การพัฒนาระบบตรวจจับท่าทางผู้ใช้งาน เพื่อควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติ และปริมาณแสงสว่างภายในพื้นที่ปิดของอาคารสาธารณะ

โดย

นางสาวอริสา ตรีวิศวเวทย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การพัฒนาระบบตรวจจับท่าทางผู้ใช้งาน เพื่อควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติ และปริมาณแสงสว่างภายในพื้นที่ปิดของอาคารสาธารณะ

โดย

นางสาวอริสา ตรีวิศวเวทย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศา
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

AUTOMATIC SUNSCREEN AND LIGHT LEVEL CONTROL BASE ON HUMAN POSTURE IN ENCLOSED SPACE OF PUBLIC BUILDING

BY

MISS ARISA TRIVISVAVET

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE

ARCHITECTURE

FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวอริสา ตรีวิศวเวทย์

เรื่อง

การพัฒนาระบบตรวจจับพฤติกรรมผู้ใช้งาน เพื่อควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติ
และปริมาณแสงสว่างภายในพื้นที่ปิดของอาคารสาธารณะ

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฑีฆพันธุ์ เจริญพงษ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(อาจารย์ ดร. ชาวี บุษยรัตน์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทิพย์สุดา จันทร์แจ่มหล้า)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบตรวจจับท่าทางผู้ใช้งาน เพื่อควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติ และปริมาณแสงสว่างภายในพื้นที่ปิดของอาคารสาธารณะ
ชื่อผู้เขียน	นางสาว อริสา ตรีวิศวเวทย์
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	อาจารย์ ดร. ชาวี บุษยรัตน์
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันระบบเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตในปัจจุบันมากขึ้น รวมไปถึงระบบจัดการสารสนเทศภายในอาคาร หรือการสื่อสารตอบสนองจากสภาพแวดล้อม โดยระบบจะแฝงตัวอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ และเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันโดยที่ผู้ใช้ไม่รู้สึกตัว รวมไปถึงระบบอาคารอัตโนมัติ (BAS) ซึ่งเป็นการจัดการสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้มีความเหมาะสมต่อผู้ใช้อาคาร โดยมีการนำมาใช้ในการจัดการผิวอาคาร และช่องแสง เพื่อปรับเปลี่ยนปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ตัวอาคาร โดยมีทั้งการตอบสนองต่อปริมาณแสงนอกอาคาร และการตอบสนองต่อพฤติกรรมผู้ใช้พื้นที่ ทำให้อาคารมีความยืดหยุ่นสามารถเปลี่ยนแปลงตอบสนองต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อสร้างระบบต้นแบบในการพัฒนาระบบปรับช่องแสงอัตโนมัติสำหรับรองรับการใช้งานภายในอาคารสาธารณะ โดยใช้หลักการของการประมวลผลจากภาพวีดีโอ (Image Processing) ซึ่งสามารถรองรับกลุ่มผู้ใช้งานได้มากกว่า 1 คนในเวลาเดียวกัน โดยแบ่งการตรวจจับท่าทางออกเป็นสองลักษณะได้แก่ ท่าทางการยืน และการนั่ง โดยระบบจะเป็นการตอบสนองทันทีเพื่อให้ปริมาณแสงมีความสัมพันธ์ต่อท่าทางที่เกิดขึ้น ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาปรับปรุงปริมาณแสงภายในพื้นที่ที่มีปริมาณผู้ใช้งานที่มีความหลากหลายในการใช้งาน โดยการนำเอาเทคโนโลยีในปัจจุบันมาใช้ประมวลผลภาพ และควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติ เพื่อใช้จัดการปริมาณแสงสว่างที่มีความต้องการที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ย่อย และสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อกิจกรรมที่เกิดขึ้น

โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในเชิงการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการใช้เทคโนโลยีเพื่อออกแบบระบบสำหรับตรวจจับโดยการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักได้แก่ การสร้างระบบตรวจจับ

วัตถุ การแสดงผลของแผงกันแดดอัตโนมัติ และการสร้างระบบตรวจจับสำหรับพื้นที่ที่มีผู้ใช้งานหลากหลาย โดยจะแบ่งการทดสอบออกเป็นการทดสอบย่อยในแต่ละกรณีเพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ รวมไปถึงการนำเสนอข้อจำกัดการทำงาน และแนวทางในการพัฒนาระบบต่อไป

ผลจากการทดลองประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพบว่า ปัจจัยสำคัญในการทดสอบระบบตรวจจับ ได้แก่ ระยะห่างระหว่างกล้องบันทึกภาพและวัตถุ ความแตกต่างระหว่างวัตถุและภาพพื้นหลัง ความสว่างที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการทำงานของแผงกันแดดอัตโนมัติ ซึ่งผลของการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาระบบอาคารอัตโนมัติ สำหรับรองรับกลุ่มผู้ใช้ที่มีความหลากหลาย และสามารถรองรับการใช้งานผู้ใช้จำนวนมากในช่วงเวลาเดียวกัน

คำสำคัญ: ระบบตรวจจับวัตถุ, แผงกันแดดอัตโนมัติ, ผู้ใช้หลากหลาย, ประมวลผลภาพ, อาคารสาธารณะ

Thesis Title	AUTOMATIC SUNSCREEN AND LIGHT LEVEL CONTROL BASE ON HUMAN POSTURE IN ENCLOSED SPACE OF PUBLIC BUILDING
Author	Miss Arisa Trivisvavet
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Chawee Busayarat,Ph.D.
Academic Years	2015

ABSTRACT

Nowadays technology have an important role in our daily life increasingly, many of technology are combine with the building and our everyday life. Building Automation System (BAS) is the system which manage and adjust indoor environment to be appropriate with the building user, the system result will increase flexible of the building remodel response usability.

This research aim to develop a prototype of automatic adjustable sunscreen panels system for using in public buildings. multiple users are able to be detected and recognized at the same time by image processing. Two types of human gesture are the main input in this system, standing and sitting. The amount of daylight will be adjusted corresponding in real-time with user motion. The objective of this research aims to develop a better light intensity in the public area. The using current technology and for controlling the light intensity. various need for the light intensity can be managed and control to achieve the most suitable environment for activity in each individual group.

In this research, We conducted the research by establish experiment, First the researcher studied about image processing for plan and design object tracking system. The research can be divide into 3 part which is object tracking system, Automation sun screen, and object tracking system for multiuser. The each case of research will split

into sub- experiment for the efficacy of measurement operation system along with the function limited in system and guidelines for further system development.

The experiment result of object tracking system is show out the important factor which make the object tracking system detect object is the distance between the camera and the object, image threshold between the object and background, brightness changes during the operation of automatic sunscreen, the result of this research can be used as a develop Building Automation system guideline for support variety use with a large number of user in the same time.

Keywords: Object tracking, Automatic sunscreen, Multiuser, Image processing, Public buildings

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ดร.ชาวี บุษยารัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาแนวทางในการดำเนินงานวิจัย รวมไปถึงแนวทางในการแก้ปัญหา และอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการดำเนินงาน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ฑีฆพันธุ์ เจริญพงษ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ และคอยให้ความรู้ เกี่ยวกับเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ทิพย์สุดา จันทร์แจ่มหล้า กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำขั้นตอนวิธีการทดลองต่าง ๆ การเก็บข้อมูล และการสรุปผลการทดลอง ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดาที่ให้การสนับสนุนด้วยดีเสมอมาทั้งในด้านสถานที่ และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในงานสถาปัตยกรรมต่อไป

นางสาว อริสา ตรีวิศวเวทย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 สมมติฐานงานวิจัย	3
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ของผลการวิจัย	4
1.7 นิยามศัพท์	5
บทที่ 2 ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	6
2.2 ภาษาและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง	16
2.3 โครงการที่เกี่ยวข้องกับระบบแผงกันแดดอัตโนมัติ	19
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	26
3.1. รูปแบบงานวิจัย	26
3.2. ขั้นตอนดำเนินการวิจัย	26
3.3 พื้นที่ในการทดลอง	26

3.4 ขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจจับความเคลื่อนไหว 30
3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา 33
3.6 รูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติ 36
3.7 ขั้นตอนการทดลอง 39
3.8 การสรุป และประเมินผลการทดลอง 42

บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล 43

4.1. การพัฒนาระบบ 43
4.2 ผลการทดสอบด้วยแบบจำลอง 47
4.3 ผลการทดสอบด้วยสถานที่ทดสอบ 54
4.4 ผลการทดสอบแบบผู้ใช้หลายคน 69

บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการพัฒนา 81

5.1 สรุปผลการทดสอบ 81
5.2 ข้อจำกัด และแนวทางการพัฒนา 87
5.3 ข้อเสนอแนะ 89

รายการอ้างอิง 90

ประวัติผู้เขียน 93

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางเกณฑ์ค่าความส่องสว่างตามกฎกระทรวง	10
2.2 ตารางเกณฑค่าความส่องสว่างตามมาตรฐาน IES	11
2.3 ตารางเปรียบเทียบอัลกอริทึมของระบบ Motion Detection	16
4.1 ตารางลักษณะ และการแสดงผลของระบบ	44
4.2 ตารางสรุปผลการทดลองด้วยแบบจำลอง	48
4.3 ตารางสรุปค่าความส่องสว่างในแต่ละช่วงเวลา	55
4.4 ผลการทดสอบระบบตรวจจับด้วยสถานที่จริง	57
4.5 ตารางผลการทดสอบการแสดงผลของแผงกันแดด	62
4.6 ตารางสถานะการทำงาน และค่าที่ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์	69
4.7 ตารางผลการทดสอบระบบตรวจจับสำหรับผู้ใช้หลายคน	71
4.8 ตารางผลการทดสอบการแสดงผลของแผงกันแดด	80

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวความคิดในการวิจัยส่วนที่1	4
2.1 อุปกรณ์บังแดดประเภทต่าง ๆ	7
2.2 แผนผังโคจรของดวงอาทิตย์ละติจูดที่14 องศาเหนือ	9
2.3 ผังแสดงการทำงานของระบบ Background Subtraction	13
2.4 กล้อง CCTV	16
2.5 กล้อง Kinect	17
2.6 Processing	18
2.7 Visual Studio	18
2.8 Open CV	18
2.9 ตัวอย่างรูปแบบการสร้างช่องเปิดของ Kiefer Technic Showroom	19
2.10 ลักษณะ และผิวอาคาร Pola Ginza	20
2.11 ลักษณะ และผิวอาคาร Council House2	21
2.12 ลักษณะ และผิวอาคาร RMIT Design HUB	22
2.13 ต้นแบบระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติ	23
2.14 NVR: Nas Synology	24
2.15 Synology NAS Surveillance Station & Mobile app DS Cam	25
3.1 ห้องที่ใช้ในการทดลอง	27
3.2 ผังห้องที่ใช้ในการทดลอง	28
3.3 รูปตัด A ห้องที่ใช้ในการทดลอง	29
3.4 รูปตัด B ห้องที่ใช้ในการทดลอง	29
3.5 ผังแสดงโครงสร้างการทำงานของระบบตรวจจับพฤติกรรม	30
3.6 ผังแสดงโครงสร้างการทำงานของแผงกันแดดอัตโนมัติ	31
3.7 ผังแสดงโครงสร้างการทำงานรวมของระบบ	32
3.8 Logitech HD Web Camera C310	33
3.9 Processing Software	33
3.10 Arduino Software	34
3.11 Arduino Microcontroller Board	34
3.12 เซอร์โวมอเตอร์	35

3.13 ลักซ์เซ็นเซอร์ 35
3.14 ชุดบานเกล็ดสำเร็จรูป และลักษณะการขยับของบานเกล็ด 37
3.15 แบบจำลองบานเกล็ดปรับแสงอัตโนมัติ และลักษณะการเคลื่อนไหวของบานเกล็ด 37
3.16 การทำงานร่วมกันของระบบแผงกันแดดอัตโนมัติ 2 ชุด 38
3.17 การติดตั้ง และระยะห่างของอุปกรณ์การทดลอง 39
3.18 การติดตั้ง และระยะห่างของอุปกรณ์การทดลอง 40
3.19 แบบจำลอง และการติดตั้งอุปกรณ์ 41
4.1 ผังการเชื่อมต่อของระบบ 43
4.2 ระบบตรวจจับวัตถุขณะทำงาน 44
4.3 การทำงานของระบบ 45
4.4 วิธีการต่อวงจร Arduino Microcontroller Board 46
4.5 ภาพระบบขณะทำงาน 47
4.6 การรายงานค่าที่ตรวจจับได้ของระบบ 48
4.7 การทดลองครั้งที่ 1 49
4.8 การทดลองครั้งที่ 2 50
4.9 การทดลองครั้งที่ 3 51
4.10 การทดลองครั้งที่ 4 52
4.11 การทดลองครั้งที่ 5 53
4.12 ผังห้องทดลอง และจุดสำหรับวัดแสง 54
4.13 บริเวณห้องที่ใช้ในการทดลอง 57
4.14 การทดลองสถานที่จริงด้วยท่าทางยืนโดยไม่ใช้แผงกันแดด 58
4.15 การทดลองสถานที่จริงด้วยท่าทางยืนโดยใช้แผงกันแดด 59
4.16 การทดลองสถานที่จริงด้วยท่าทางนั่งโดยไม่ใช้แผงกันแดดห้อง 60
4.17 การทดลองสถานที่จริงด้วยท่าทางนั่งโดยใช้แผงกันแดด 61
4.18 การเปลี่ยนจากสถานะไม่มีวัตถุไปสู่สถานะนั่ง 63
4.19 การเปลี่ยนจากสถานะยืนไปสู่สถานะไม่มีวัตถุ 64
4.20 การเปลี่ยนจากสถานะไม่มีวัตถุไปสู่สถานะนั่ง 64
4.21 การเปลี่ยนจากสถานะยืนไปสู่สถานะนั่ง 66
4.22 การเปลี่ยนจากสถานะนั่งไปสู่สถานะยืน 67
4.23 การรายงานค่าที่ตรวจจับได้ของระบบผู้ใช้หลากหลาย 68
4.24 การทดสอบสถานะที่ 1 (ยืน - ไม่มีวัตถุ) 70

4.25 การทดสอบสถานะที่ 2 (ยืน - ยืน) 72
4.26 การทดสอบสถานะที่ 3 (ยืน - นั่ง) 74
4.27 การทดสอบสถานะที่ 4 (นั่ง – ไม่มีวัตถุ) 75
4.28 การทดสอบสถานะที่ 5 (นั่ง – ยืน) 76
4.29 การทดสอบสถานะที่ 6 (นั่ง – นั่ง) 77
4.30 การทดสอบสถานะที่ 7 (ไม่มีวัตถุ – ยืน) 78
4.31 การทดสอบสถานะที่ 8 (ไม่มีวัตถุ – นั่ง) 79
5.1 การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมด้วยแบบจำลอง 82
5.2 การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมด้วยสถานที่จริง 83
5.3 การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมด้วยสถานที่จริง 84
5.4 การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมสำหรับผู้ใช้หลากหลาย 85
5.5 การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมสำหรับผู้ใช้หลากหลาย 86

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

แสงสว่าง นับเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการมองเห็น อันเป็นกลไกของระบบประสาทสัมผัสหนึ่งที่ทำให้มนุษย์รับรู้และประมวลผล โดยเป็นการสื่อสารทางภาพ และยังสามารถนำมาใช้ในรูปแบบอื่น ๆ เช่น การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักร อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ จึงนับว่าแสงสว่างเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่ทำให้เกิดกิจกรรมการดำเนินการ การปฏิบัติงานต่าง ๆ เป็นได้ด้วยดี (สำนักงานความปลอดภัยแรงงาน, 2557)

แสงสว่างในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทคือแสงสว่างที่เป็น “แสงธรรมชาติ” และ “แสงประดิษฐ์” โดยแสงสว่างนั้นมีความสำคัญต่อการมองเห็น และกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตเป็นอย่างยิ่ง หากมีแสงสว่างที่น้อยเกินไป ก็จะก่อให้เกิดผลเสียต่อดวงตา รวมถึงความสามารถในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ลดลง ในทางตรงกันข้ามหากมีแสงสว่างที่มากเกินไปก็จะทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลงเช่นกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการทำกิจกรรมต่าง ๆ นั่นมีความต้องการในการใช้แสงสว่างที่ต่างกันออกไป โดยในปัจจุบันได้มีข้อกำหนดในกฎกระทรวง และราชกิจจานุเบกษา เพื่อเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย โดยทั้งนี้แสงธรรมชาตินั้นย่อมมีการเปลี่ยนไปตามสภาพอากาศ และช่วงเวลา ทำให้มีโอกาสที่จะได้รับปริมาณแสงที่มาก หรือน้อยกว่าความต้องการจนเกิดเป็นอุปสรรคต่อการทำกิจกรรมบางประเภท ซึ่งปริมาณแสงธรรมชาติในอาคารจะถูกควบคุมโดยการออกแบบช่องเปิดอาคาร แต่ปริมาณแสงที่เหมาะสมต่อการทำกิจกรรม และปริมาณแสงในแต่ละช่วงเวลานั้นมีความแตกต่างกันอาคารส่วนใหญ่จึงมีการติดตั้งม่านบังแดดเพื่อกันแสงธรรมชาติออกไปจากอาคาร และใช้แสงประดิษฐ์ทดแทนปริมาณแสงที่ขาดไปเนื่องจาก ทำให้เกิดการเพิกเฉยต่อการนำเอาแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ ซึ่งเป็นการเพิ่มภาระการใช้พลังงาน ค่าใช้จ่ายของตัวอาคาร

