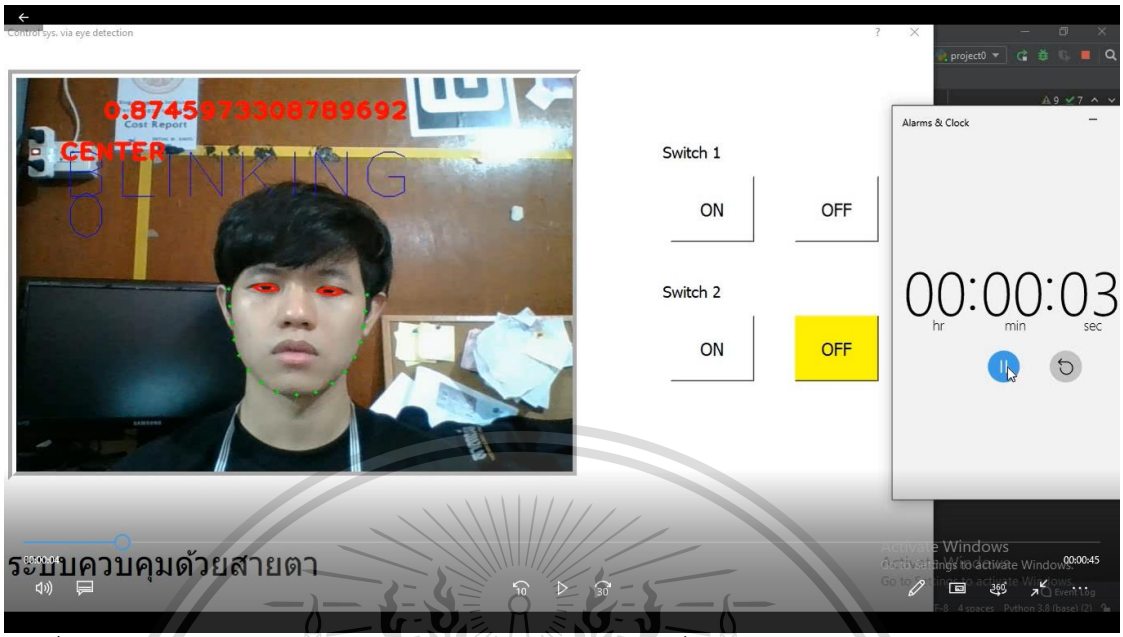


รูปที่ 4.19 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบนคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คจาก Switch 1 ON เป็น Switch 1 OFF พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจาก Switch 1 ON เป็น Switch 1 OFF ใช้เวลา 1 วินาที



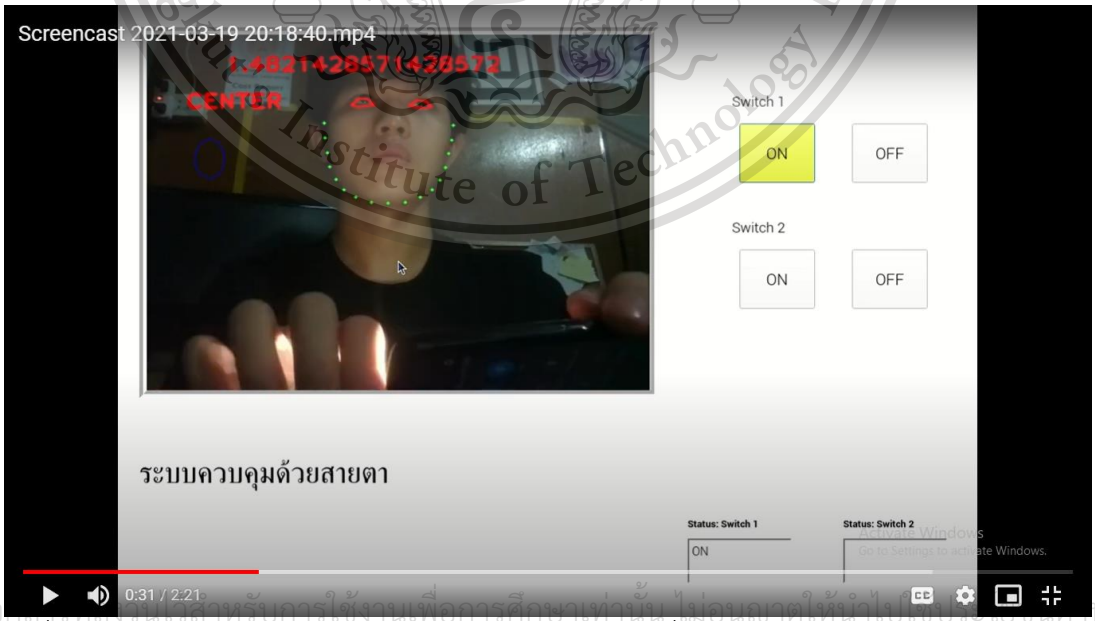
รูปที่ 4.20 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบนคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คจาก Switch 1 OFF เป็น Switch 2 ON โดยเริ่มนับจากเวลาที่วินาทีที่ 1 พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจาก Switch 1 ON เป็น Switch 1 OFF ตอนวินาทีที่ 2 หรือใช้เวลา 1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



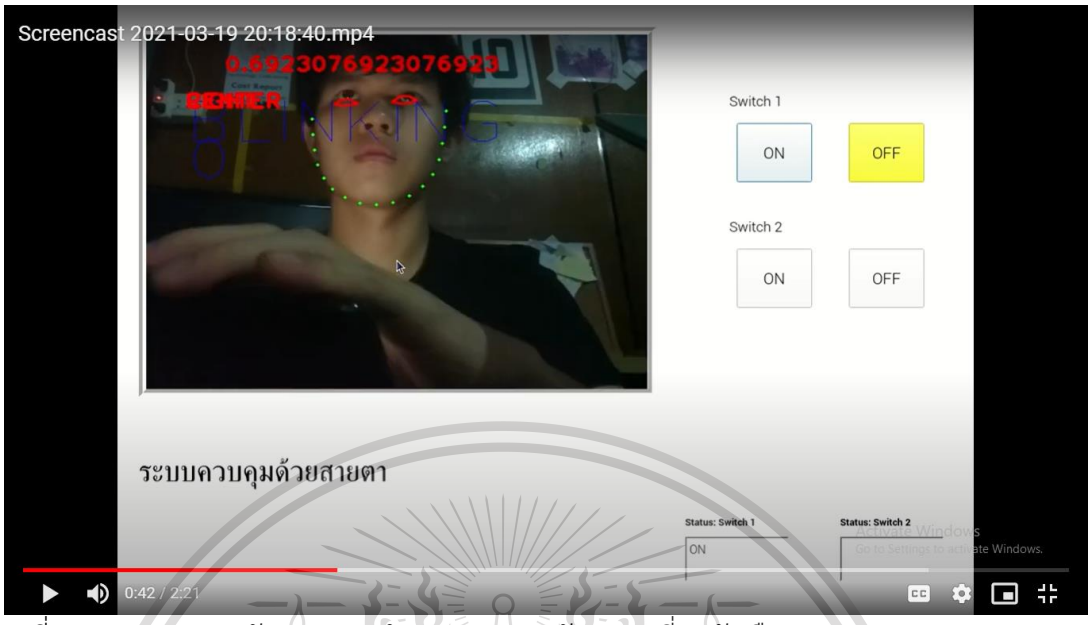
รูปที่ 4.21 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบนคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คจาก Switch 2 ON เป็น Switch 2 OFF โดยเริ่มนับจากเวลาที่วินาทีที่ 2 พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจาก Switch 2 ON เป็น Switch 2 OFF ตอนวินาทีที่ 3 หรือใช้เวลา 1 วินาที

ในส่วนการทดสอบความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาบนบอร์ด Raspberry Pi 4 โดยทำการจับเวลาในการประมวลผลสามารถตรวจจับดวงตาและสามารถสั่งงานฟังก์ชั่นต่างๆ ได้ตามที่ต้องการดังที่แสดงในรูป 4.22 ถึง รูปที่ 4.31