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการจัดการเก็บ และการดึงเอาข้อมูลมาใช้งานจึงนำไปสู่ เทคโนโลยียูบิควิตัส (Ubiquitous technology) หรือคอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่ง ซึ่งเป็นการสื่อสารตอบสนองจากสภาพแวดล้อม โดยจะแฝงตัวอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจจับชนิดต่าง ๆ และเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันมนุษย์โดยที่ผู้ใช้ไม่รู้สึกตัว ซึ่งนำไปสู่ระบบ Building Automation หรือ Interactive Architecture ซึ่งเป็นการตอบสนองของสถาปัตยกรรม กับพฤติกรรมที่ซับซ้อนของมนุษย์ ทำให้สถาปัตยกรรมมีความยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงตอบสนองต่อการใช้งานพื้นที่และเพิ่มความสะดวกสบาย และความปลอดภัยในชีวิตประจำวันมากขึ้น

Home Automation หรือ Smart Home คือ ส่วนหนึ่งของระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ โดยการทำงานเน้นในเชิงของบ้านพักที่อยู่อาศัยหรือเรียกว่า บ้านอัจฉริยะ เช่น การควบคุมแสง อุณหภูมิ ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยการตอบสนองของระบบสามารถตอบสนองได้จากการควบคุมผ่านรีโมทต่าง ๆ และการตอบสนองอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ตรวจจับ ซึ่งการควบคุมระบบแสงและความร้อนในปัจจุบันจะควบคุมผ่านทางอุปกรณ์ตรวจจับแสงอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน และอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหว โดยไม่ได้อ้างอิงถึงกิจกรรมของผู้ใช้งานที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ว่ามีความต้องการปริมาณแสงมากน้อยเพียงใด

จึงเกิดความต้องการในพัฒนาระบบ “การตรวจจับท่าทางภายในอาคารสาธารณะ” มาใช้ในการควบคุมช่องแสงอาคารเพื่อตอบสนองต่อพฤติกรรมของผู้ใช้งานภายในอาคาร เพื่อส่งเสริมการจัดการแสงสว่างพื้นที่ภายใน โดยเลือกใช้กระบวนการ Object Tracking ในการพัฒนา เนื่องจากระบบจำเป็นต้องมีความสามารถในการตรวจจับจำนวนผู้ใช้งานได้มากกว่า 1 คนขึ้นไปในอุปกรณ์ชุดเดียว มีความสามารถในการแยกแยะพฤติกรรมได้เนื่องจากเป็นการประมวลผลจากภาพ โดยการนำเอาระบบ Object Tracking มาใช้ในการแยกแยะพฤติกรรมของผู้ใช้งานภายในอาคารนั้นส่วนใหญ่จะใช้ในการตรวจจับวัตถุที่สามารถเคลื่อนไหว เช่น คนหรือวัตถุที่มีลักษณะตรงตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ใน ซึ่งในปัจจุบันการพัฒนาระบบ Object Tracking นั้นมีทั้งการพัฒนาการตรวจจับในแนวลึกของมิติ ความแม่นยำในการทำงาน การทำงานเป็นเครือข่ายของกล้องมากกว่า 1 ตัว หรือการนำไปพัฒนาควบคู่ไปกับระบบอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิ์ภาพของการทำงานให้สามารถแสดงผลได้ตามเวลาจริง นอกจากนี้ยังกระบวนการ Object Tracking ยังเป็นระบบที่รบกวนความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้งานอาคารน้อยกว่า เมื่อเทียบกับระบบอื่น ๆ

งานวิจัยนี้จัดทำเพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงแสงภายในอาคารให้มีความเพียงพอความเหมาะสมต่อการใช้งานที่เกิดขึ้นในขณะนั้น โดยผู้วิจัยมุ่งหวังให้งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการพัฒนาระบบแสงภายในอาคาร ที่นำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการตรวจจับพฤติกรรมของผู้ใช้งานพื้นที่ และตอบสนองโดยการจัดการแสงสว่างได้แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยระดับแสงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการทำกิจกรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบในการควบคุมแสงสว่างภายในพื้นที่ปิดล้อมในอาคารสาธารณะ โดยผ่านชุดโปรแกรม และอุปกรณ์ตรวจจับพฤติกรรมของผู้ใช้งานพื้นที่ที่พัฒนาขึ้น

1.2.2 เพื่อศึกษาประเมินประสิทธิภาพ และความถูกต้องแม่นยำของระบบที่พัฒนา

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

1.3.1 ระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถนำมาใช้ตรวจจับพฤติกรรมการใช้งานพื้นที่ได้อย่างถูกต้อง

1.3.2 ระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถควบคุมช่องเปิด ปริมาณแสง สอดคล้องกับพฤติกรรมตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 ระบบที่พัฒนา หรือจัดทำขึ้นนั้นใช้เพื่อเป็นต้นแบบในการตรวจจับพฤติกรรมภายในอาคาร สำหรับพื้นที่ที่มีการใช้งานมากกว่า 1 คนขึ้นไปในเวลาเดียวกัน

1.4.2 การศึกษา และพัฒนาอุปกรณ์จะพัฒนาบนโปรแกรม Processing ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพเคลื่อนไหว และพัฒนาส่วนของโปรแกรม Arduino สำหรับส่วนของการควบคุมช่องเปิด และวัดปริมาณแสง

1.4.3 ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับผู้งานสูงสุดได้ครั้งละ 10 คน โดยกำหนดให้สามารถตรวจจับได้ 3 สถานะได้ แก่ สถานะไม่มีผู้ใช้งาน สถานะยืน และสถานะนั่ง

1.4.4 การวิจัยนี้จัดทำภายในสภาพแวดล้อมภายในอาคาร และเป็นพื้นที่ที่ได้รับรังสีสะท้อนจากพระอาทิตย์ โดยการทดลองจะอยู่ในช่วงเวลา 10.00 – 16.00 น.

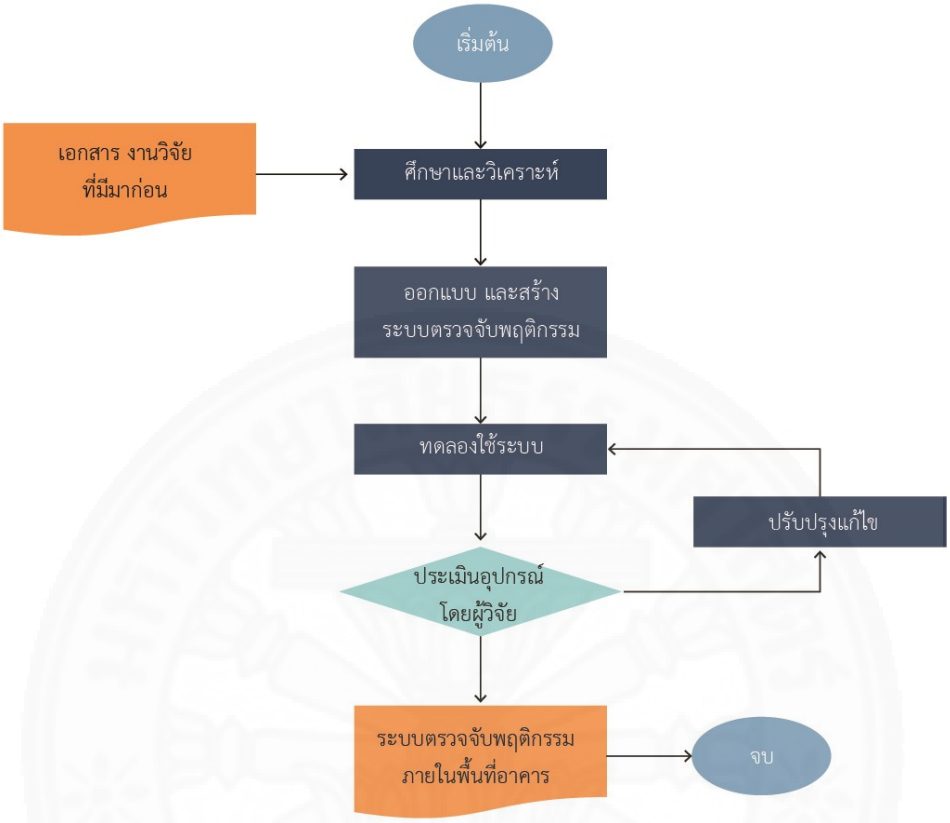
1.4.5 การวิจัยนี้ได้จัดทำขึ้นในช่วงเวลาระหว่าง วันที่ 17 สิงหาคม 2558 ถึง 30 มิถุนายน 2559 ซึ่งแบ่งการทำการวิจัยออกเป็นสามส่วนได้แก่

1.4.5.1 ส่วนของการพัฒนาชุดโปรแกรม

1.4.5.2 ส่วนของการพัฒนาระบบช่องเปิดอัตโนมัติ

1.4.5.3 ส่วนการพัฒนาระบบแบบที่มีผู้ใช้งานหลากหลาย

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัยส่วนที่แรก

1.6 ประโยชน์ของผลการวิจัย

1.6.1 อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปเป็นแนวทางในการจัดการออกแบบแสงธรรมชาติภายในอาคาร และสามารถนำข้อมูลเชิงสถิติด้านพฤติกรรมไปใช้อ้างอิงช่วยเหลือในการออกแบบพื้นที่ให้มีความเหมาะสม และประสิทธิภาพสูงสุด

1.6.2 อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น สามารถช่วยให้ผู้ใช้อาคารได้รับปริมาณแสงที่เหมาะสม และสามารถจัดการปริมาณแสงในพื้นย่อยได้อย่างหลากหลายภายในช่วงเวลา ภายในพื้นที่รวมเดียวกัน

1.7 นิยามศัพท์

1.7.1 ระบบประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การประมวลผล หรือคิดคำนวณสัญญาณบนสัญญาณ 2 มิติด้วยคอมพิวเตอร์ เช่น ภาพถ่าย ภาพวีดีทัศน์

1.7.2 แผงกันแดดอัตโนมัติ หมายถึง แบบจำลองเพื่อเปิด หรือปิด ที่ติดตั้งลงบนหน้าต่างภายในสถานที่ทดลอง

1.7.3 พื้นที่ปิด หมายถึง พื้นที่ที่อยู่ภายในอาคารที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายใน มีแผ่นผนังและหลังคาสมบูรณ์สามารถติดตั้งระบบติดตามไว้ภายในพื้นที่ได้

1.7.4 Background Subtraction หมายถึง วิธีการหนึ่งในการตรวจจับค่าความเคลื่อนไหวโดยวิเคราะห์จากค่าเม็ดสีระหว่างเฟรมภาพปัจจุบันและเฟรมภาพถัดไป เพื่อค้นหาตำแหน่งที่มีค่าเม็ดสีเปลี่ยนไป

1.7.5 Object Tracking ระบบการตรวจจับตำแหน่ง และการเคลื่อนไหวของวัตถุ

1.7.6 Station หมายถึง ระบบแผงกันแดดอัตโนมัติ 1 ชุด

บทที่ 2
ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

ระบบการตรวจจับภายในอาคาร เป็นระบบที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลการใช้งานภายในพื้นที่โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากกล้องบันทึกภาพผ่านโปรแกรม Processing เพื่อทำการบันทึก และสั่งการ โดยงานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นไปที่การสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของมนุษย์ และม่านบังแดดเพื่อควบคุมปริมาณแสงธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ได้ในแต่ละช่วงเวลาหรือเรียกว่าสถาปัตยกรรมตอบโต้ เพื่อให้เกิดความสอดคล้องระหว่างสภาพแวดล้อมของแสงและกิจกรรมที่กระทำอยู่ในช่วงเวลาขณะนั้น ๆโดยผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้า ศึกษางานวิจัย และทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแบ่งเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1.1 ทฤษฎีทางสถาปัตยกรรม

2.1.1.1 สถาปัตยกรรมตอบโต้ (Interactive Architecture)

Philip (2002) ได้กล่าวว่าสถาปัตยกรรมตอบโต้ คือสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวของกับอาคารที่ผสมผสานระหว่างเครื่องมือ การประมวลผล และการตอบสนอง และฝังตัวเข้าเป็นส่วนสำคัญหนึ่งของการใช้งาน หรือการสร้างอาคารอัตโนมัติ โดยมีรูปแบบการทำงานร่วมกันระหว่างการสร้างปฏิสัมพันธ์ และการตอบสนอง ซึ่งอาจบอกได้ว่าเป็นการสื่อสารกันอย่างตรงไปตรงมาระหว่างคนและสภาพแวดล้อม

ในขณะที่ Michael and Miles (2010) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมตอบโต้ว่าเป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นไปสู่การสร้างความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ และวัตถุ ที่สามารถแสดงถึงการจัดการระหว่างระบบ และการใช้งานของมนุษย์ โดยการแสดงออกทางกายภาพที่มีความซับซ้อนเกิดขึ้นได้จากระบบการคำนวณที่ฝังตัวอยู่ กับเครื่องเชิงกายภาพ

2.1.1.2 องค์ประกอบที่ส่งผลกระทบต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคาร

หมายถึง องค์ประกอบอื่นนอกเหนือไปจากการออกแบบช่องเปิด และรูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคาร โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

(1) ขนาดของพื้นที่

โดยลักษณะโดยทั่วไปบริเวณที่อยู่ใกล้ช่องเปิดจะมีความสว่างมาก และจะลดลงตามระยะทางของพื้นที่ที่ถอยห่างจากช่องเปิดโดยพื้นที่ภายในห้องสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ พื้นที่ส่วนนอก พื้นที่ส่วนกลาง และพื้นที่ส่วนใน โดยพื้นที่ส่วนนอกจะเป็นพื้นที่ที่มีความสว่างมากที่สุด และพื้นที่ส่วนในจะเป็นพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างน้อยที่สุดซึ่งระยะในการนำแสงธรรมชาติเข้า

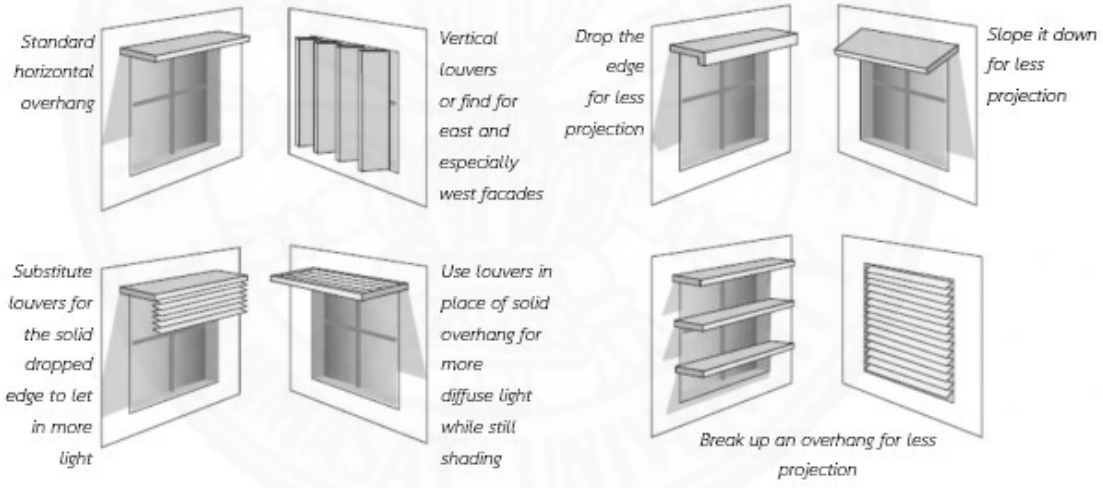
สู่งตัวอาคารจะอยู่ที่ประมาณ 1.5 เท่า ของความสูงของช่องเปิดโดยวัดจากขอบบนสุดช่องเปิดจนถึงพื้นห้อง

(2) ระนาบของฝ้าเพดาน

จะทำหน้าที่สะท้อนแสงหนึ่งเพื่อช่วยในการนำแสงเข้าสู่ตัวอาคาร โดยจะขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ที่แสงสามารถกระทบได้ โดยการสะท้อนแสงที่สะท้อนออกมาจะขึ้นอยู่กับทิศทางของแสงที่ตกกระทบกับฝ้า นอกจากนี้การเลือกใช้สีก็เป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลต่อการสะท้อนโดยการเลือกสีอ่อนแสงปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจะมาก แต่ในทางกลับกันหากเลือกใช้สีเข้มปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาก็จะน้อย ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการสะท้อนแสงภายใน

(3) อุปกรณ์สะท้อนแสง และอุปกรณ์บังแดด

คือองค์ประกอบที่สำคัญในการเพิ่ม หรือลดแสงที่ผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร เพื่อควบคุมปริมาณแสงให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ การออกแบบองค์ประกอบผนังอาคาร และอุปกรณ์ติดตั้งภายหลัง เช่น ม่าน หรือ มู่ลี่ เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 อุปกรณ์บังแดด ประเภทต่าง ๆ. *สืบค้นจาก Autodesk, Shading for Solar Heat Gain, 2015*

โดยทั้งนี้การออกแบบทั้งในส่วนของ อาคารและองค์ประกอบอื่น ๆ ย่อมต้องคำนึงถึงความสบายในการมอง โดยการออกแบบจะต้องทำให้แสงมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่ และมีระดับแสงที่เหมาะสมต่อการใช้งาน รวมไปถึงการออกแบบร่วมกับแสงประดิษฐ์เพื่อลดความต่างของระดับแสง (อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ, พรรณจิรา ทิศาวิภาต, 2554, น.49 - 70)

2.1.2 Home Automation

หรือ Smart Home หมายถึง การรวมโครงข่ายการสื่อสารของที่อยู่อาศัย เพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า และสิ่งอำนวยความสะดวก รวมไปถึงความสามารถในการเข้าถึงควบคุม(Housing Learning & Improvement Network,2003) โดยระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในบ้าน สามารถแบ่งเป็น การควบคุมระบบโดยผู้อยู่อาศัย(User control) และการควบคุมอัตโนมัติ(Rule-base control) ที่มาจากการตรวจจับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายในบ้านซึ่ง Smart Home จะต้องประกอบไปด้วย 3 ปัจจัยหลักได้แก่

2.1.2.1 Internal Network คือ โครงข่ายภายในบ้านสำหรับเชื่อมต่อระบบต่าง ๆ เข้าด้วยกันโดยระบบ Radio frequency(RF) และ Infrared(IR) เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน แต่มีปัญหา จากการรบกวนสัญญาณ และระยะทางในการส่ง

2.1.2.2 Intelligent Control คือ เครื่องมือที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบควบคุมการทำงานของระบบ และอุปกรณ์ต่าง ๆ

2.1.2.3 Home Automation คือ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และสิ่งอำนวยความสะดวกที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบได้

โดยในปัจจุบันการพัฒนาของ Smart Home เป็นการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้อยู่อาศัยโดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ เพื่อความสะดวกสบาย เพื่อความปลอดภัย เพื่อประหยัดพลังงาน และเพื่อดูแลสุขภาพของผู้อาศัยภายในบ้าน

2.1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

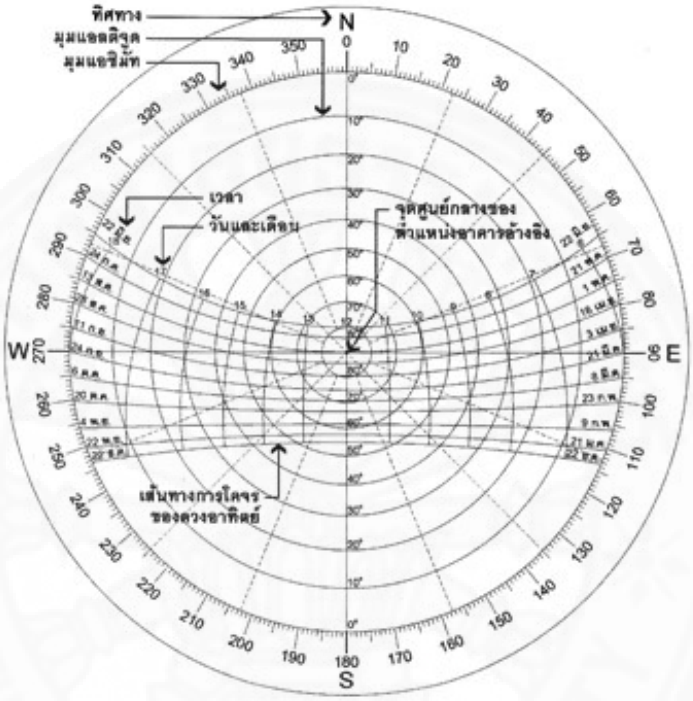
การนำแสงธรรมชาติมาใช้หมายถึง การนำ การส่งผ่าน และการกระจายแสงธรรมชาติไปยังพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ภายในพื้นที่ที่ใช้งาน ทั้งภายใน และภายนอกอาคาร ซึ่งการนำเอาแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในตัวอาคารนั้นนอกจากจะเป็นการนำเอาพลังงานได้เปล่าจากธรรมชาติมาใช้แล้วยังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานจากหลอดไฟประดิษฐ์ภายในอาคารในเวลากลางวัน นอกจากนี้ยังสามารถช่วยสร้างสภาพแวดล้อม เพิ่มคุณภาพชีวิต ทำให้เกิดความรู้สึกตื่นตัว และยังสามารถใช้ในการบำบัดรักษาบางชนิดได้อีกด้วย แต่หากมีการออกแบบ และใช้งานไม่ถูกต้องซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียได้เช่นกัน โดยแหล่งกำเนิดแสงจากดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น

(1) รังสีโดยตรงจากพระอาทิตย์ คือแสงที่ส่องมาจากพระอาทิตย์โดยตรง ซึ่งจะมีความร้อน และความสว่างมากไม่ควรนำเอาเข้ามาใช้ในอาคารโดยตรง

(2) รังสีกระจาย คือแสงที่ผ่านการกรองด้วยวัตถุโปร่งแสง เช่น เมฆ หรือไอน้ำทำให้มีปริมาณแสงและความร้อนลดลง มีความเหมาะต่อการนำเข้ามาใช้งานในอาคาร

(3) รังสีสะท้อน คือแสงที่เกิดจากกระตกกระทบบนวัตถุก่อนจะสะท้อนไปยังวัตถุอื่น ๆ มีความเหมาะต่อการนำมาใช้งานในอาคาร

แต่ทั้งนี้รังสีกระจาย และรังสีสะท้อนยังมีโอกาสที่จะมีความส่องสว่างสูงเกินกว่าการนำมาใช้งานได้โดยทันที บางครั้งอาจจำเป็นต้องลดค่าความสว่างลงก่อน เช่น การเลือกลักษณะพื้นผิวรวมไปถึงค่าสะท้อนของพื้นผิวด้วย นอกจากนี้ยังมีแผนผังโคจรของดวงอาทิตย์ หรือ Sun Chart ซึ่งเป็นแผนผังสำหรับใช้ในการอ้างอิง และวิเคราะห์แสดงทิศทาง ตำแหน่ง วัน และเวลา การโคจรของพระอาทิตย์ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละละติจูด โดยสำหรับกรุงเทพต้องใช้แผนผังการโคจรละติจูดที่ 14 องศาเหนือ



ภาพที่ 2.2 แผนผังโคจรของดวงอาทิตย์ละติจูดที่14 องศาเหนือ. จากการออกแบบเปลือกอาคาร 2 โดย สุมาวลี จินดาพล, ,2012

ความส่องสว่าง คือ ปริมาณแสงจากแหล่งกำเนิดที่ตกกระทบลงบนวัตถุ หรือระนาบมีหน่วยเป็นลักซ์ หรือลูเมนต่อตารางเมตร โดยระดับความส่องสว่างจะต้องอยู่ในระดับที่อยู่ในเกณฑ์ ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามพื้นที่แต่ละประเภท และการใช้งานภายในพื้นที่นั้น ๆ โดยในปัจจุบันประเทศไทยมีการกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับค่าความส่องสว่างในกฎกระทรวง ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537)

ซึ่งนอกเหนือจากกฎกระทรวงแล้ว ค่ามาตรฐานความส่องสว่างยังมีการกำหนดขึ้นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ทั้งในประเทศ และต่างประเทศดังนี้

CIE : The International Commission on Illumination ของประเทศฝรั่งเศส

IESNA : Illumination Engineering Society of North America ของประเทศสหรัฐอเมริกา

CIBSE : The Chartered Institute of Building Service Engineering ของ สหราชอาณาจักร

TIEA : Illuminating Engineering Association of Thailand ของประเทศไทย

ตารางที่ 2.1

เกณฑ์ค่าความส่องสว่างตามกฎกระทรวง

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	หน่วยความเข้มของแสงสว่าง ลักซ์ LUX
1	ที่จอดรถ	50
2	ช่องทางเดินภายในอาคารอยู่อาศัยรวม	100
3	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารอยู่อาศัยรวม	100
4	ห้องน้ำ ห้องส้วมของโรงงาน โรงเรียนโรงแรมสำนักงาน หรืออาคารอยู่อาศัยรวม	100
5	โรงมหรสพ (บริเวณที่นั่งสำหรับคนดูขณะไม่มีการแสดง)	100
6	ช่องทางเดินภายในโรงงาน โรงเรียน โรงแรม สำนักงาน หรือสถานพยาบาล	200
7	สถานีขนส่งมวลชน (บริเวณที่พักผู้โดยสาร)	200
8	โรงงาน	200
9	ห้างสรรพสินค้า	200
10	ตลาด	200
11	ห้องน้ำ ห้องส้วมของโรงมหรสพ สถานพยาบาล สถานีขนส่งมวลชน ห้างสรรพสินค้า หรือตาด	200
12	ห้องสมุด ห้องเรียน	300
13	ห้องประชุม	300
14	บริเวณที่ทำงานในสำนักงาน	300

*หมายเหตุ.*จากกฎกระทรวง ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537)ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร 2522

ตารางที่ 2.2

เกณฑ์ค่าความส่องสว่างตามมาตรฐาน IES

Aplications and Task*	Recommended Maintained Illuminance Target (Lux)					
	Horizontal (Eh)			Vertical(Ev)		
	Visual Age of Observers (years) where at least half are			Visual Age of Observers (years) where at least half are		
	< 25	25 - 65	> 65	< 25	25 - 65	> 65
Reading and writhing						
Printing						
Color						
Analog	250	500	1000	50	100	200
Digital	150	300	600	37.5	75	150
Grayscale or B+W Print						
Analog	150	300	600	37.5	75	150
Digital	100	200	400	25	50	100
Handwritten Work						
Ballpoint/Rollerpoint/Felt-tip						
Black	150	300	600	37.5	75	150
Red,Green,Blue	200	400	800	37.5	75	150
Transition Space						
Circulation Corridors						
Breakout Passageway	50	100	200	15	30	60
Independent Passageway	25	50	100	15	30	60

หมายเหตุ. จาก Illuminating Engineering Society, 2011

2.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างคนกับสภาพแวดล้อม

ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมกายภาพต่อพฤติกรรม คือปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของมนุษย์ทั้งในแง่ของการส่งเสริมพฤติกรรม และขัดขวางพฤติกรรม รวมไปถึงความสามารถในการส่งผลไปยัง ความรู้สึก และการเรียนรู้จดจำสภาพแวดล้อมนั้น ๆ โดยแบ่งปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมเชิงกายภาพได้ 3 ประเภทได้แก่

2.1.4.1 โอกาสของสภาพแวดล้อมกายภาพ(Physical Opportunities) สภาพแวดล้อมส่งเสริมหรือขัดขวางการเกิดพฤติกรรมนั้น ๆ หรือไม่ เช่น การอ่านหนังสือ ในห้องที่มีแสงสว่างมากเพียงพอ ตำแหน่งขององค์ประกอบสภาพแวดล้อมกายภาพ(Locational Factors) ความสัมพันธ์กันของสภาพแวดล้อมในเรื่องของที่ว่าง ระยะห่าง และทิศทาง เช่น การใช้งานพื้นที่อาคารในแต่ละชั้น

พฤติกรรมการใช้งานทางขึ้นลงอาคารย่อมแตกต่างกัน ไปตามจุดหมายที่ตั้งไว้ และความสะดวกสบายในการทำจุดหมายนั้นให้สำเร็จ

2.1.4.2 คุณสมบัติต่าง ๆ ของสภาพแวดล้อมกายภาพ(Physical Properties) ลักษณะของสภาพแวดล้อมที่ทำหน้าที่เป็นสิ่งเร้าที่ส่งผลต่อลักษณะพฤติกรรม เช่นสิ่งแวดล้อมที่มีความซับซ้อนมากจนกลายเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ซึ่งสิ่งที่กำกวมสามารถที่จะดึงดูดความสนใจได้นานกว่า โดยส่งผลกระทบต่อความรู้สึก การจดจำ และพฤติกรรม

นอกจากนี้พฤติกรรมมนุษย์ยังผันแปรตามความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลภายในกับอิทธิพลภายนอก ซึ่งพฤติกรรมย่อมเกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมที่บุคคลรับรู้ ประกอบกับอิทธิผลภายใน และสภาพแวดล้อม ซึ่งรวมไปถึงสภาพแวดล้อมทางสังคม และวัฒนธรรมของในแต่ละพื้นที่อีกด้วย

2.1.5 ระบบการทำงาน Motion Detection

ระบบ Motion Detection คือ ระบบที่มีไว้สำหรับตรวจสอบการเคลื่อนไหวของวัตถุเพื่อใชในระบบการตรวจตราจับการเคลื่อนไหว (สนั่น งานวิวัฒน์ถาวร , 2551) หรือการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว จากการคำนวณหาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างภาพตั้งต้น และภาพปัจจุบัน โดยระบบจะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ ระบบ Background subtraction และระบบ Optical flow ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

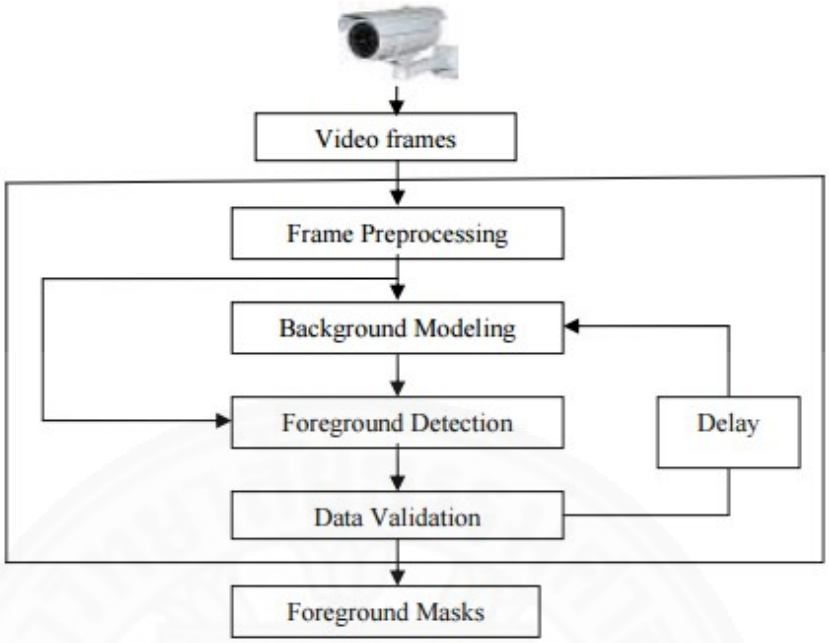
ระบบ Optical Flow คือ การคำนวนหาเวกเตอร์ลัพธ์ของภาพเคลื่อนไหว เพื่อติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุ โดยให้ความสนใจบริเวณที่เปนจุดเด่น โดยอาศัยข้อมูลการเคลื่อนไหว ต่อเมื่อมีการเคลื่อนไหวของวัตถุ และข้อมูลความโดดเด่นของวัตถุเป็นอ้างอิงแทนการใช้ข้อมูล โดยมีสมการดังนี้

$$dx/dt = u \qquad dy/dt = u$$

ระบบ Background Subtraction คือ การตรวจสอบความแตกต่างกันระหว่างภาพ ซึ่งภาพที่นำมาเปรียบเทียบกันนั้นคือการนำเอาภาพวีดีโอแต่ละเฟรมมาเปรียบเทียบ เพื่อทำการลบภาพส่วนเหมือน หรือฉากหลังระหว่างภาพสองเฟรมและค้นหาส่วนต่างกัน หรือวัตถุเบื้องหน้า (Foreground) ซึ่งภาพจะถูกเปลี่ยนให้เป็นภาพ ขาว – ดำ โดยที่วัตถุที่เคลื่อนไหว หรือจุดสีมีความเปลี่ยนแปลงไปจากภาพตั้งต้นจะแสดงเป็นสีขาว ดังสมการต่อไปนี้

$$| Frame_i - background_i | > Threshold$$

$$| Frame_i - Frame_{i-1} | > Threshold$$



ภาพที่ 2.3 ผังแสดงการทำงานของระบบ Background *Subtraction จาก Modified background subtraction algorithm for motion detection in surveillance systems* โดย Abdel, M., Marzouk, A., 2010

ซึ่งวิธีการนี้จะมีข้อจำกัด คือ กล้องที่ใช้จับภาพจะต้องติดตั้งอยู่กับที่เท่านั้น เพื่อให้ฉากหลังของภาพแต่ละเฟรมเหมือนกัน จึงจะนำภาพในแต่ละเฟรมมาเปรียบเทียบกันได้ และหากวัตถุอยู่นิ่งหรือมีการเคลื่อนไหวอย่างช้า ๆ จะมีโอกาสที่ระบบจะแสดงผลออกผิดพลาดได้ รวมถึงวัตถุพื้นหลังที่มีความถี่สูง เช่น กิ่งไม้ ม่าน และการซ้อนทับกันของวัตถุเคลื่อนที่อีกด้วย โดยกำหนดให้

B_{i+1} หมายถึง เฟรมภาพถัดไป

B_i หมายถึง เฟรมภาพปัจจุบัน

α หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ ปกติมีค่า 0.05

F_i หมายถึง ค่าจุดสีของเฟรมภาพปัจจุบัน

นอกจากนี้ระบบ Background Subtraction ยังสามารถแบ่งออกเป็นวิธีการย่อย ๆ ได้ 7 วิธีการ ดังนี้