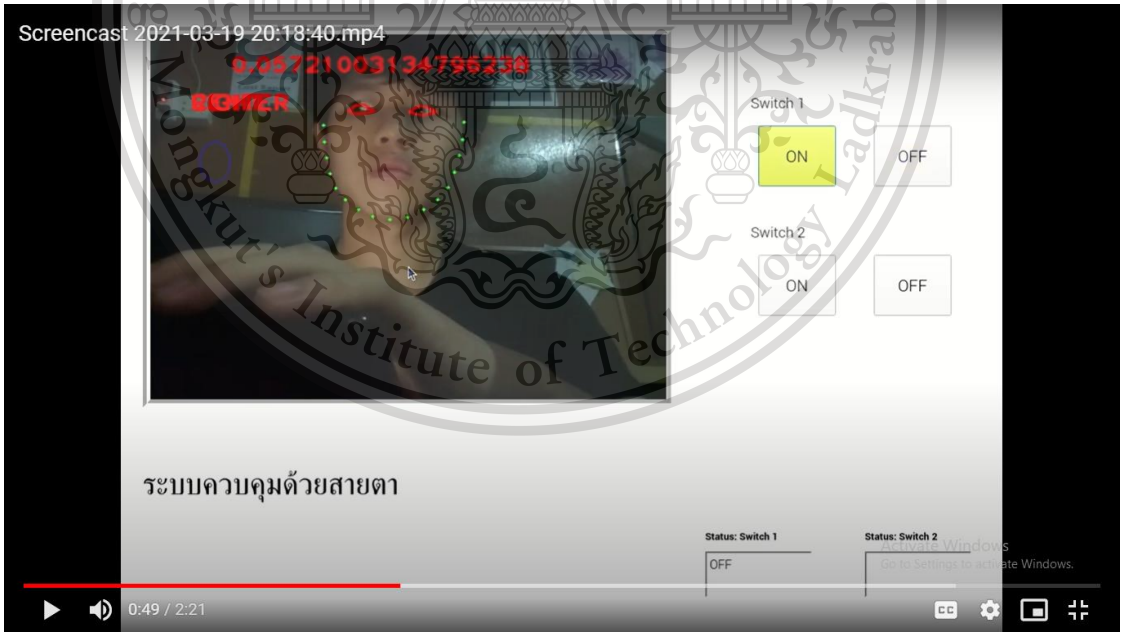


รูปที่ 4.22 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบน Rasspberry Pi 4 จาก Switch 1 ON เป็น Switch 1 OFF โดยเริ่มจับเวลาในวินาที่ 31 ที่ตำแหน่ง Switch 1 ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

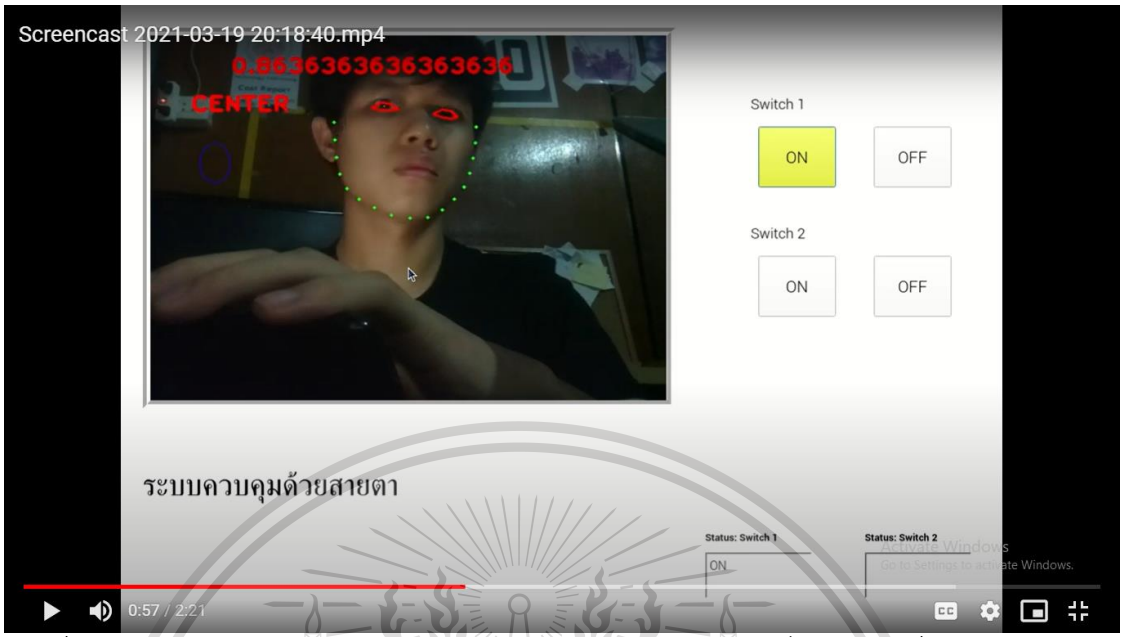


รูปที่ 4.23 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบน Rasspberry Pi 4 จาก Switch 1 ON เป็น Switch 1 OFF พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจากตำแหน่ง Switch 1 ON เป็นตำแหน่ง Switch 1 OFF ในวินาทีที่ 42 หรือใช้เวลา 11 วินาที

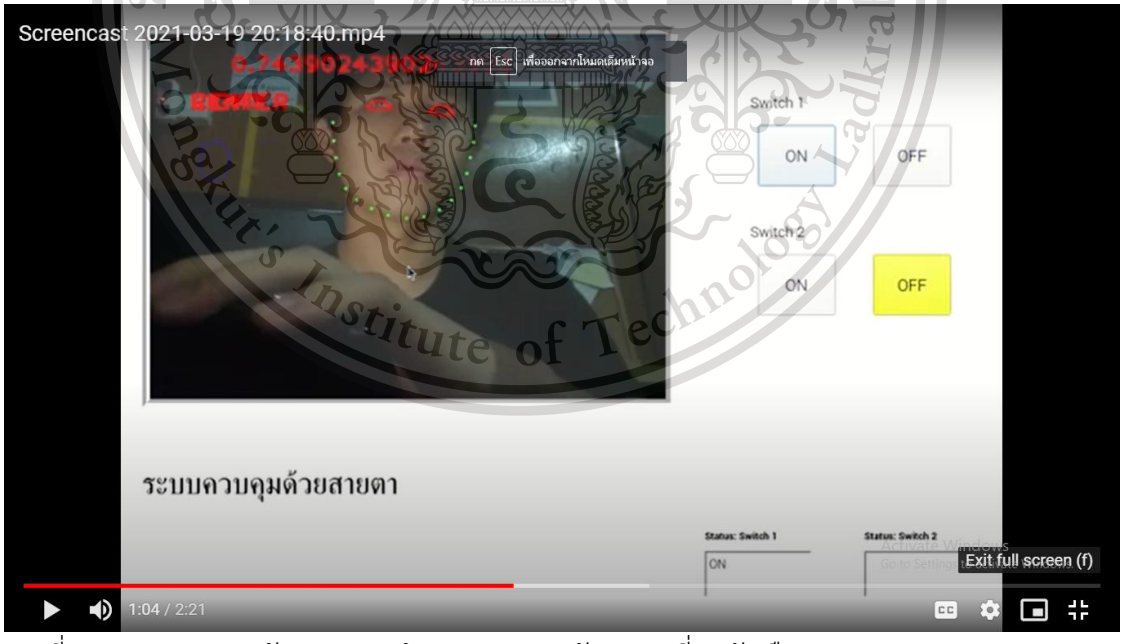


รูปที่ 4.24 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง Switch 1 OFF บน Rasspberry Pi 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ Switch 1 OFF ในวินาทีที่ 49 หรือใช้เวลา 7 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