2.1.5.1 Running Average

ทำงานโดยใช้จุดสีในเฟรมปัจจุบันตัวตั้งในการเปรียบเทียบและการเปรียบเทียบจะเกิดขึ้นแบบเรียงลำดับไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างจุดสีแต่ละจุด

$$B_{i+1} = \alpha * F_i + (1 - \alpha) * B_i$$

2.1.5.2 Running Average แบบ Selectivity

ค่าสีในแต่ละจุด ของเฟรมถัดไปจะต้องมีการจำแนกเป็น Foreground หรือ Background ถ้าจุดสีถูกจำแนกเป็น Foreground ค่า Background ของเฟรมถัดไปจะถูกมองข้าม

กรณี F_t เป็น Background

$$B_{i+1}(x, y) = \alpha * F_t (x, y) + (1 - \alpha) * B_t (x, y)$$

กรณี F_t เป็น Foreground

$$B_{i+1}(x, y) = B_i (x, y)$$

2.1.5.3 Running Gaussian Average

การคำนวนหาความหน้าจะเป็นของเฟรมล่าสุด โดย Background จะมีการปรับปรุงค่าเฉลี่ยเสมอเพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าของจุดสีโดยยังมีการจำแนกจุดสีออกเป็น Foreground หรือ Background ซึ่งการตรวจจับวัตถุ Foreground เป็นเวลานานอาจส่งผลต่อ Background ได้

กรณี Background $| F - \mu | < Th$

$$\mu t + 1 = \alpha F_t + 1 - \alpha \mu_t$$

กรณี Foreground $| F - \mu | > Th$

$$\sigma^2_{t+1} = \alpha (Ft - \mu_t)^2 + (1 - \alpha) \sigma^2_t$$

2.1.5.4 Mixture of Gaussian

มีการเปลี่ยนแปลงค่าในทุก ๆ เฟรม ทำให้ค่าตัวแปลงพื้นหลังมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยจะต้องหาทั้งค่า Foreground และ Background เพื่อหาความแปรปรวน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ค่าสถิติในการเปรียบเทียบเพื่อป้องกันความไม่แน่นอนของสภาพแวดล้อม (ชลธิศา เวทโอสถ วศ.ม. และ ดร.นิคม สุวรรณวร,2556)

$$N(X_t \mid \mu_{it}, \Sigma_{i,t}) = \frac{1}{(2\pi)^{D/2}} \frac{1}{|\Sigma_{i,t}|^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2}(X_t - \mu_{i,t})^T \Sigma_{i,t}^{-1} (X_t - \mu_{i,t})\right)$$

2.1.5.5 Kernel Density Estimator

คือการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่ เป็นนำข้อมูลจุดมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่ โดยทำการหาค่าความหน้าจะเป็นต่อเนื่องของ Background จากกราฟที่มีจุดสีมากที่สุดจากเฟรมล่าสุด และเมื่อ PDF(x) > Th

$$m(x) = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i g((x - x_i/h)^2)}{\sum_{i=1}^{n} g((x - x_i/h)^2)} - x$$

ส่งผลให้ ระบบประมวลผลได้ช้า และใช้หน่วยความจำมาก (สนั่น งานวิวัฒน์ถาวร, 2551)

m (x) หมายถึง ค่า mean shift vector

x หมายถึง คาจุดใด ๆ บนภาพ

x_i หมายถึง เซ็ตของจุดขอมูล

h หมายถึง ค่าของ bandwidth ที่วิเคราะห์แล้ว

g(u) หมายถึง อนุพันธอันดับหนึ่งของฟังก์ชั่นรวม k (u) โดยที่ k (u) หมายถึง kernel profile

2.1.5.7 Eigen background

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก โดยการสลายเวกเตอร์เพื่อลดมิติของพื้นที่ลง และสามารถทำงานได้เร็วกว่าแบบ Mixture of Gaussian โดยเฟรมภาพจะถูกจัดลำดับใหม่บนคอลัมน์ของเมทริกซ์ A และหาค่าความแปรปรวนโดยใช้ $C = AA^T$ เมื่อได้ค่า C แล้วจึง หาค่า eigenvalue (L) และ eigenvector Metrix(Φ)จะมีเพียงค่า M eigenvector (Eigen backgrounds)ที่จะนำไปใช้คำนวนต่อเมื่อเฟรมใหม่เข้ามา (/) จะมีการทำ sub-space กับคา M และเก็บค่าเป็น / ‘ สุดท้ายจึงเป็นการหาผลตางของ / - /’ จะได้ค่า foreground object

ตารางที่ 2.3

ตารางเปรียบเทียบอัลกอริทึมของระบบ Motion Detection

วิธีการ (Background Subtraction)	ความเที่ยงตรง	การใช้หน่วยความจำ	ความซับซ้อน
Running average	น้อย	ไม่ใช้	ง่าย
Selectivity	น้อย	ไม่ใช้	ง่าย
Mixture of Gaussian	ปานกลาง	ใช้การเก็บแบบสถิติ	-
Kernel Density Estimator	-	ใช้มาก	-
Mean-Shift Estimation	สูง	ใช้มาก	ยาก
Eigenbackground	สูง	ใช้เฉพาะสร้าง Matrix	ยาก

หมายเหตุ. *จาก Motion Detection By Background Subtraction.* โดย สนั่น งานวิวัฒน์ถาวร, 2551

2.2 ภาษาและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 อุปกรณ์ตรวจจับ

2.2.1.1 กล้อง CCTV หรือ Closed Circuit Television System

ภาพที่ 2.4 CCTV.*จาก http://www.creative-it.co.th/admin/core/pic/481.jpg*, โดย CIT. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2558

คือ กล้องโทรทัศน์วงจรปิดซึ่งเป็นระบบส่งสัญญาณภาพ ไปยังชุดจอภาพในจุดที่กำหนดไว้ในลักษณะ Point to Point ใช้ในด้านรักษาความปลอดภัย ตรวจสอบการทำงาน หรือใช้ในด้านงานจราจร โดยการเชื่อมต่อแบ่งออกเป็นสองประเภทหลักๆได้แก่

(1) ระบบ Analog ซึ่งการทำงานจะเป็นลักษณะไม่ขึ้นตรงกับสัญญาณอินเตอร์เน็ต การบันทึกข้อมูลจะบันทึก ผ่านทางสายสัญญาณ ผู้ใช้ไม่สามารถที่จะเลือกดูกล้องแต่ละตัวได้แต่จะต้องดูภาพผ่านที่ตัว DVR ซึ่งความสามารถในการเข้าถึงจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น

(2) ระบบ IP Camera โดยลักษณะของการทำงานของระบบคือ กล้องที่สามารถรับส่งข้อมูลบนระบบเครือข่ายผ่านทางอินเทอร์เน็ตโดยไม่จำเป็นต้องเดินสายสัญญาณ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถดูภาพวีดีโอ และควบคุมตัวกล้องระยะไกลได้ด้วยระบบออนไลน์ ผ่านกล้องแต่ละตัวได้โดยตรง ทั้งนี้ต้องใช้ประกอบกับ NVR ที่มาพร้อมกับชุดโปรแกรมที่ใช้ในการดูแลกล้องวงจรปิดทั้งระบบซึ่งมีความสามารถในการจัดการสูงกว่าระบบ Analog แต่มีราคาที่แพงกว่าและการทำงานต้องพึ่งพาระบบอินเตอร์เน็ต (หจก.นีโอนิค อีโวลูชั่น, 2555)

2.2.1.2 Kinect

ภาพที่ 2.5 Kinect. *จาก http://www.pspinw.com/Kinect.html*, โดย Rock Revolution สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2558

คือ อุปกรณ์เสริมการใช้งานเครื่องเล่นเกมส์ Xbox360 ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ฉายแสงอินฟาเรด, กล้องวัดความลึกของภาพ, กล้องวีดีโอ,ไมโครโฟน และเซ็นเซอร์ ซึ่งการใช้ฉายแสงอินฟาเรด ประกอบกับกล้องวัดความลึกทำให้อุปกรณ์สามารถแยกมนุษย์ออกจากสภาพแวดล้อมได้ รวมไปถึงความสามารถในการวิเคราะห์ตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกายได้ซึ่งสามารถใช้ในการวัดความเร็วของการเคลื่อนไหวได้ ทั้งนี้อุปกรณ์มีระยะการทำงานอยู่ที่ 0.8 – 3.5 เมตร และสามารถตรวจจับได้สูงสุดครั้งละ 6 คน

2.2.2 ภาษาของคอมพิวเตอร์

ภาษา : Processing, Visual Studio, OpenCV

ระบบ : Background Subtraction, Optical Flow, Block Matching

2.2.2.1 Processing

ภาพที่ 2.6 Processing. *จาก https://forum.processing.org,* สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2558

คือ โปรแกรม Open source เป็นภาษาสำหรับการเรียนรู้วิธีการสร้างหรือควบคุม บริบทของภาพเชิงทัศนศิลป์(Visual arts) โดยการใช้เทคโนโลยี ซึ่งออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้ง่ายเพื่อให้บุคคลโดยทั่วไปที่ไม่ใช่โปรแกรมเมอร์ใช้งาน โดยตัวโปรแกรมสร้างขึ้นบนภาษา Java

2.2.2.2 Visual Studio

ภาพที่ 2.7 Visual Studio.*จาก http://venturebeat.com/,* สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2558

คือ โปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทไมโครซอฟท์ โดยโปรแกรมมีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ แอพพลิเคชั่น โดยใช้ภาษา Visual Basic .NET , C# , C++ , F# นอกจากนี้จยังรองรับ Python , HTML และ JavaScript

2.2.2.3 OpenCV

ภาพที่ 2.8 OpenCV. *จาก http://www.exuberantsolutions.com/opencv-training.htm,* สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2558

คือ Library ใช้สำหรับการประมาลผลภาพซึ่งเป็น Open source ที่พัฒนาขึ้นโดย Intel Corporation เหมาะสำหรับการทำงานแบบ Real-time โดยใช้ทำงานร่วมกับโปรแกรมอื่น ๆ เช่น Visual Studio, Python ฯ โดยใช้ภาษา C++, C , Python และJava

2.3 โครงการที่เกี่ยวข้องกับระบบแผงกันแดดอัตโนมัติ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตเป็นอย่างมาก รวมไปถึงการเข้ามามีอิทธิพลต่องานสถาปัตยกรรมในรูปแบบต่าง ๆ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากรณีต่าง ๆ ที่มีการนำเอาเทคโนโลยีประเภทควบคุมช่องเปิดอาคาร หรือการควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติ มาใช้ในงานสถาปัตยกรรมในปัจจุบัน รวมไปถึงระบบการควบคุมอาคารซึ่งมีดังนี้

2.3.1 โครงการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผงกันแดดอัตโนมัติ

อาคาร Kiefer Technic Showroom

ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างรูปแบบการสร้างช่องเปิดของ Kiefer Technic Showroom.*จาก http://mod.crida.net/thesis/S1-2013/category/uncategorized/page/2/,* โดย Abbie,2013

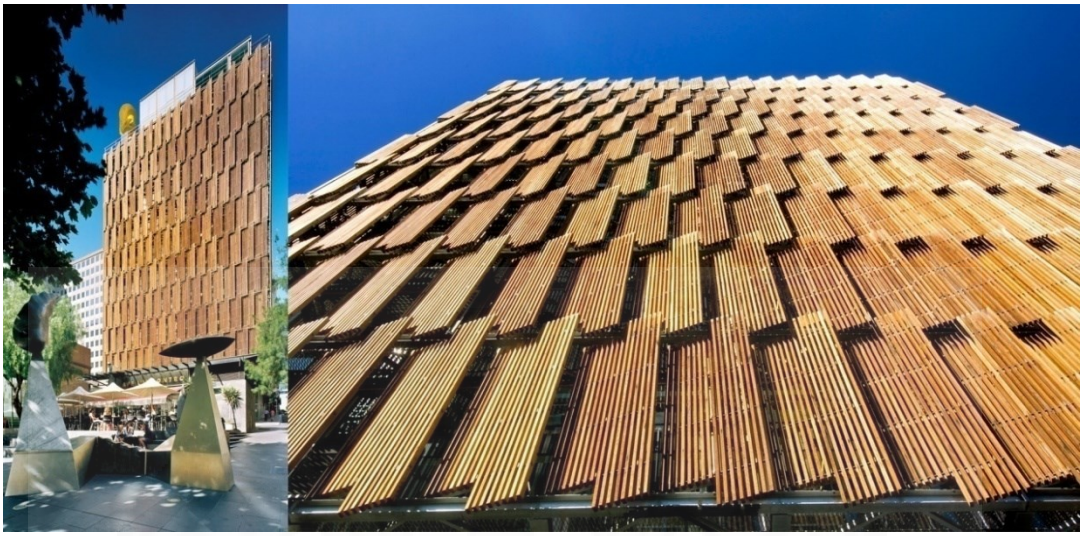
ออกแบบโดย Giselbrecht + Partner ZT GmbH เป็นอาคารที่ออกแบบมาเพื่อเป็นสำนักงาน และจัดแสดง ตั้งอยู่ที่ประเทศออสเตรียโดยเป็นการออกแบบงานสถาปัตยกรรมในรูปแบบของ Dynamic Sculpture ที่มีการตอบโต้กับมนุษย์ภายในพื้นที่ โดยการรับรู้ของระบบเพื่อควบคุมผิวอาคารนั้นจะตรวจจับจากตำแหน่งของผู้ใช้งานภายในพื้นที่ และอุณหภูมิภายในอาคาร ซึ่งการเคลื่อนไหวของผิวอาคารจะเป็นการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเพื่อพับผิวอาคาร และสร้างช่องเปิดให้แสงจากภายนอกส่องผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร ซึ่งผิวอาคารสามารถทำหน้าที่เป็นกันสาดแนวนอน และกระจายแสงเข้าสู่ตัวอาคารได้ นอกจากนี้ผิวอาคารยังสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานอาคารในกรณีที่อาคารได้รับแสงโดยตรงจากพระอาทิตย์

อาคาร Pola Ginza

ภาพที่ 2.10 ลักษณะและผิวอาคาร Pola Ginza. *จาก http://www.nikken.jp/en/projects/retail/pola-ginza-building.html,* โดย Mamoru Ishiguro,2013

ออกแบบโดย Hoberman, Nikken Sekkei และYasuda Atelier เป็นอาคารที่ออกแบบเพื่อเป็นสำนักงานโดยมีลักษณะเป็น ผิวอาคารซ้อนกัน 2 ชั้น โดยผิวด้านนอกจะทำหน้าที่เป็น Layer เพื่อลดความปริมาณแสง และความร้อนจากแสงอาทิตย์จะถูกระบายออกโดยช่องระบายอากาศจะอยู่บริเวณส่วนบน – ล่างสุดของผิวอาคารซึ่งสามารถเปิดปิดได้เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในอาคาร โดยการเคลื่อนไหวของผิวอาคารจะเคลื่อนที่ในแนวราบโดยหมุนเข้าหาตัวอาคารนอกจากนี้ผิวอาคารยังเมื่อมีการเปิดรับแสงจะทำหน้าช่วยในการกระจายแสงเข้าสู่ตัวอาคาร และมีการติดตั้งหลอด LED เพื่อใช้ในการสร้างปฏิสัมพันธ์ และแรงดึงดูดจากผู้คนที่สัญจรผ่านไปมา

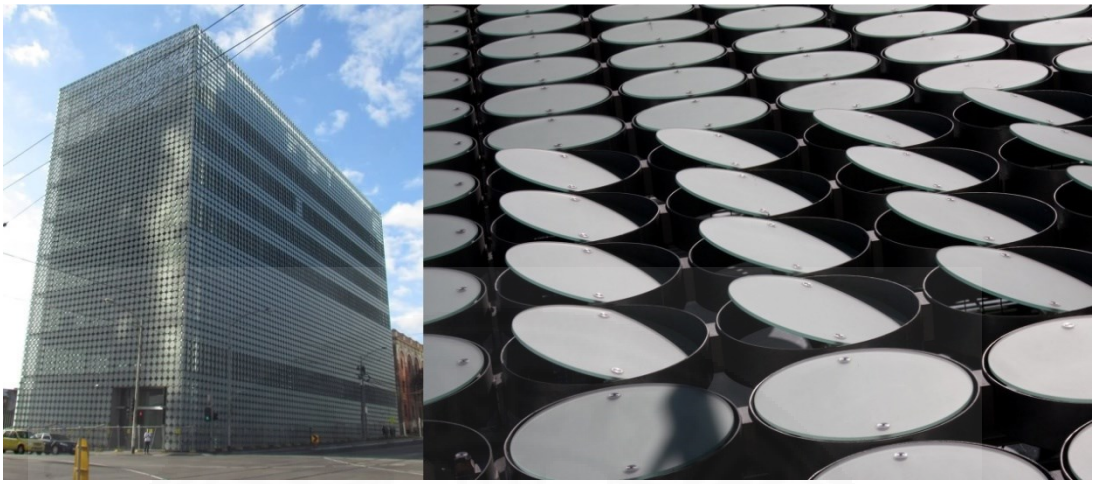
อาคาร Council House2



ภาพที่ 2.11 ลักษณะ และผิวอาคาร *Council House2. จาก http://www.archdaily.com/ 395131/ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc,* โดย Arch daily, 2013