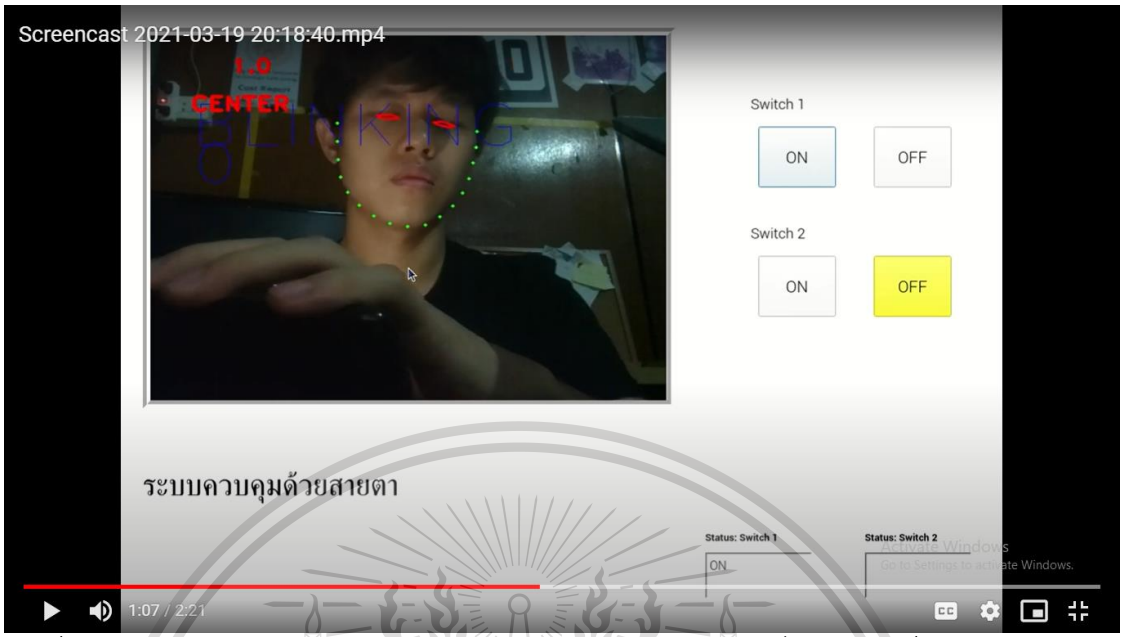


รูปที่ 4.25 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง Switch 1 ON บน Rasspberry Pi 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ Switch 1 ON ในวินาทีที่ 57 หรือใช้เวลา 8 วินาที

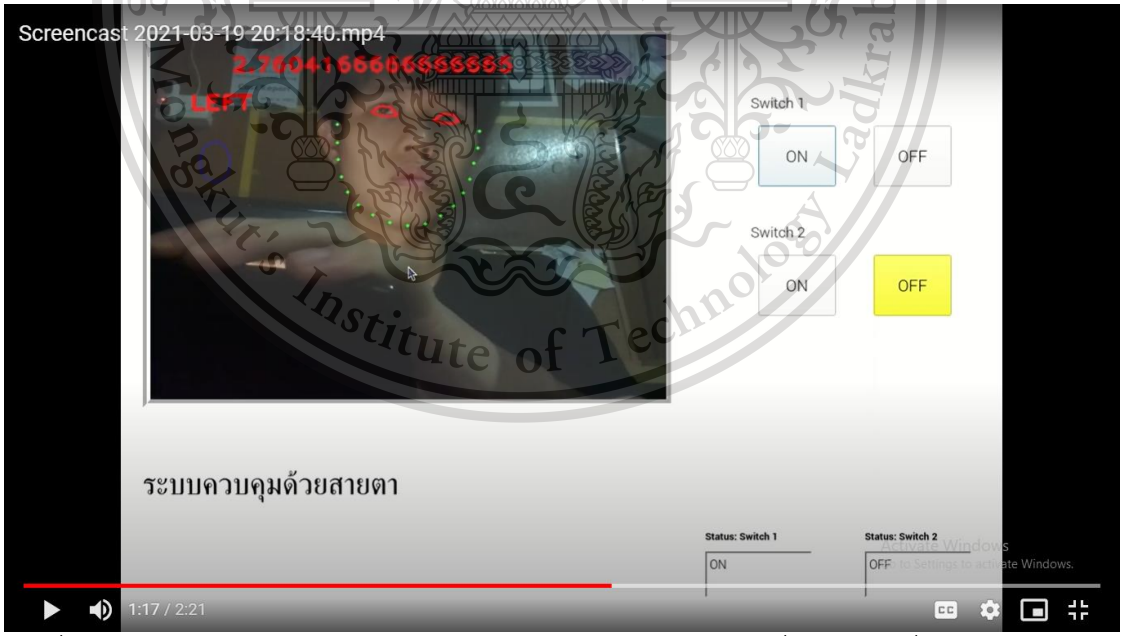


รูปที่ 4.26 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบน Rasspberry Pi 4 จาก Switch 1 ON เป็น Switch 2 OFF พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจากตำแหน่ง Switch 1 ON เป็นตำแหน่ง Switch 2 OFF ตอนเวลา 1:04 นาที หรือใช้เวลา 7 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

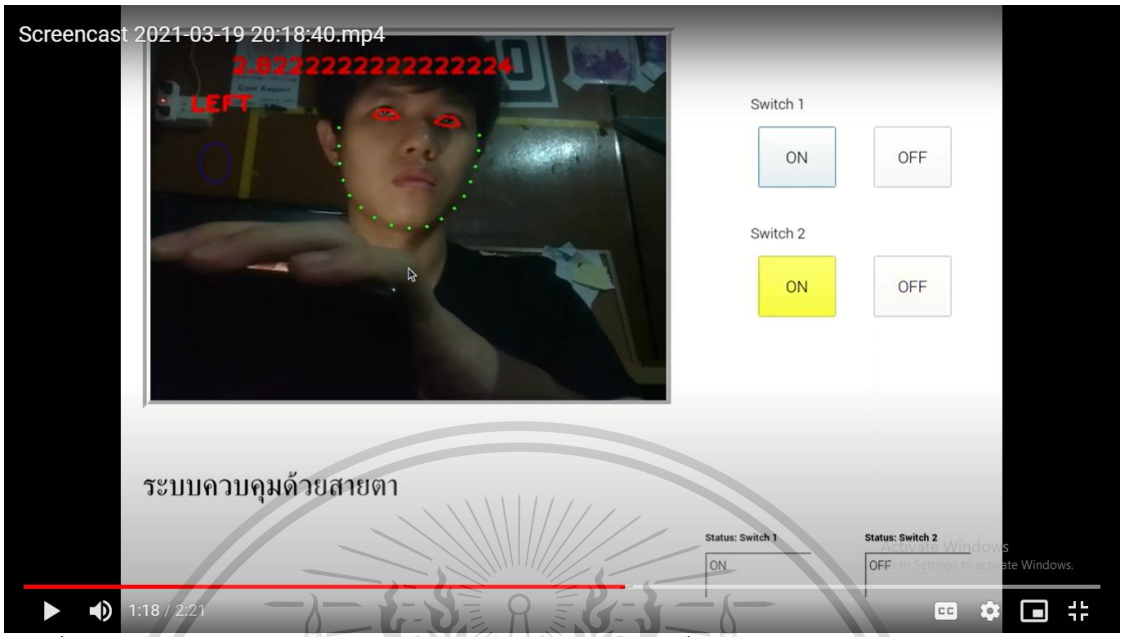


รูปที่ 4.27 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง Switch 2 OFF บน Rasspberry Pi 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ BLINKING ตอนเวลา 1:07 นาที หรือใช้เวลา 3 วินาที

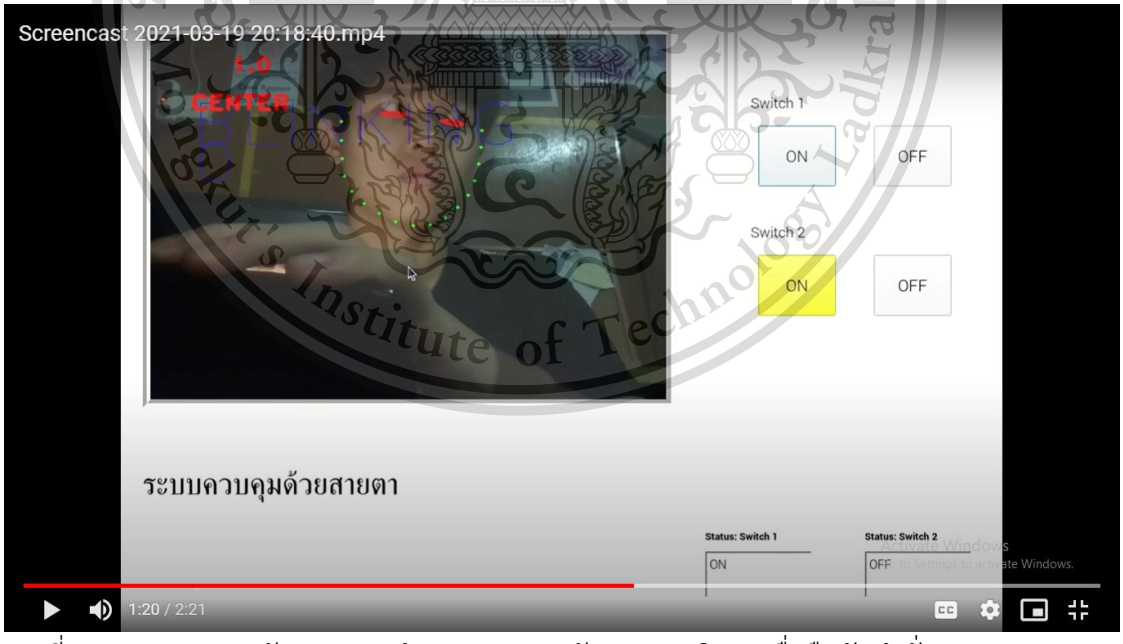


รูปที่ 4.28 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง Switch 2 OFF บน Rasspberry Pi 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ Switch 2 OFF ตอนเวลา 1:17 นาที หรือใช้เวลา 17 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