ออกแบบโดย Mick Pearce with DesignInc เป็นอาคารที่ออกแบบมาเพื่อเป็นสำนักงาน และเป็นต้นแบบในการทำอาคารเพื่อความยั่งยืนในเมืองเมลเบิร์นประเทศออสเตรเรีย โดยผิวอาคารจะมีลักษณะเป็นบานเกล็ดไม้ ซ้อนอยู่ด้านหน้าของกระจกอาคาร โดยระบบจะทำงานโดยการตรวจจับปริมาณแสงอาทิตย์ ผิวอาคารจะเคลื่อนที่ในแนวราบโดยการหมุนออกจากตัวอาคารเพื่อสร้างช่องเปิดให้แสงธรรมชาติส่องผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร

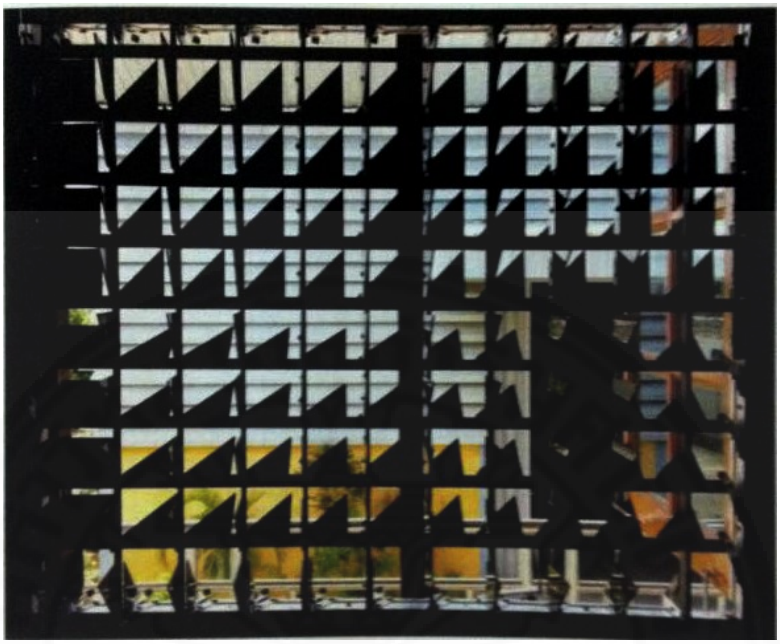
อาคาร RMIT Design HUB



ภาพที่ 2.12 ลักษณะ และผิวอาคาร RMIT Design HUB.*จาก* *http://www.feeldesain.com/rmit-design-hub.html,* โดย Desain, F., 2013

ออกแบบโดย Sean Godsell และ Hayley Frankling เป็นอาคารที่ออกแบบมาเพื่อเป็นสถานศึกษา มุ่งเน้นไปที่การปรับใช้ และความยืดหยุ่น โดยลักษณะผิวอาคารจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม ใน 1 กลุ่มจะประกอบไปด้วยกระจกกลม 21 บานที่สามารถดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ ซ้อนอยู่บนผิวกระจกอาคาร ผิวอาคารจะเคลื่อนที่ตามตำแหน่งของพระอาทิตย์และอยู่ในตำแหน่งที่สามารถรับแสงได้ดีที่สุดเพื่อเก็บพลังงาน

ระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่



ภาพที่ 2.13 ต้นแบบระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติ, *จาก ระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่,* โดยพิสัย สีบำรุงสาสน์, 2557

เป็นงานทดลองที่มุ่งเน้นไปในเชิงของการออกแบบระบบควบคุม ปริมาณแสงธรรมติที่เข้าสู่ตัวอาคารเพื่อตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้งานพื้นที่ของผู้ใช้พื้นที่ ซึ่งระบบจะตรวจจับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ หรือการควบคุมด้วยมือ ด้วย Kinect Sensor แล้วจึงส่งไปประมวลผล และออกคำสั่งด้วยชุดโปรแกรม Processing ก่อนจะส่งต่อไปยังชุดโปรแกรม Arduino เพื่อใช้ในการแสดงผลเชิงกายภาย

ในส่วนของลักษณะช่องเปิดมีการซอยช่องเปิดเป็นช่องเล็ก และใน 1 ช่องจะมีชิ้นส่วนของแผ่นแผงกันแดด โดยสามารถเปิดได้ทั้งในแนวแกนตั้ง และแกนแนวนอนเนื่องมาจากผู้วิจัยมีความต้องการให้ตัวแผงกันแดด สามารถป้องกัน หรือลดแสงบาดตาได้

2.3.2 โครงการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบตรวจจับวัตถุ

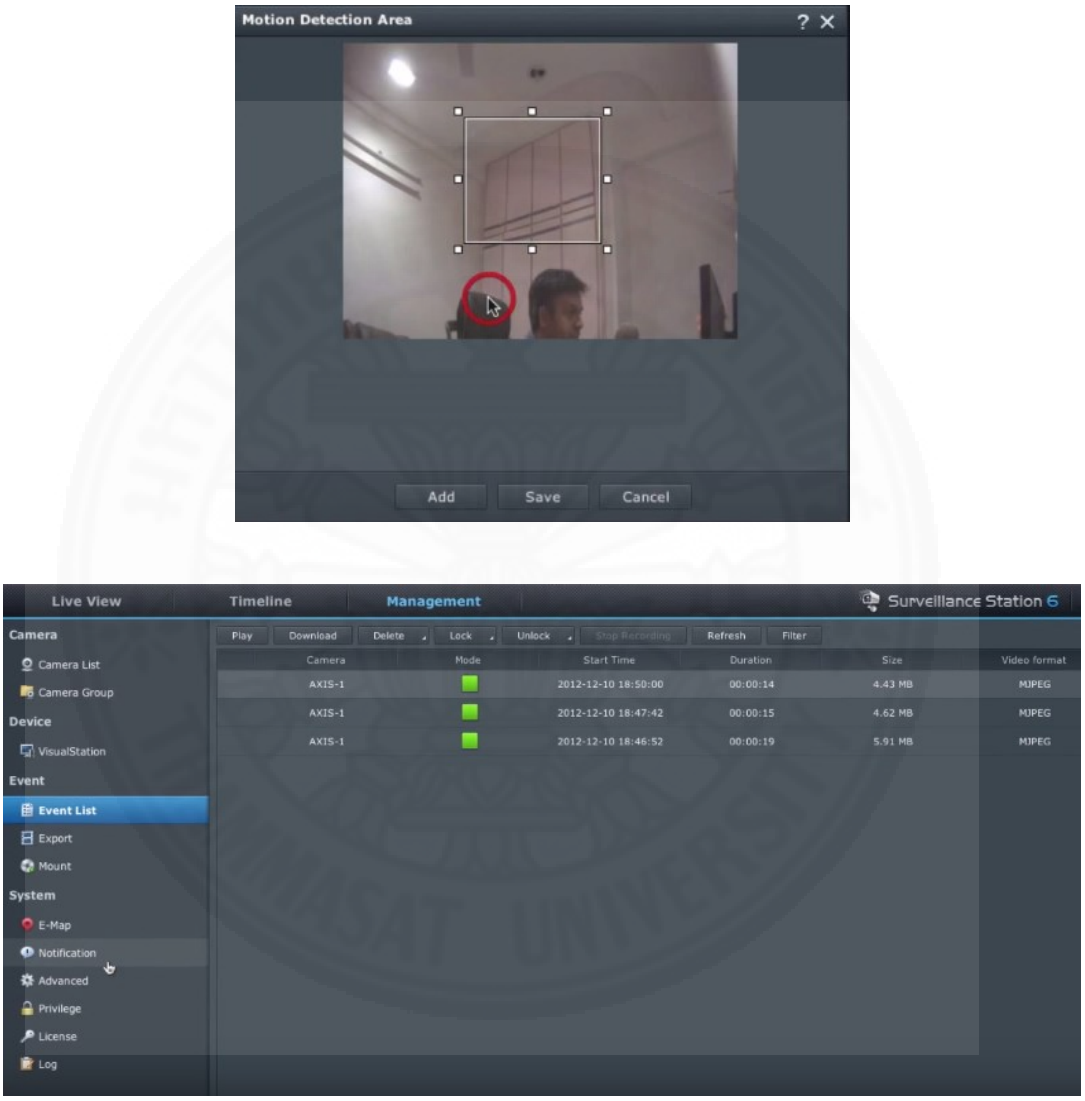
ในปัจจุบัน ได้มีการนำเอาระบบตรวจจับวัตถุเข้ามาใช้งานในรู้แบบทั้งในด้านอุตสาหกรรม การบริการ และการรักษาความปลอดภัย โดยระบบที่ถูกนำมาใช้กับมนุษย์เรียกว่าระบบ Surveillance Station ซึ่งหมายถึง ระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการระบบกล้องวงจรปิด โดยทำงานของระบบจะต้องมีการกำหนดผ่านทาง Web browser ซึ่งจำเป็นต้องใช้กับเครื่องบันทึก NVR (Network Video Record) และใช้กล้องระบบ IP Camera ในการใช้งาน โดยปัจจุบันระบบ

ของ Surveillance Station มีความสามารถในการเลือกเฉพาะบริเวณที่ต้องการบันทึกภาพ หรือบริเวณที่ต้องการตรวจจับได้โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบตาราง ซึ่งจะมีลักษณะเป็นช่องตารางซ้อนทับบนภาพวีดีโอให้ผู้ใช้สามารถเลือกช่องว่างในตารางเพื่อเลือกเฉพาะพื้นที่ที่ต้องการ และแบบอิสระซึ่งผู้ใช้สามารถสร้างขอบพื้นที่เขตสี่เหลี่ยมในบริเวณใดก็ได้บนภาพวีดีโอ หรือบริเวณที่ต้องการบันทึกผล โดยมีข้อจำกัดในการสร้างขอบเขตหรือจำนวนบล๊อคที่ต้องการสำรวจรวมถึงความสามารถในการตรวจจับจะแตกต่างกันไปในแต่ละโปรแกรม ทั้งนี้ข้อจำกัดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้พัฒนานั้น ๆ

ภาพที่ 2.14 NVR : Nas Synology *จาก Synology Inc., 2015*

การบันทึกข้อมูลวีดีโอ จะมีลักษณะการทำงานเป็นการบันทึกภาพวีดีโอใหม่ทับลงบนภาพวีดีโอเก่าไปเรื่อย ๆ ตามค่าที่กำหนด และความจุของหน่วยความจำ ส่วนการบันทึกข้อมูลทางสถิติจะแสดงผลในช่วงที่สามารถตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว และแสดงบนกราฟเวลาในแต่ละวันพร้อม log ของข้อมูล

โดยจากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าตัวโปรแกรมในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดในการกำหนดรูปร่างขอบเขตของการเก็บข้อมูล และในส่วนของการบันทึกผลทางสถิติที่ไม่แสดงถึงจำนวนประชากรที่ตรวจจับได้รวมถึงลำดับการเข้าถึงพื้นที่ แต่จะบันทึกเป็นวีดีโอย้อนหลังในช่วงที่ตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวได้ เนื่องจากระบบถูกพัฒนาไปในเชิงของการรักษาความปลอดภัยมากกว่าใช้ในการเก็บข้อมูลทางสถิติ



ภาพที่ 2.15 Synology NAS Surveillance Station & Mobile app DS Cam *จาก https://www.youtube.com/watch?v=6Pqt-JLq6As,* โดย Geekyranjit , 2012

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1. รูปแบบงานวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาพัฒนาระบบที่ช่วยในการปรับสภาพแวดล้อมของแสงภายในอาคาร โดยอ้างอิงจากท่าทางของผู้ใช้งานพื้นที่ ซึ่งเป็นการศึกษาในเชิงการทดลองเพื่อทดสอบระบบตรวจจับวัตถุที่พัฒนาขึ้น ปริมานแสงในการทดลองจึงเป็นการนำเอาข้อข้อมูลในเชิงปริมาณของแสงมาใช้เท่านั้น โดยวิธีการทดลองจะมุ่งเน้นไปที่ความมีประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น ความแม่นยำในการตรวจจับแยกแยะท่าทางของผู้ใช้งาน และการทำงานสอดคล้องตามคำสั่งที่ระบุไว้ในระบบ โดยการวิจัยพัฒนาจะประกอบกับการศึกษาจากข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่เอกสาร หรือผลงานวิจัยทางวิชาการ อื่น ๆ ที่มีอยู่ก่อนแล้วเพื่อใช้เป็นข้อมูลแนวทางในการพัฒนาระบบต่อไป ซึ่งจัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ Automation อย่างง่าย

3.2. ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.2.1 ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว และช่องแสงอัตโนมัติ

3.2.2 กำหนดตัวแปรที่ศึกษา และทดลองสร้างระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว

3.2.3 กำหนดพื้นที่ที่ใช้ในการทดลอง วิเคราะห์พื้นที่ และข้อจำกัดของพื้นที่ที่ใช้ทดลอง

3.2.4 สร้างต้นแบบของระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว

3.2.5 ทดลองระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว และการควบคุมช่องแสงอัติโนมัติโดยทำการทดสอบด้วยแบบจำลอง และการทดสอบภายในพื้นที่จริง

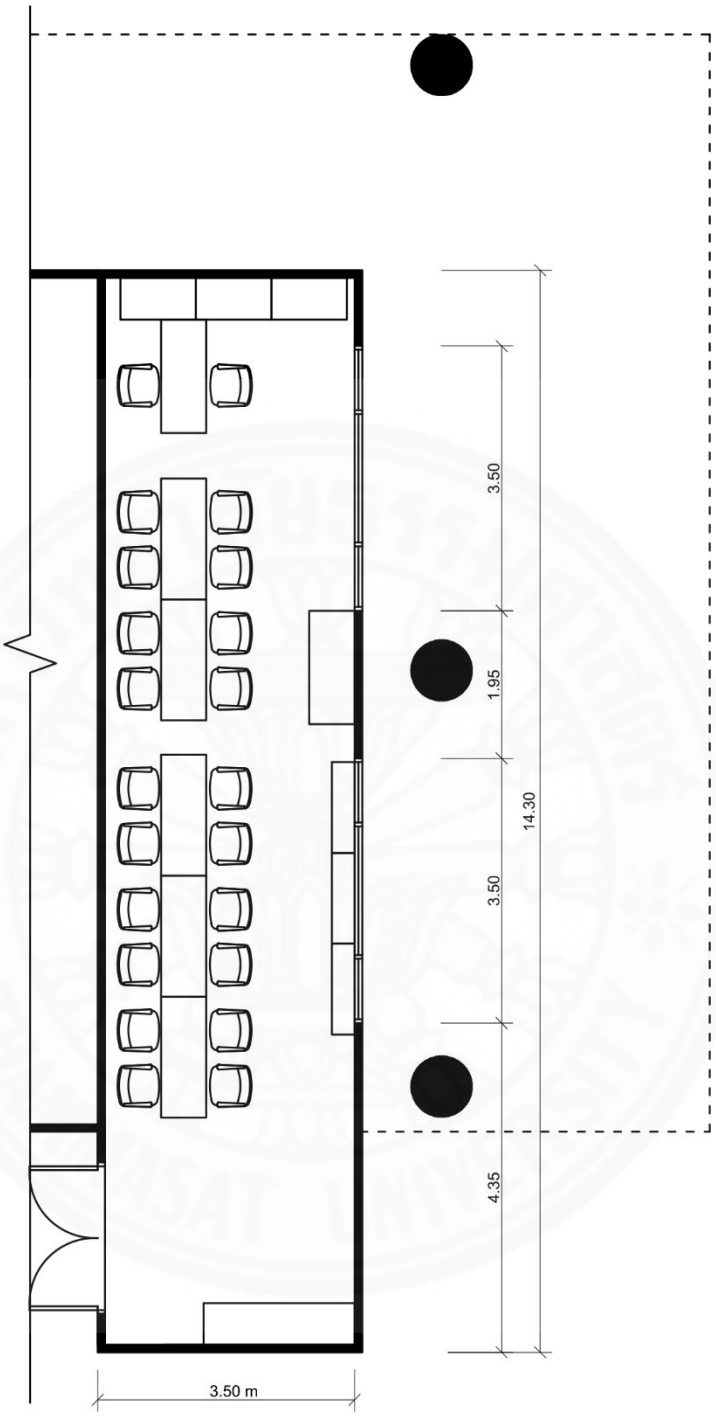
3.2.6 สรุปผลการวิจัย และนำเสนอแนวทางการพัฒนาระบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในอาคาร