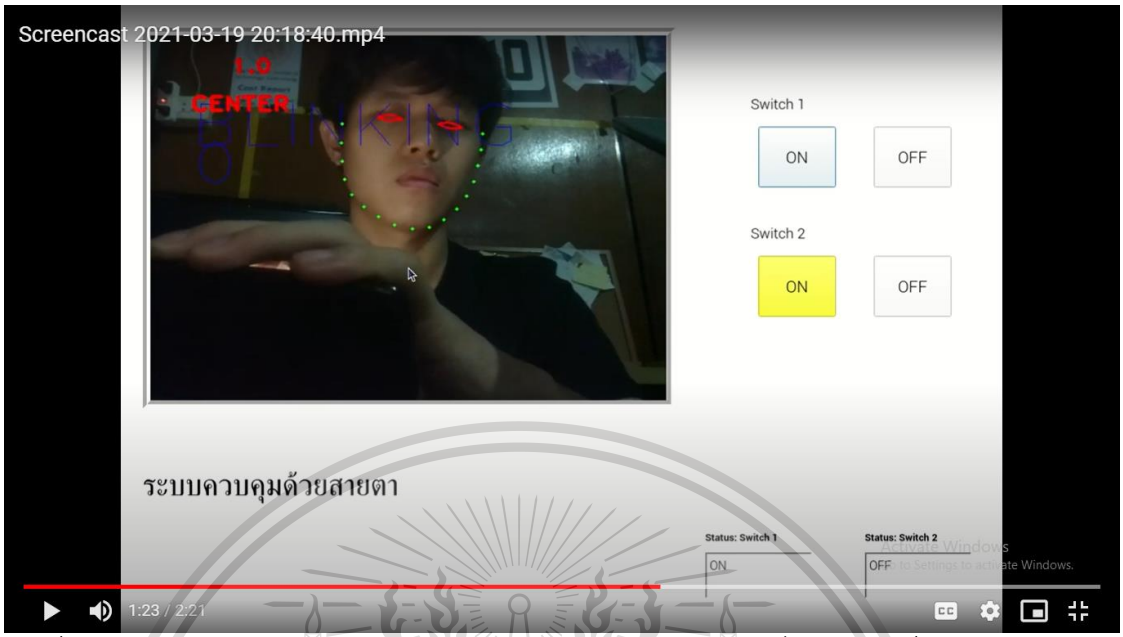


รูปที่ 4.29 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการเปลี่ยนตัวเลือกบน Rasspberry Pi 4 จาก Switch 2 OFF เป็น Switch 2 ON พบว่าโปรแกรมเปลี่ยนจากตำแหน่ง Switch 2 OFF เป็นตำแหน่ง Switch 2 ON ตอนเวลา 1:18 นาที หรือใช้เวลา 1 วินาที



รูปที่ 4.30 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง Switch 2 OFF บน Rasspberry Pi 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ BLINKING ครั้งแรกตอนเวลา 1:20 นาที หรือใช้เวลา 2 วินาที แต่สถานะของ Switch 2 ยังไม่เปลี่ยนเป็น ON

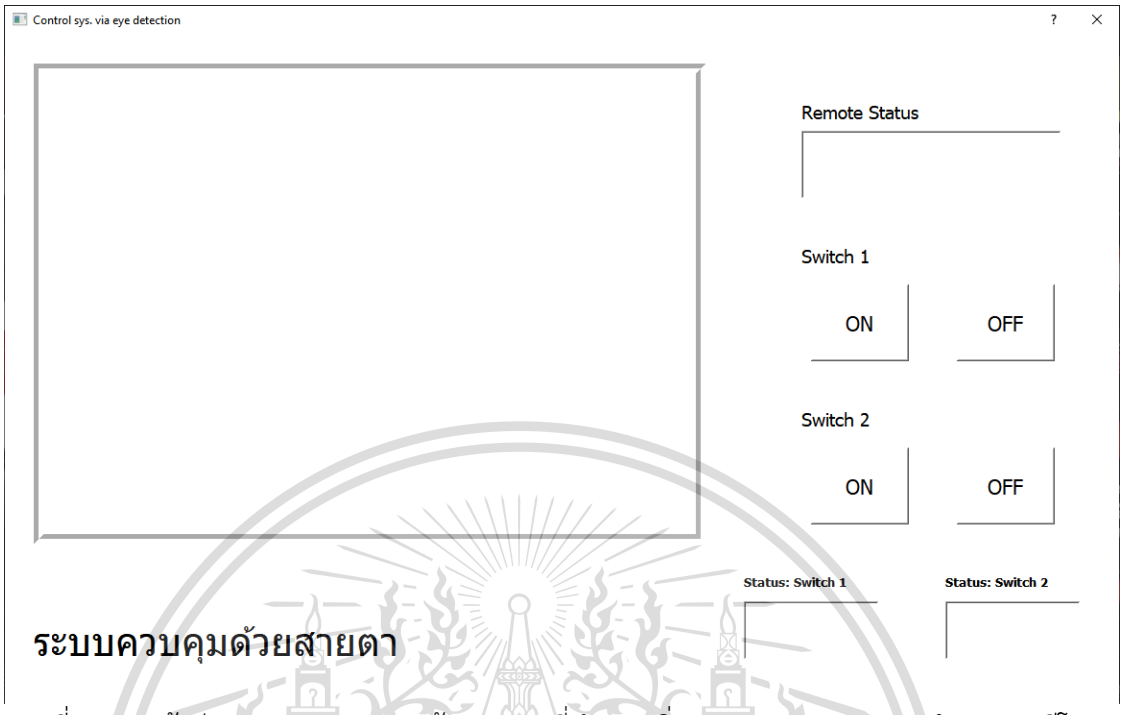
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



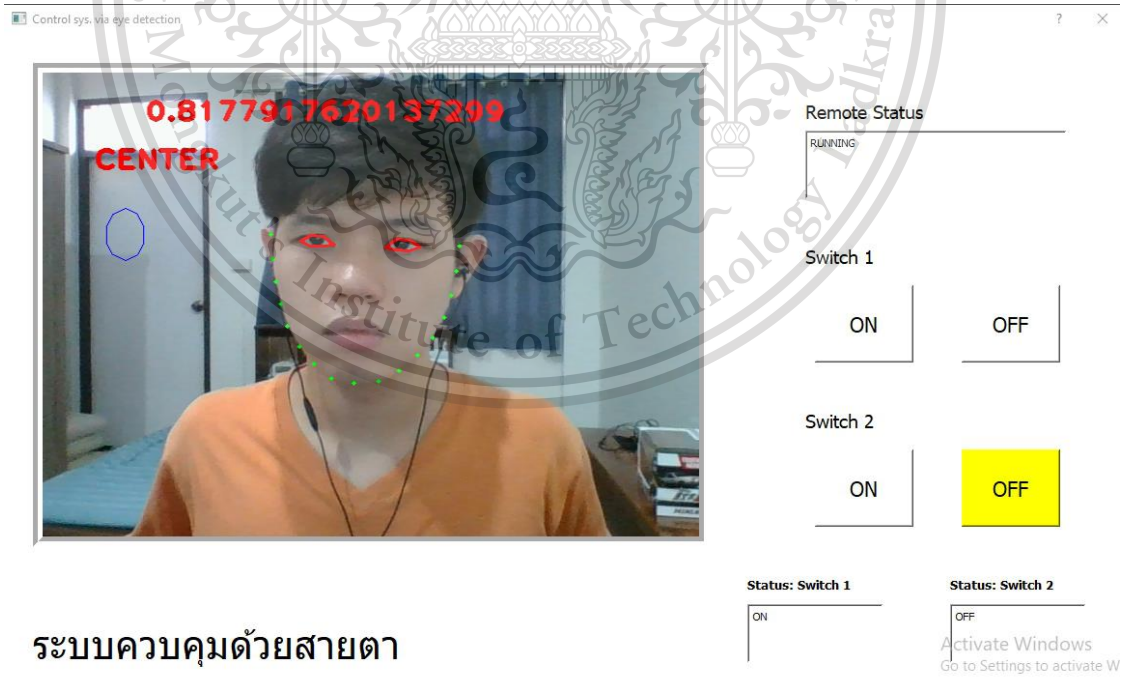
รูปที่ 4.31 การทดลองจับเวลาการทำงานการตรวจจับการกะพริบตาเพื่อยืนยันคำสั่ง Switch 2 OFF บน Rasspberry Pi 4 พบว่าโปรแกรมใช้เวลาในการแสดงสถานะ BLINKING อีกครั้งตอนเวลา 1:23 นาที หรือใช้เวลา 3 วินาที แต่สถานะของ Switch 2 ยังไม่เปลี่ยนเป็น ON