3.3 พื้นที่ในการทดลอง

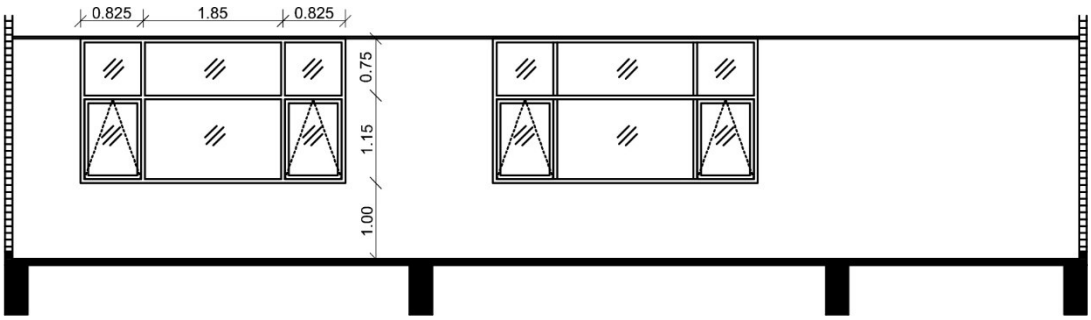
พื้นที่ในการทดลองระบบจะต้องมีคุณสมบัติเป็นห้องที่มีแสงธรรมชาติส่องถึงเพื่อใช้แสงเป็นตัวกำหนดองศาในการเปิดแผง โดยสถานที่ที่เลือกใช้ในการทดลองจะอยู่ภายในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการผังเมือง บริเวณห้องนักศึกษาปริญญาโท หรือห้อง 108 เพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบขั้นตอนที่ 2 หรือการทดลองตรวจจับมนุษย์ และการควบคุมองศาของแบบจำลองขนาด 1 : 1 โดยพื้นที่ทดลองมีขนาดห้อง 3.3 เมตร x 14.1 เมตร มีพื้นที่รวม 46.53 ตารางเมตร มี

ช่องเปิดอยู่บริเวณทิศตะวันออกของอาคาร ซึ่งประกอบไปด้วยทางเข้า - ออก 1 ช่องทาง ชุดหน้าต่างขนาด กว้าง 3.5 เมตร x สูง 1.9 เมตร จำนวน 2 ชุด โดยภายในห้องประกอบไปด้วยโต๊ะสำหรับทำงานปิดผิวด้วยแผ่นลามิเนต จำนวน 7 ชุด ชั้นวางของวัสดุไม้ยาว 3 ชุด และตู้ล็อคเกอร์โลหะเคลือบสี จำนวน 4 ชุด พื้นห้องปิดผิวด้วยสีอีพร็อกซี่สีเทา ในส่วนของ ผนัง และฝ้าเพดานทาด้วยสีน้ำสำหรับภายในอาคารสีขาว ทั้งนี้การทดสอบจะไม่นำแสงประดิษฐ์มาใช้ในการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

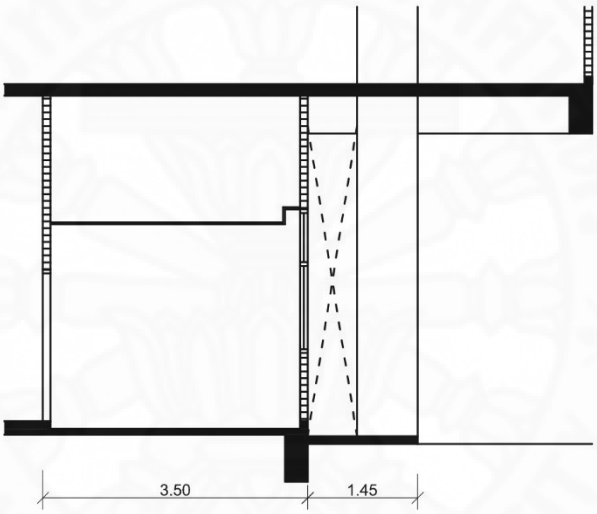
ภาพที่ 3.1 ห้องที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3.2 ผังห้องที่ใช้ในการทดลอง

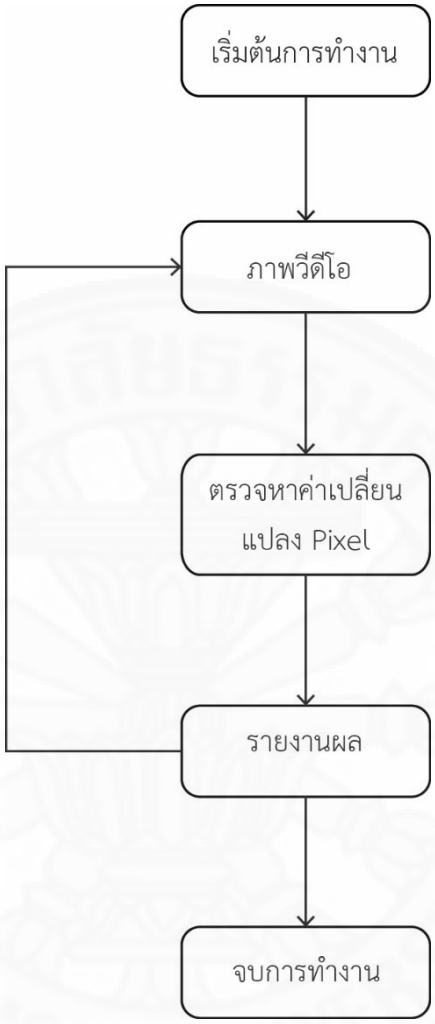


ภาพที่ 3.3 รูปตัด A ห้องที่ใช้ในการทดลอง

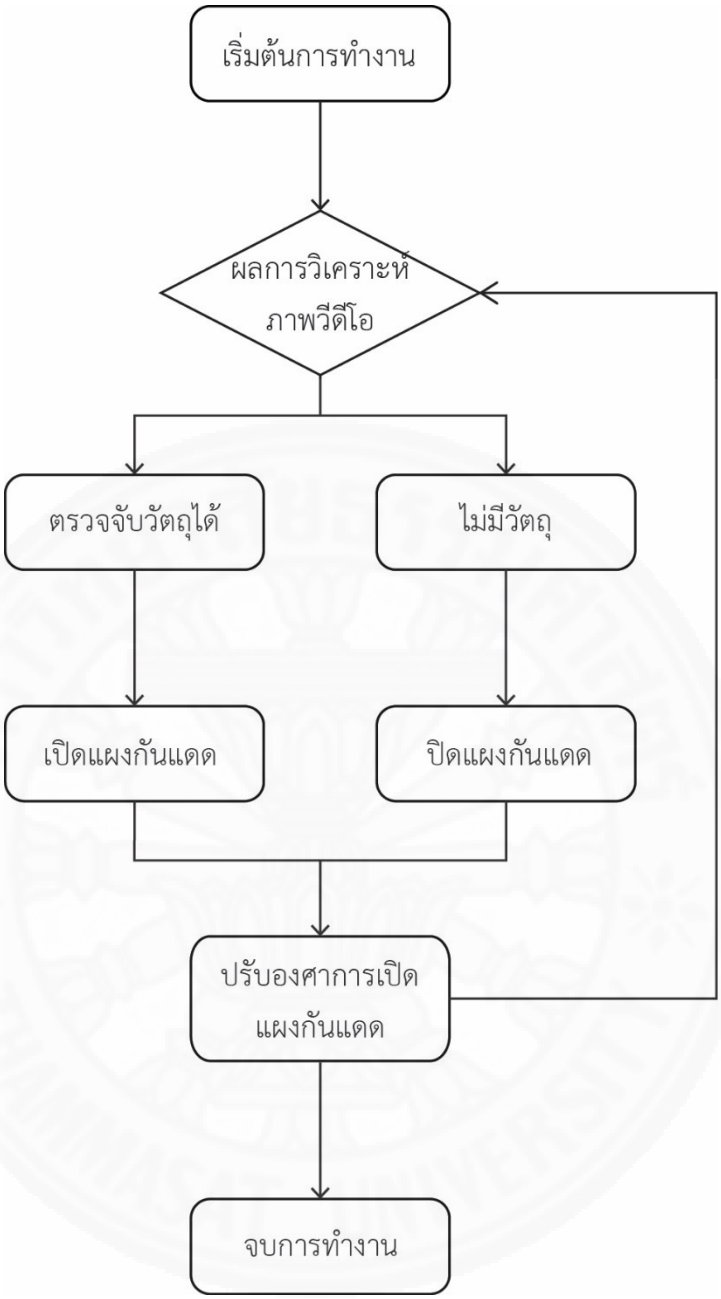


ภาพที่ 3.4 รูปตัด B ห้องที่ใช้ในการทดลอง

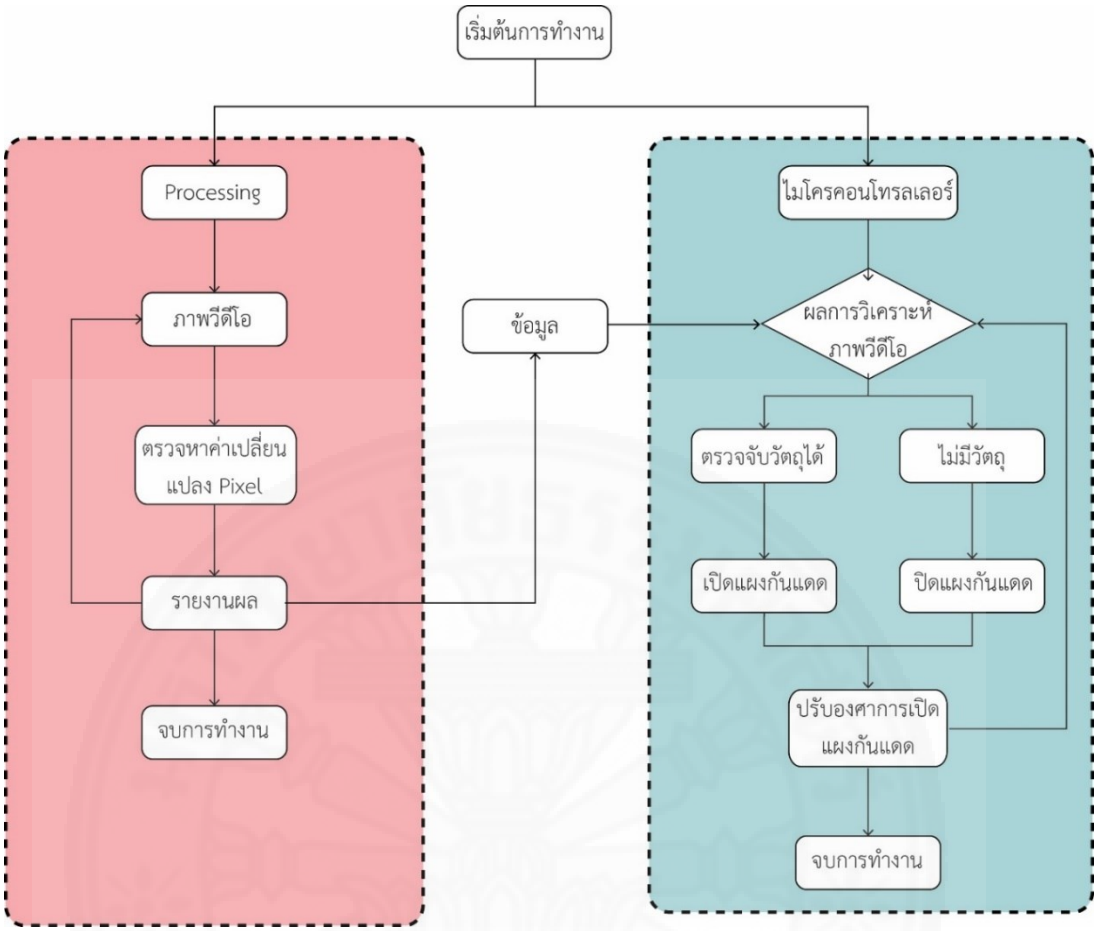
3.4 ขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจจับความเคลื่อนไหว



ภาพที่ 3.5 ผังแสดงโครงสร้างการทำงานของระบบตรวจจับพฤติกรรม



ภาพที่ 3.6 ผังแสดงโครงสร้างการทำงานของแผงกันแดดอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.7 ผังแสดงโครงสร้างการทำงานรวมของระบบ

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

3.5.1 Web Camera

*ภาพที่ 3.*8 Logitech HD Webcam C310 *จาก http://www.symbios.pk/Logitech-HD-Webcam-C310,* โดย Symbios, 2015

เนื่องจากในการทดลองอยู่ในพื้นที่ที่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ได้ การบันทึกข้อมูล และการประมวลผล จะสามารถคำนวณวิเคราะห์ได้ในทันทีอุปกรณ์ที่เลือกใช้คือ HD Web camera ที่มีความคมชัดตั้งแต่ 720p เป็นต้นไปในการบันทึกข้อมูล ซึ่งมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนน้อยสามารถติดตั้งได้ง่าย มีน้ำหนักเบา และมีคุณสมบัติที่สามารถใช้แทนกล้อง CCTV ได้โดยเลือกใช้กล้อง Logitech HD Webcam C310

3.5.2 Processing Software

ภาพที่ 3.9 Processing. *จาก https://forum.processing.org,* สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2558

สำหรับโปรแกรมที่เลือกมาใช้ในการพัฒนานั้นจะเลือกใช้โปรแกรม Processing โดยตัวโปรแกรมเป็นซอฟต์แวร์แบบ Open Source สามารถนำมาใช้และพัฒนาได้โดยไม่เสียค่าลิขสิทธิ์ และเป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนนักออกแบบ มีความซับซ้อนของภาษาน้อยสามารถเข้าใจได้ประกอบกับระยะเวลาที่ใช้ในการทำวิจัยนั้นมีอย่างจำกัด การเลือกใช้โปรแกรมจึงเลือกจาก

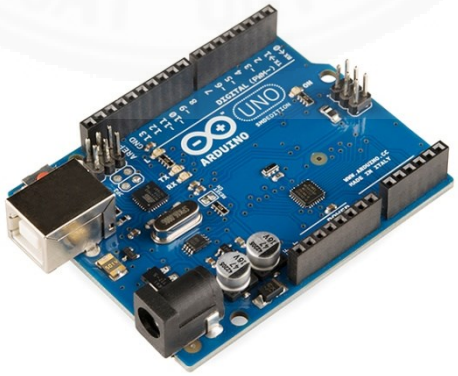
พื้นฐานทักษะของผู้วิจัยในการพัฒนา โดยเลือกใช้เทคนิค Background Subtraction ในการพัฒนาระบบตรวจจับความเคลื่อนไหว เนื่องจากการใช้ใช้หน่วยความจำน้อยกว่าระบบ อื่น ๆซึ่งจะทำให้ตัวระบบสามารถทำงานได้ยาวนานและต่อเนื่องมากกว่า ระบบอื่น ๆ เนื่องจากมีการคำนวณที่ซับซ้อนน้อยกว่า และความสามารถของเทคนิคอื่น ๆ นั้นไม่สอดคล้องกับข้อมูลเป้าหมายของระบบที่พัฒนาขึ้น

3.5.3 Arduino Software

ภาพที่ 3.10 Arduino Software. *จาก https://twitter.com/arduino?lang=th* สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2558

เป็นซอฟแวร์ที่ใช้ในการระหว่างข้อมูล และควบคุมการแสดงผลเชิงกายภาพ โดยสามารถเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรม Processing ได้โดยอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกันกับโปรแกรมในงานวิจัยชิ้นนี้ได้แก่

Arduino Microcontroller Board : UNO ใช้ในการอัพโหลดชุดคำสั่ง ควบคุมการทำงานของระบบในเชิงกายภาพ และรับส่งข้อมูลจะโปรแกรม Processing ไปยังอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์



ภาพที่ 3.11 Arduino Microcontroller Board. *จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino,* สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2558

3.5.4 เซอร์โวมอเตอร์

ภาพที่ 3.12 เซอร์โวมอเตอร์. *จาก http://robot.learninginventions.org/?tag=เซอร์โวมอเตอร์,* สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2558

คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลเชิงกายภาพ ใช้ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ และเครื่องจักรมีลักษณะเป็นมอเตอร์หมุนแบบควบคุมองศา โดยในการวิจัยอุปกรณ์จะทำงานตอบสนองกับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากโปรแกรม Processing ซึ่งเป็นโปรแกรมคำนวณ ผ่านเงื่อนไขการทำงานจากโปรแกรม Arduino

3.5.5 เซ็นเซอร์แสง

ภาพที่ 3.13 ลักซ์เซ็นเซอร์. *จาก http://www.modmypi.com/electronics/sensors/ adafruittsl2591-high-dynamic-range-digital-light-sensor,* สืบค้นเมื่อวันที่ 22 , มิถุนายน 2559

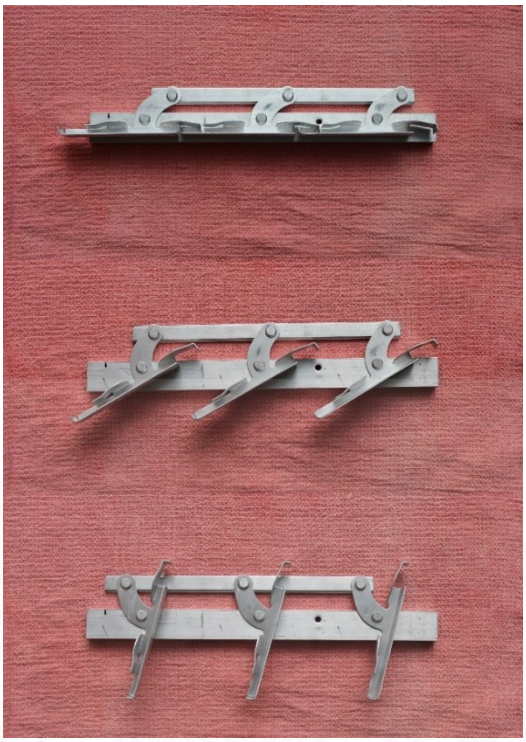
คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณแสง มีหน่วยเป็นลักซ์ ใช้ในการพิจารณาองศาการเปิดของแผงกันแดดอัตโนมัติ โดยจะทำงานร่วมกันกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และเซอร์โวมอเตอร์