ในส่วนการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา มีการเพิ่มคำสั่งทำงาน และพักการทำงานของรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา และทำการแสดงผลผ่านแถบแสดงสถานะการทำงาน โดยมีสถานะ Running และ Stop เพื่อแสดงสะถานการทำงานของโปรแรม เมื่อโปรแกรมแสดงสถานะ Running รีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาจะอยู่ในสถานะพร้อมรับคำสั่งในการทำงาน แต่เมื่อโปรแกรมแสดงสถานะ Stop รีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาผู้ใช้งานจะไม่สามารถเลื่อนตำแหน่งของตัวเลือกการทำงานได้ การทำงานของทำการจับเวลาในการประมวลผลสามารถตรวจจับดวงตาและสามารถสั่งงานฟังก์ชั่นต่างๆ ได้ตามที่ต้องการดังที่แสดงในรูป 4.32 ถึง รูปที่ 4.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.32 หน้าต่างของระบบควบคุมด้วยสายตาที่ทำการเพิ่มแถบแสดงสถานะการทำงานของรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา



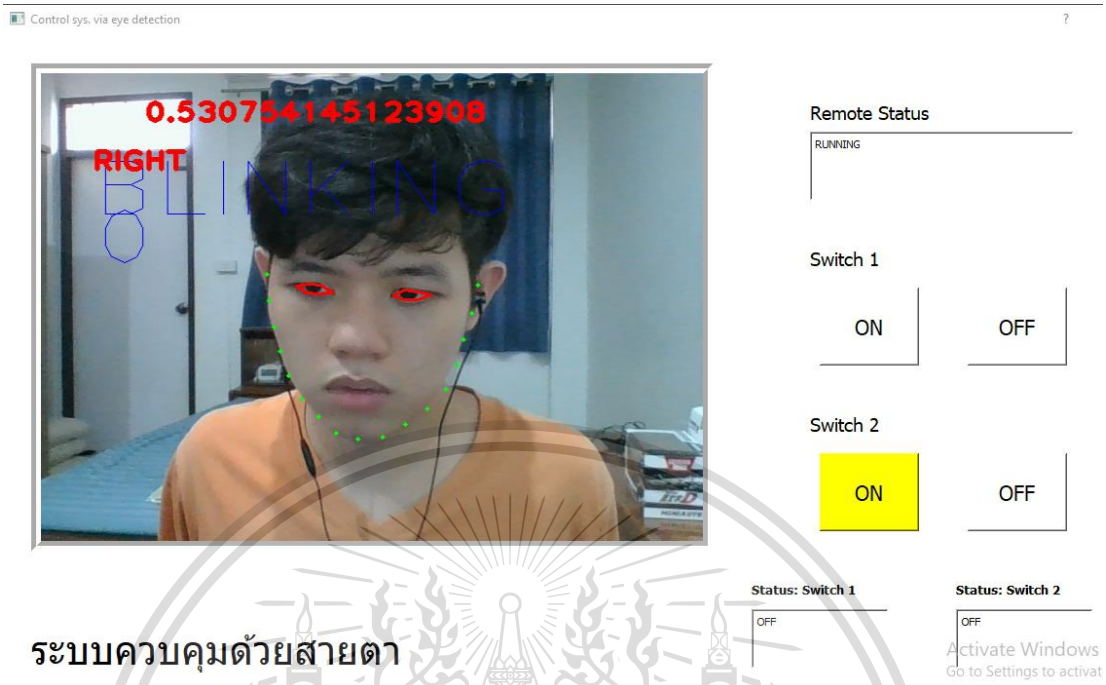
รูปที่ 4.33 หน้าต่างของโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่กำลังทำงาน โดยแถบแสดงสถานการณ์ทำงานของรีโมทคอนโทรลแสดงสถานะ RUNNING โดยเปิด SWITCH 1 และ ปิด SWITCH 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.34 หน้าต่างของโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่กำลังหยุดทำงาน โดยแถบแสดงสถานการณ์ทำงานของรีโมทคอนโทรลแสดงสถานะ STOP โดยเปิด SWITCH 1 และ ปิด SWITCH 2

รูปที่ 4.35 หน้าต่างของโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่กำลังหยุดทำงาน โดยแถบแสดงสถานการณ์ทำงานของรีโมทคอนโทรลแสดงสถานะ RUNNING โดยเปิด SWITCH 1 และ เปิด SWITCH 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



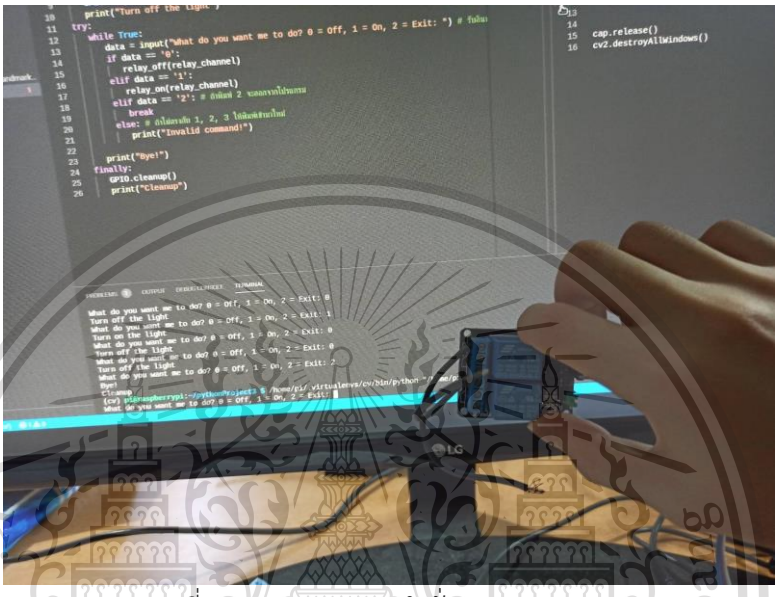
รูปที่ 4.36 หน้าต่างของโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่กำลังหยุดทำงาน โดยแถบแสดงสถานการณ์ทำงานของรีโมทคอนโทรลแสดงสถานะ RUNNING โดยปิด SWITCH 1 และ ปิด SWITCH 2

รูปที่ 4.37 หน้าต่างของโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาที่กำลังหยุดทำงาน โดยโปรแกรมพบว่าผู้ใช้งานกำลังกรอกตาไปทางขวา แต่ตำแหน่งควบคุมไม่เลื่อนไปทางขวา เนื่องจากโปรแกรมกำลังหยุดทำงาน

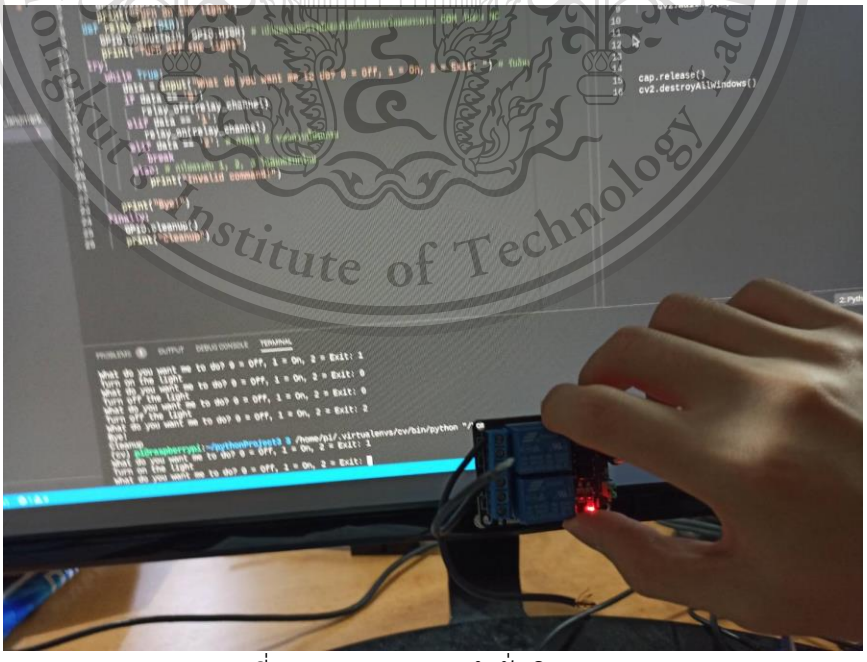
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 การทดสอบการสั่งงาน Relay Module

ในขั้นตอนแรกทำการทดสอบการสั่งงานต่างๆ ของโปรแกรมควบคุมการเปิด/ปิดของ Relay Module ในส่วนการเขียนโปรแกรมการสั่งงาน Relay ด้วย Raspberry Pi สามารถสั่งควบคุมให้ Relay เปิดปิดได้ตามความต้องการ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.38 ถึง 4.40

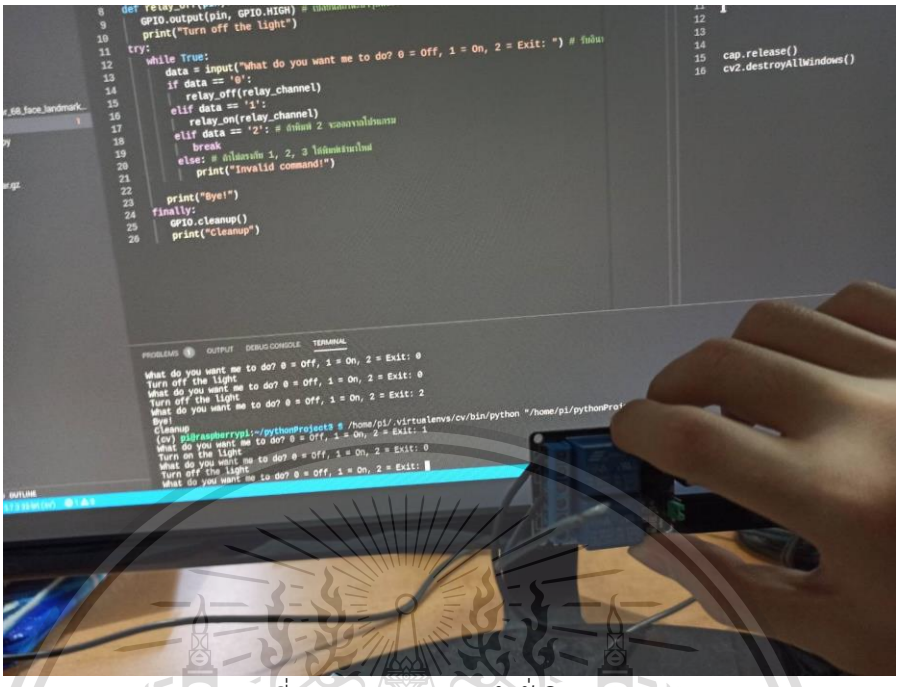


รูปที่ 4.38 การทดลองคำสั่งควบคุม Relay



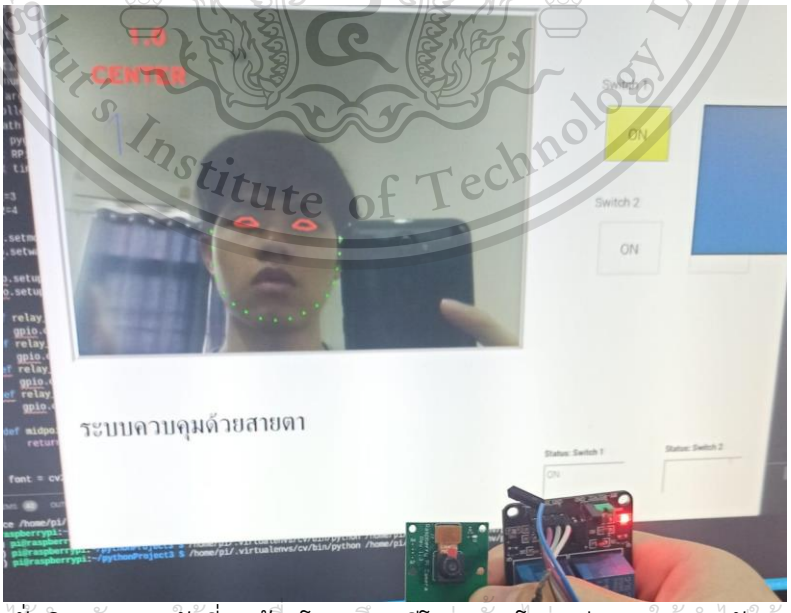
รูปที่ 4.39 การทดลองคำสั่งเปิด Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



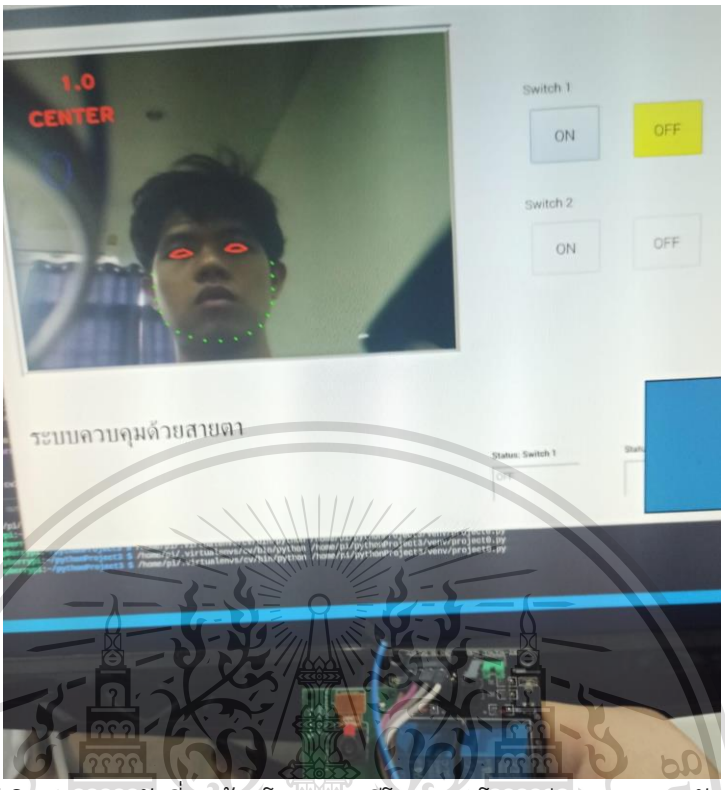
รูปที่ 4.40 การทดลองคำสั่งปิด Relay

ในขั้นตอนการทดสอบการสั่งงานต่างๆ ของโปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา เพื่อควบคุมการเปิด/ปิดของ Relay Module ในส่วนการสั่งงานรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา สามารถสั่งควบคุมให้ Relay เปิดปิดด้วยดวงตาได้ตามความต้องการ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.41 ถึง 4.43