3.6 รูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติ

เนื่องจากห้องที่ใช้ในการทดลองมีช่องเปิดทางทิศตะวันออก และการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ของประเทศไทยมีลักษณะอ้อมใต้ โดยในช่วงเช้า และช่วงเย็นจะเป็นช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์จะทำมุมกระทำ(Altitude angle) หรือ มุมระหว่างพื้นดินกับดวงอาทิตย์มีค่าน้อย ดังนั้นพื้นที่ที่ทดลองจะได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเช้า ถึงช่วงสายในแต่ละวัน และในระหว่างวันห้องจะได้รับรังสีสะท้อนเท่านั้น การเลือกใช้ช่องปรับแสงจึงเลือกใช้ช่องปรับแสงในแนวตั้ง (Vertical) ที่มีความสามารถในการป้องกันรังสีโดยตรงในช่วงเวลาเช้า – เที่ยง

รูปแบบของช่องปรับแสงจึงมีลักษณะเป็นบานเกล็ดในแนวตั้ง ซึ่งเป็นการออกแบบโดยคำนึงถึงโอกาสที่พื้นที่ทดลองจะได้รับแสงโดยตรงจากพระอาทิตย์ โดยบานเกล็ดจะเปิดแบบทวนเข็มนาฬิกา มีขนาดกว้าง 85 ซม. สูง 125 ซม. ซึ่งแบบจำลองนี้มีขนาดเท่ากับหน้าต่างบานกระทุ้งภายในห้องทดลอง และผู้วิจัยได้มีการเลือกใช้วัสดุดังนี้ โครงของระบบ: ชุดบานเกล็ดสำเร็จรูป กระดาษอัดความหนา 5 มม., แผ่นบานเกล็ด: กระดาษอัดความหนา 5 มม. ปิดทับตัวแผ่นพลาสวูดสีขาว เพื่อใช้ช่วยในการสะท้อนแสงเข้าสู่พื้นที่ทดลอง โดยเลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์เฟืองโลหะที่สามารถรับแรงบิดได้สูงสุดที่ 15 กิโลกรัม และสามารถหมุนได้ 150 องศา

โดยการทำงานของแผงกันแดดอัตโนมัติจะต้องทำการเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับแผงควบคุม หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เสมอ และจะทำงานได้ก่อเมื่อมีการรันโปรแกรม Processing โดยใช้การตรวจจับการเคลื่อนไหว เช่น เมื่อมีการตรวจจับสถานะยืนได้โปรแกรม processing จะทำการส่งข้อมูลที่ได้ตั้งค่าเงื่อนไขไว้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าข้อมูล และประมวลผลตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์อีกครั้ง แล้วจึงสั่งให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงานตามเงื่อนไขที่ได้ตั้งไว้



ภาพที่ 3.14 ชุดบานเกล็ดสำเร็จรูป และลักษณะการขยับของบานเกล็ด

ภาพที่ 3.15 แบบจำลองบานเกล็ดปรับแสงอัตโนมัติ และลักษณะการเคลื่อนไหวของบานเกล็ด

ภาพที่ 3.16 การทำงานร่วมกันของระบบแผงกันแดดอัตโนมัติ 2 ชุด

การทำงานร่วมกันของระบบแผงกันแดดอัตโนมัติ 2 ชุด หลังจากเริ่มต้นการทำงานแล้ว จะต้องทำการกำหนดพื้นที่ที่สนใจเป็น 2 บริเวณก่อนเสมอ เมื่อมีผู้ใช้งานเข้ามายังบริเวณที่กำหนดไว้ ระบบจะทำการประมวลผล และส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับข้อมูลระบบจะทำการพิจารณาข้อมูลที่ได้รับตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ในระบบ เพื่อใช้ในการแสดงผล และควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติแต่ละชุด

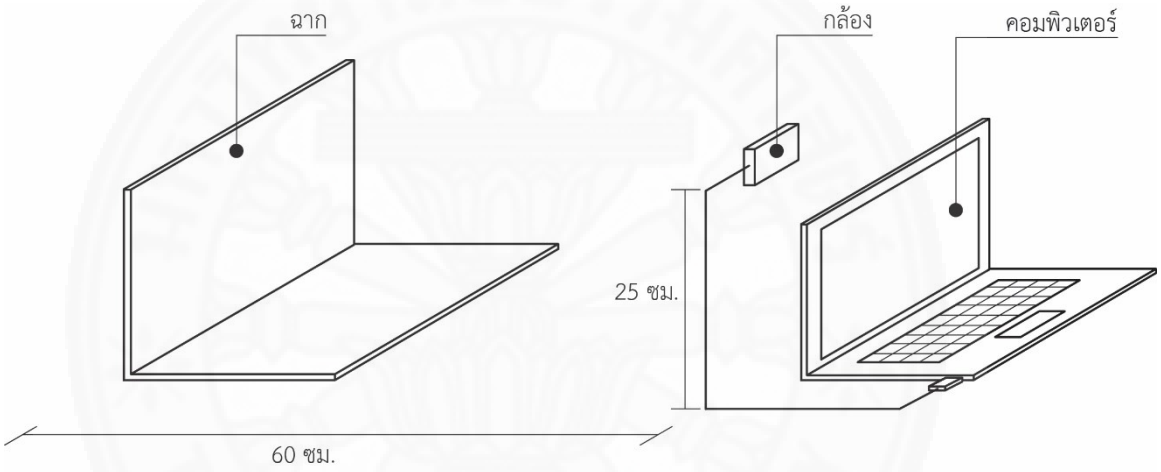
3.7 ขั้นตอนการทดลอง

3.7.1 ขั้นตอนการทดลองด้วยแบบจำลอง

การทดสอบการทำงานของระบบตรวจจับที่ได้จัดทำขึ้นนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลอง (Back drop) ขนาดเล็กสำหรับเป็นพื้นหลัง โดยไม่คำนึงถึงปริมาณแสง และสภาพแวดล้อมของพื้นที่ทดสอบจริง สามารถกำหนดบริเวณที่ต้องการตรวจจับได้อย่างน้อย 1 บริเวณ โดยทำการทดสอบด้วยวัตถุต่าง ๆ และภาพถ่ายมนุษย์ในลักษณะยืน และนั่ง โดยการทดสอบจะประกอบไปด้วย

(1) ความแม่นยำของการตรวจจับวัตถุที่อยู่ในเฟรมภาพ

(2) การส่งค่าจาก Processing Program ไปยัง Arduino Microcontroller Board



ภาพที่ 3.17 การติดตั้ง และระยะห่างของอุปกรณ์การทดลอง

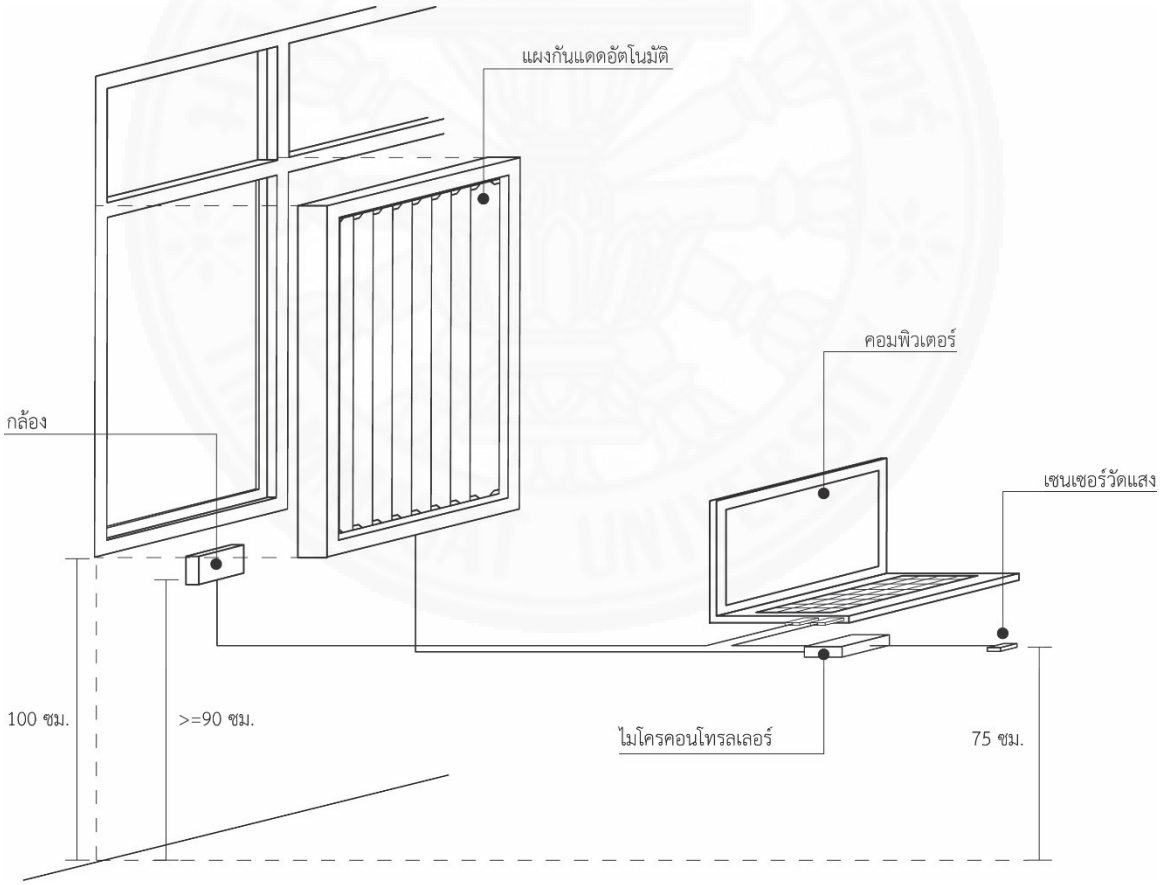
3.7.2 ขั้นตอนการทดลองด้วยสถานที่ทดลอง

การทดลองระบบภายในสถานที่จริงที่จัดเตรียมไว้ ภายในพื้นที่ทดสอบจะเป็นบริเวณที่แสงธรรมชาติสามารถส่องถึงจึงทำให้การทดสอบมีการนำเอาปัจจัยในเชิงปริมาณของแสงธรรมชาติมาใช้ในการควบคุมองศาการเปิดของระบบ ซึ่งจะต้องทำการเก็บของมูลของปริมาณความส่องสว่างภายในพื้นที่ทดลองทั้งก่อน และหลังการทดลอง โดยใช้วิธีการวัดแบบจุด หรือการติดตั้งในจุดที่ทำงาน ทั้งนี้ในการทดลองได้กำหนดให้จุดทำงานอยู่บนระนาบการทำงาน หรือมีความสูง 75 เซ็นติเมตรจากพื้นห้อง และมีระยะห่างช่องเปิด 1 เมตร นอกจากนี้การติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติที่ทำขึ้นจะทำการติดตั้งทับลงบนชุดหน้าต่างภายในสถานที่ทดลอง โดยการทดสอบจะประกอบไปด้วย

(1) ความแม่นยำของการตรวจจับวัตถุที่อยู่ในเฟรมภาพ (ภาพเคลื่อนไหว)

(2) การส่งค่าจาก Processing Program ไปยัง Arduino Microcontroller Board

(3) การทำงานร่วมกันของเซ็นเซอร์วัดแสง และเซอร์โวมอเตอร์



ภาพที่ 3.18 การติดตั้ง และระยะห่างของอุปกรณ์การทดลอง

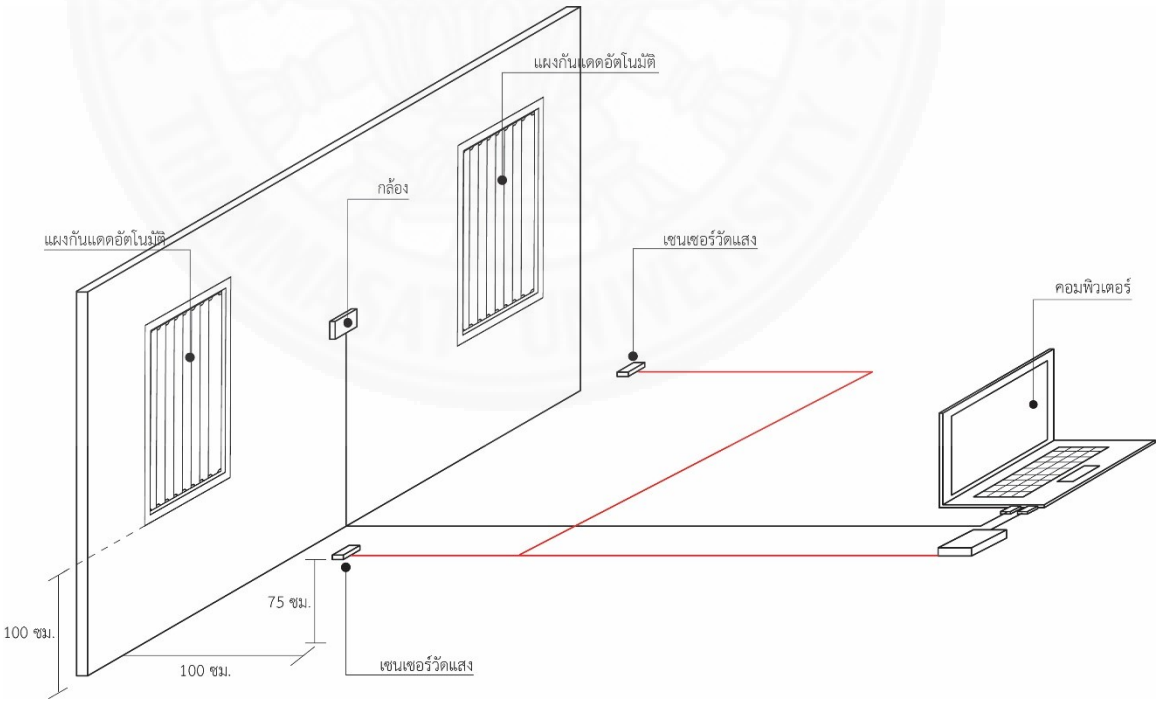
3.7.3 ขั้นตอนการทดลองด้วยแบบจำลองแบบที่มีผู้ใช้งานมากกว่า 1 คน

การทดลองด้วยแบบจำลองที่มีการทำงานร่วมกันของระบบวงจรที่มีมากกว่า 1 ชุด ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานของระบบตรวจจับเพียงชุดเดียวแต่สามารถควบคุมมอเตอร์ได้มากกว่า 1 ชุดขึ้นไป การทำงานจะเป็นการกำหนดพื้นที่ที่สนใจได้หลายบริเวณในเฟรมภาพ 1 เฟรม โดยในการทดลองนี้ได้กำหนดให้สามารถกำหนดพื้นที่สนใจได้ทั้งสิ้น 2 บริเวณ และข้อมูลในแต่ละบริเวณจะถูกส่งไปยัง Arduino Microcontroller Board เพื่อควบคุมมอเตอร์แต่ละตัวที่ถูกแบ่งออกเพื่อทำงานตอบสนองกับแต่ละพื้นที่ที่สนใจ ซึ่งการทดลองจะเป็นการทดลองด้วยแผงกันแดดอัตโนมัติที่จัดทำขึ้น โดยจะทำการติดตั้งทับลงบนชุดหน้าต่างภายในสถานที่ทดลอง พร้อมทั้งติดตั้งลักซ์เซ็นเซอร์ทั้งสิ้น 2 ชุด เพื่อให้แผงกันแดดอัตโนมัติสามารถตอบสนองต่อความส่องสว่างในแต่ละบริเวณ โดยเลือกใช้วิธีการวัดแสงแบบจุด หรือการติดตั้งในจุดที่มีการใช้งาน ทั้งนี้ในการทดลองได้กำหนดให้จุดที่มีการใช้งานอยู่บนระนาบการทำงาน หรือมีความสูง 75 เซ็นติเมตรจากพื้นห้อง และมีระยะห่างจากช่องเปิด 1 เมตร

(1) ความแม่นยำของการตรวจจับวัตถุที่อยู่ในเฟรมภาพ

(2) การส่งค่าจาก Processing Program ไปยัง Arduino Microcontroller Board

(3) ความถูกต้องของค่าที่ส่ง และการแสดงผลของเซอร์โวมอเตอร์



ภาพที่ 3.19 แบบจำลอง และการติดตั้งอุปกรณ์

3.8 การสรุป และประเมินผลการทดลอง

3.8.1 การประเมินผลการทดลองด้วยแบบจำลอง

การทดลองด้วยแบบจำลองนั้นเป็นการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับวัตถุที่ไม่เคลื่อนไหว วัตถุเคลื่อนไหว และความถูกต้องของการส่งค่าข้อมูลไปยัง Arduino Microcontroller Board โดยจะมีการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง ซึ่งวัตถุที่นำมาใช้ในการทดลอง คือ ภาพมนุษย์ในลักษณะยืน และนั่ง โดยในแต่ละครั้งจะเปิดให้ระบบทำงานต่อเนื่อง 10 นาที หรือจะมีการส่งค่าทั้งหมด 600 ครั้ง โดยทำการสรุปเป็นเปอร์เซ็นของประสิทธิภาพการทำงานทั้งหมด