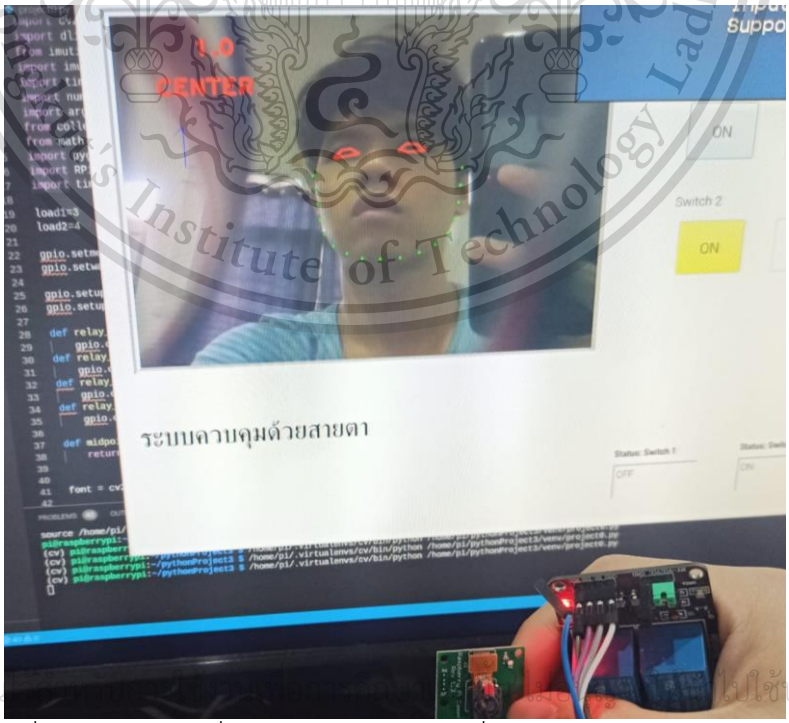


รูปที่ 4.41 การสั่งเปิด Relay ตัวที่ 1 ด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



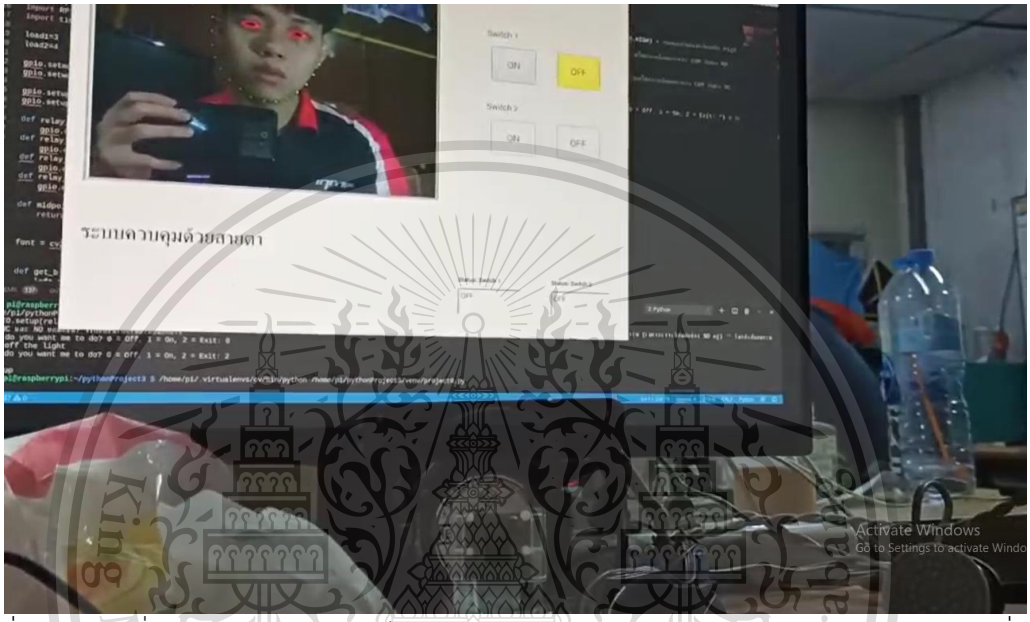
รูปที่ 4.42 การสั่งปิด Relay ตัวที่ 1 ด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา



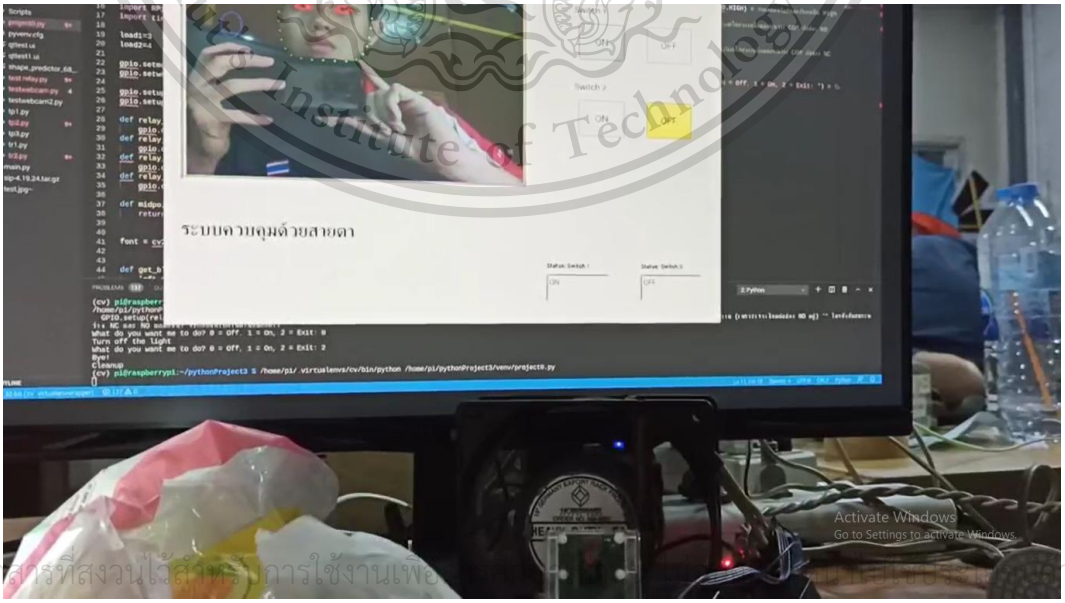
รูปที่ 4.43 การสั่งปิด Relay ตัวที่ 1 และเปิด Relay ตัวที่ 2 ด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในขั้นตอนการทดสอบการสั่งงานต่างๆ ของโปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา เพื่อควบคุมการเปิด/ปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ด้วย Relay Module โดย Relay ตัวที่ 1 ควบคุมการเปิด/ปิดของพัดลมและ Relay ตัวที่ 2 ควบคุมการเปิด/ปิดของโคมไฟ ในส่วนการสั่งงานรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา สามารถสั่งควบคุมให้ Relay เปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ด้วยดวงตาได้ตามความต้องการ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.44 ถึง 4.47

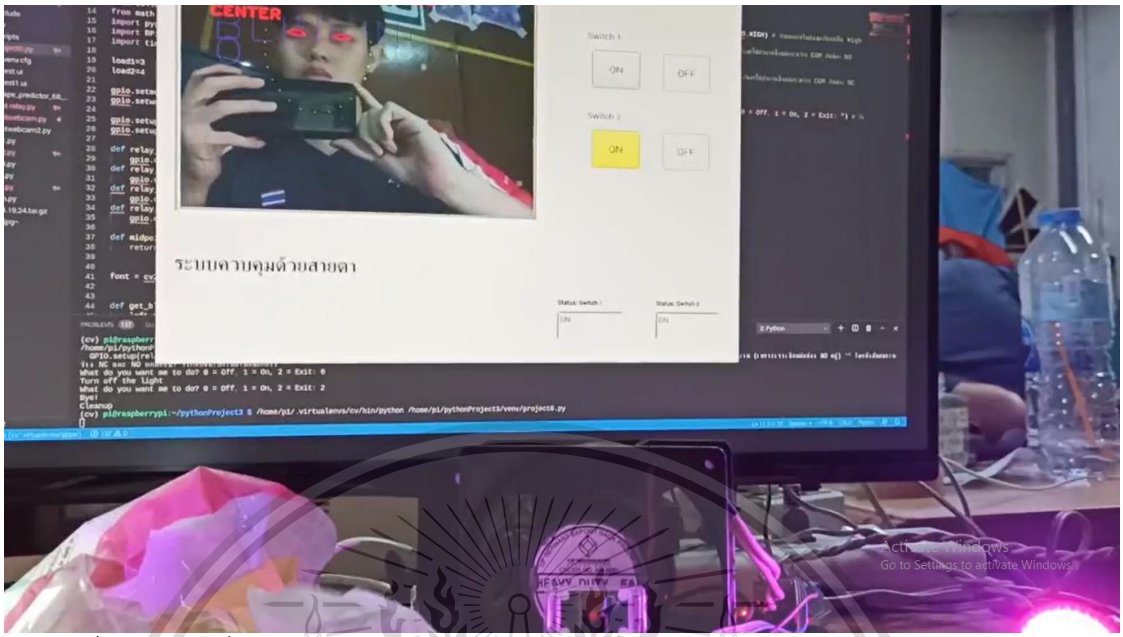


รูปที่ 4.44 การสั่งปิดพัดลมและปิดโคมไฟด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

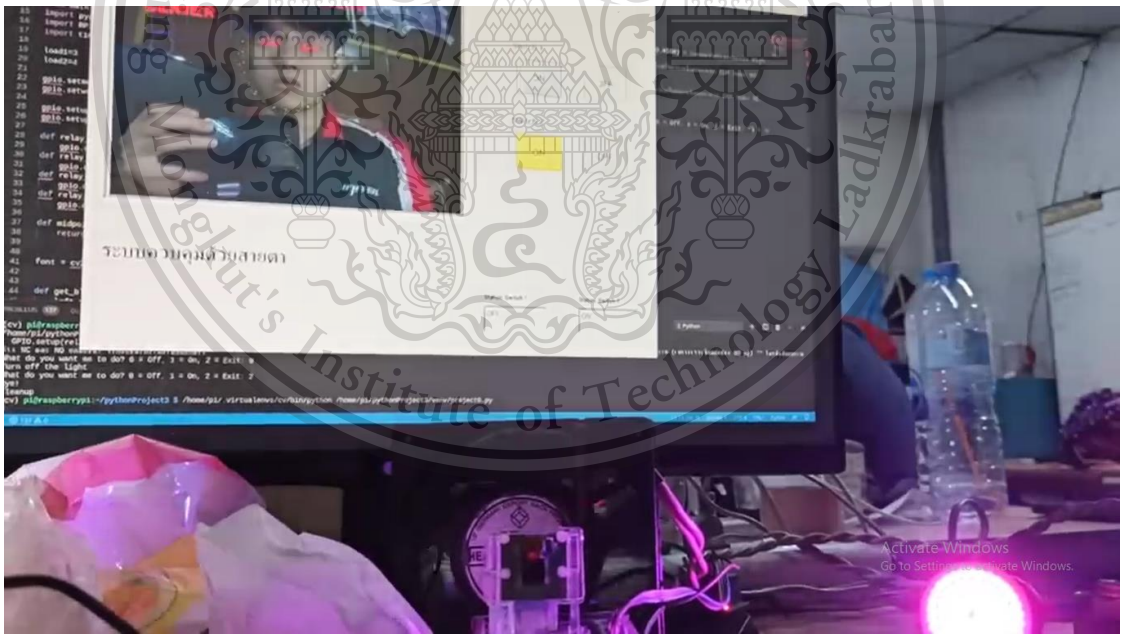


รูปที่ 4.45 การสั่งเปิดพัดลมและปิดโคมไฟด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.46 การสั่งเปิดพัดลมและเปิดโคมไฟด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา



รูปที่ 4.47 การสั่งปิดพัดลมและเปิดโคมไฟด้วยโปรแกรมรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงงานเรื่อง “รีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา” ได้ดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยได้ทำการศึกษาและประยุกต์ใช้ความรู้ทั้งจากภายในและภายนอกห้องเรียน ในการออกแบบและสร้างรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดให้สามารถประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่ของดวงตาควบคุมรีโมทคอนโทรลเพื่อสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ โดยไม่ต้องใช้มือควบคุมรีโมทคอนโทรลในชีวิตประจำวันได้ โดยใช้การโปรแกรมเพื่อสั่งงาน Raspberry Pi และ Camera Module ในการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา และตั้งค่าคำสั่งการควบคุมรีโมทคอนโทรลจากลักษณะการกะพริบตาแบบต่างๆ ใช้อุปกรณ์ Relay Module ในการส่งชุดข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อและต้องการสั่งงานด้วยรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

การทำการตรวจจับใบหน้าและดวงตาต้องใช้ Library ที่มีขนาดใหญ่ และความสามารถในการประมวลผลมาก ทำให้มีปัญหาต้องใช้เวลาในการประมวลผลมากเนื่องจากบอร์ด Raspberry Pi 4 มีความเร็วในการประมวลผลไม่มากพอ และกล้องของรีโมทคอนโทรลผ่านการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาต้องมีแสงสว่างมากเพียงพอเพื่อทำการตรวจจับที่ทางการเคลื่อนที่ของดวงตา หากมีแสงสว่างไม่เพียงพอจะทำให้โปรแกรมไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

[1] Md. Talal Bin Noman1 and Md. Atiqur Rahman Ahad. “Mobile-Based Eye-Blink Detection Performance Analysis on Android Platform.” https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fict.2018.00004/full

[2] Admin. “ระบบควบคุมการเปิด-ปิด RELAY ด้วย RASPBERRY PI ตอนที่ 2.” https://www.informalsoft.com/relay-raspberrypi2/

[3] Admin. “ระบบควบคุมการเปิด-ปิด RELAY ด้วย RASPBERRY PI ตอนที่ 3.” https://www.informalsoft.com/control-relay3/

[4] prakon. “การใช้งาน relay ร่วมกับ บอร์ด raspberry pi.” https://www.mindphp.com/forums/viewtopic.php?f=215&t=48878

[5] kampanart.c. “Raspberry Pi [Relay Control].” https://sysadmin.psu.ac.th/2018/03/30/raspberry-pi- 3-relay-control/

[6] Nuttakan Chuntra. “OpenCV คืออะไร ไลบรารีฟังค์ชันการเขียนโปรแกรมการแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์.” https://th.element14.com/raspberry-pi/raspberrypi3-modb-1gb/sbc-raspberry-pi-3-mod1gb-ram/dp/2525225

[7] โรบอทสยาม อุปกรณ์หุ่นยนต์เพื่อการศึกษา. “Raspberry Pi 4 Model B+.” https://www.robotsiam.com/product/141/raspberry-pi-3-model-b

[8] จำหน่ายอุปกรณ์ IoT Sensor และ บอร์ดต่างๆ. “USB Camera for Raspberry Pi.” http://www.iot.codemobiles.com/product/238/usb-camera-for-raspberry-pi

[9] Pysource. “Gaze controlled keyboard with Opencv and Python.” https://www.youtube.com/playlist?list=PL6Yc5OUgcoTlvHb5OfFLUJ90ofBuoU5g8

[10] ธนพล พุ่มลำเจียก. “การรู้จำอารมณ์ใบหน้าจากวีดีโอ โดยใช้ตัวกรองกาบอร์.” http://www.it.kmitl.ac.th/~sirion/senior_project/facial_expression/55070053.pdf

[11] Somchai. “การพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วย PyQt4 บน Raspberry Pi (Jessie) ตอนที่ 1.” http://raspberrypi-thailand.blogspot.com/2016/01/pyqt4-raspberry-pi-jessie-1.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

[12] wannaphong. “GUI ด้วย Qt ในภาษาไพทอน โค้ดเดียวใช้งานได้ทั้ง PyQt4, PyQt5 และ PySide.”
https://python3.wannaphong.com/2016/01/gui-qt-pyqt4-pyqt5-pyside.html

[13] นายพงศธร เนตรแสงศรี นายศิริพงค์ กอบัว นายศิวาเมษฐ์ เสริมทรัพย์ นายสุทธิพงษ์ นนตรี. “Drowsiness detection with OpenCV.”
http://ias.it.msu.ac.th/course/1201374-Image-processing/1-2562/Project-Document/Group-2-Drowsiness-detection.pdf

[14] Sergio Canu. “Eye Gaze detection 2 – Gaze controlled keyboard with Python and Opencv p.4.”
https://pysource.com/2019/01/17/eye-gaze-detection-2-gaze-controlled-keyboard-with-python-and-opencv-p-4/

[15] Adrian Rosebrock. “Facial landmarks with dlib, OpenCV, and Python.”
https://www.pyimagesearch.com/2017/04/03/facial-landmarks-dlib-opencv-python/

[16] Raspberry Pi. “Raspberry Pi 4 Tech Specs.”
https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/

[17] Simon Hessner. “Facial Landmark Detection and Shape Modeling using Neural Networks.”
https://www.clics-network.org/downloads/masters_thesis_simon_hessner.pdf

[18] Muhammad Qasim Khan and Sukhan Lee. “Gaze and Eye Tracking: Techniques and Applications in ADAS.”
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6960643/#B29-sensors-19-05540

[19] “ภาพไบนารี่.”
http://eresearch.siam.edu/wpcontent/uploads/2013/12/09_%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97_2.pdf

[19] “การประมวลผลภาพ.”
http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/50910453/chapter2.pdf

[20] “รู้ไหมทำไมคนเราต้องกระพริบตา.”
https://www.nationtv.tv/main/content/378733474

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.