3.8.2 การประเมินผลการทดลองด้วยสถานที่ทดสอบ

การทดสอบด้วยสถานที่ทดลองเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของระบบในการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวภายในสภาพแวดล้อมจริง ในการทดสอบจะประเมินจากความถูกต้องของการทำงานของระบบตรวจจับ และในแต่ละการทดสอบจะเปิดให้ระบบทำงานต่อเนื่อง 5 นาที โดยให้มีการรายงานผลทุก ๆ วินาที ซึ่งจะมีการส่งค่าของระบบทั้งหมด 300 ครั้ง โดยจะประเมินผลเป็นเปอร์เซ็นของประสิทธิภาพการทำงานทั้งหมด และการทดลองส่วนที่ 2 จะเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ของการทำงานระหว่างเซ็นเซอร์วัดแสง และค่าที่กำหนดในระบบ โดยประเมินจากการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ และเครื่องมือวัดแสง (Lux Meter) ว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยจะประเมินผลจากองศาของเซอร์โวมอเตอร์ และค่าความส่องสว่างที่เซ็นเซอร์วัดได้ เพื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดสอบ

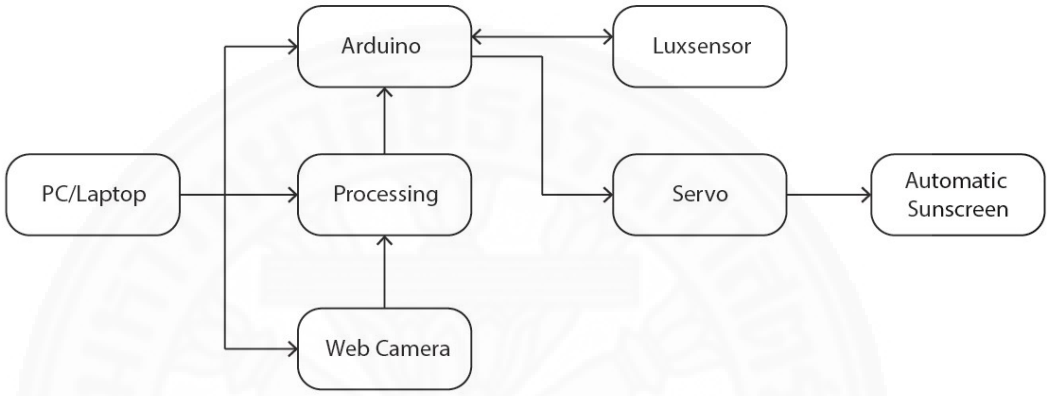
3.8.3 การประเมินผลการทดลองด้วยแบบจำลองแบบที่มีผู้ใช้งานหลากหลาย

การทดสอบด้วยแบบจำลองแบบผู้ใช้งานหลายคนเป็นการทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบพื้นที่ที่สนใจ (Station) ที่มีการทำงานร่วมกันของชุดอุปกรณ์ที่มากกว่า 1 ชุดขึ้นไป ซึ่งในการทดลองนี้จะจำลองทั้งหมด 2 Station การประเมินผลจะประเมินจากความถูกต้องของระบบตรวจจับ โดยจะเปิดให้ระบบทำงานต่อเนื่อง 5 นาที โดยรายงานค่าทุก ๆ 3 วินาที ซึ่งจะมีการส่งค่าทั้งหมด 100 ครั้ง โดยประเมินผลเป็นเปอร์เซ็นต์ของประสิทธิภาพการทำงานทั้งหมด และการทดลองส่วนที่ 2 จะเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ของการทำงานระหว่างเซ็นเซอร์วัดแสง และค่าที่กำหนดในระบบ โดยประเมินจากการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ และเครื่องมือวัดแสง (Lux Meter) ว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยจะประเมินผลจากองศาของเซอร์โวมอเตอร์ และค่าความส่องสว่างที่เซ็นเซอร์วัดได้ เพื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อน และหลังการทดสอบ

บทที่ 4
ผลการวิจัย และอภิปรายผล

4.1. การพัฒนาระบบ

4.1.1 การพัฒนาระบบสำหรับตรวจจับวัตถุ



ภาพที่ 4.1 ผังการเชื่อมต่อของระบบ

ระบบตรวจจับวัตถุถูกพัฒนาขึ้นบนโปรแกรม Processing รุ่น 3.0.1 บนคอมพิวเตอร์พกพา ASUS รุ่นK46C หน่วยประมวลผลกลาง Intel Core i3 1.80Ghz หน่วยความจำขนาด 8 GB ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 และการทำงานผ่านโปรแกรม Processing ซึ่งระบบจะประกอบไปด้วย Library Code ที่ช่วยในการทำงานดังนี้

(1) processing. video ใช้ในการเชื่อมต่อกล้องบันทึกภาพเข้ากับ Processing Software

(2) blob Detection ใช้ในการวิเคราะห์ภาพวีดีโอ

(3) processing. Serial ใช้ในการส่งข้อมูลไปยัง Arduino Microcontroller Board

การพัฒนาระบบวิเคราะห์รูปทรง และสัดส่วนของวัตถุ โดยเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างเฟรมภาพตั้งต้น และเฟรมภาพปัจจุบัน หรือเทคนิค Background Subtraction ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบเม็ดสีแต่ละจุดระหว่างภาพ เม็ดสีที่เหมือนกันจะถูกประมวลผลเป็นสีขาว และเมื่อมีค่าเม็ดสีที่แตกต่างจากค่าตั้งต้นระบบจะแสดงผลเป็นจุดสีดำ โดยในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้เป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพนิ่งที่ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกไว้ กับเฟรมภาพปัจจุบันที่ได้จากกล้องบันทึกภาพวีดีโอ และกำหนดให้มีการบันทึกภาพใหม่ทุก ๆ 1 ชม เมื่อไม่มีวัตถุอยู่ในภาพ เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาที่มีโอกาสเกิดขึ้นจากความเปลี่ยนแปลงของแสงธรรมชาติในอาคาร ซึ่งการ

ตรวจจับจะเริ่มต้นทำงานต่อเมื่อมีการกำหนดขอบเขตของบริเวณที่ต้องการตรวจจับ หรือการสร้าง Station โดยแบ่งลักษณะการตรวจจับออกเป็น 2 ลักษณะได้แก่ ลักษณะของการยืน และลักษณะของการนั่ง โดยในการทดลองนี้ได้ให้ความสำคัญต่อท่าทางนั่งมากกว่าการยืนโดยถือว่าท่าทางยืน คือ การเปลี่ยนผ่านพื้นที่เท่านั้น และกำหนดให้ท่าทางนั่ง คือ การทำกิจกรรมประเภทที่มีการใช้แสงสว่างมาก เช่น การทำงาน การอ่านหนังสือ เป็นต้น ซึ่งกำหนดให้ระบบส่งค่าตัวเลขไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งตัวเลขดังกล่าวจะมีผลต่อการเรียกใช้ฟังก์ชั่นค่าแสงที่กำหนดไว้ตามเงื่อนไขต่าง ๆ เป็นค่าดังนี้

ตารางที่ 4.1

ลักษณะ และการแสดงผลของระบบ

ลักษณะ	ค่าตัวเลข	ความส่องสว่าง	องศา
ไม่มีวัตถุ	0	0	0
ยืน	1	ค่าลักซ์ (1)	องศา(A)
นั่ง	2	ค่าลักซ์ (2)	องศา(B)
ยืน และนั่ง	2	ค่าลักซ์ (2)	องศา(B)

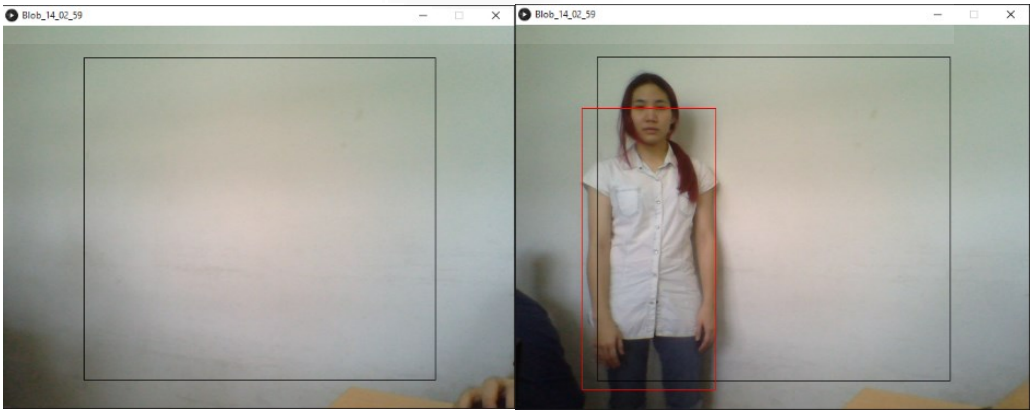
โดยกำหนดให้

เมื่อไม่มีผู้ใช้งาน(Non) หมายถึง ระบบจะส่งค่าเลข 0 ไปยัง Arduino Microcontroller Board

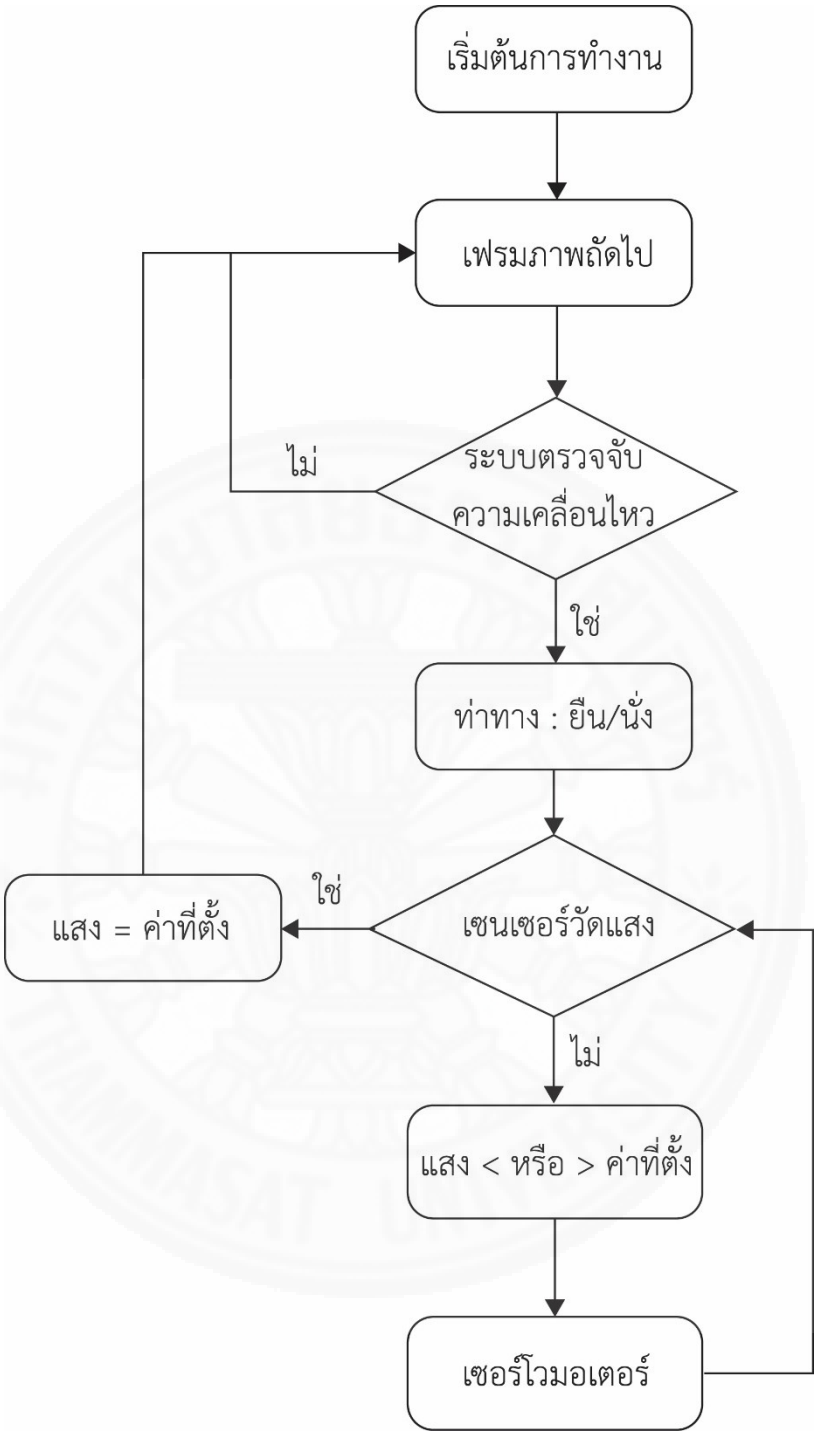
ยืน (Stand) หมายถึง ระบบจะส่งค่าเลข 1 ไปยัง Arduino Microcontroller Board

นั่ง (Sit) หมายถึง ระบบจะส่งค่าเลข 2 ไปยัง Arduino Microcontroller Board

ยืน และนั่ง (Sit) หมายถึง ระบบจะส่งค่าเลข 2 ไปยัง Arduino Microcontroller Board



ภาพที่ 4.2 ระบบตรวจจับวัตถุขณะทำงาน ขณะไม่มีวัตถุ (ซ้าย) ขณะมีวัตถุ (ขวา)



ภาพที่ 4.3 การทำงานของระบบ

4.1.2 การพัฒนาระบบสำหรับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

การแสดงผลเชิงกายภาพนั้นจะถูกพัฒนาขึ้นบนโปรแกรม Arduino รุ่น 1.0.6 บนคอมพิวเตอร์พกพา ASUS รุ่นK46C หน่วยประมวลผลกลาง Intel Core i3 1.80Ghz

หน่วยความจำ 8 GB ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 และการทำงานผ่านโปรแกรม Arduino ซึ่งระบบจะประกอบไปด้วย Library Code ที่ช่วยในการทำงานดังนี้

(1) Adafruit_Sensor ใช้ในการควบคุมการทำงานของ Adafruit Lux sensor

(2) Adafruit_TSL2561_U ใช้ในการควบคุมการทำงานของ Adafruit Lux sensor

(3) เซอร์โวมอเตอร์ ใช้ในการควบคุมการทำงาน เซอร์โวมอเตอร์

ระบบส่วนนี้เป็นการพัฒนาเพื่ออ่านค่า ตัวเลข 0 ถึง 2 ที่ส่งมาจากระบบตรวจจับวัตถุ หรือโปรแกรม Processing โดยมีการกำหนดฟังก์ชั่นออกเป็น 3 ฟังก์ชั้นเพื่อใช้ตอบสนองต่อค่าตัวเลขที่อ่านได้

(1) Serial read = 0 เซอร์โวมอเตอร์ จะค่อยๆลดลงจนเท่ากับ 0 องศา

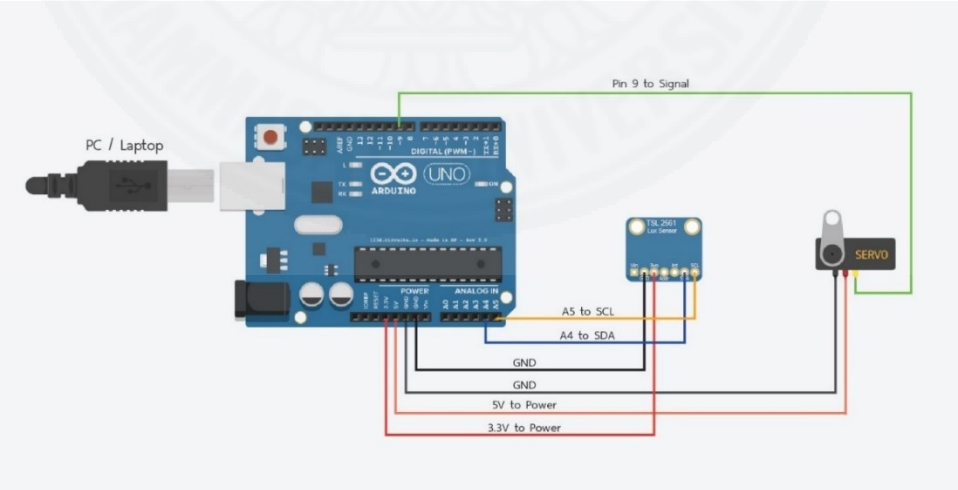
(2) Serial read = 1 เซอร์โวมอเตอร์ จะค่อยๆเพิ่มขึ้น หรือ ลดลงจนเท่ากับ ค่าแสงที่ (1)

(3) Serial read = 2 เซอร์โวมอเตอร์ จะค่อยๆเพิ่มขึ้น หรือ ลดลงจนเท่ากับ ค่าแสงที่ (2)

โดยค่าแสงภายในพื้นที่ทดสอบจะถูกวัดจาก Adafriut Lux sensor และนำมาเปรียบเทียบเข้ากับค่าแสงที่ (1) หรือ (2) เพื่อเป็นตัวกำหนดการทำงานของ เซอร์โวมอเตอร์ โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีได้แก่

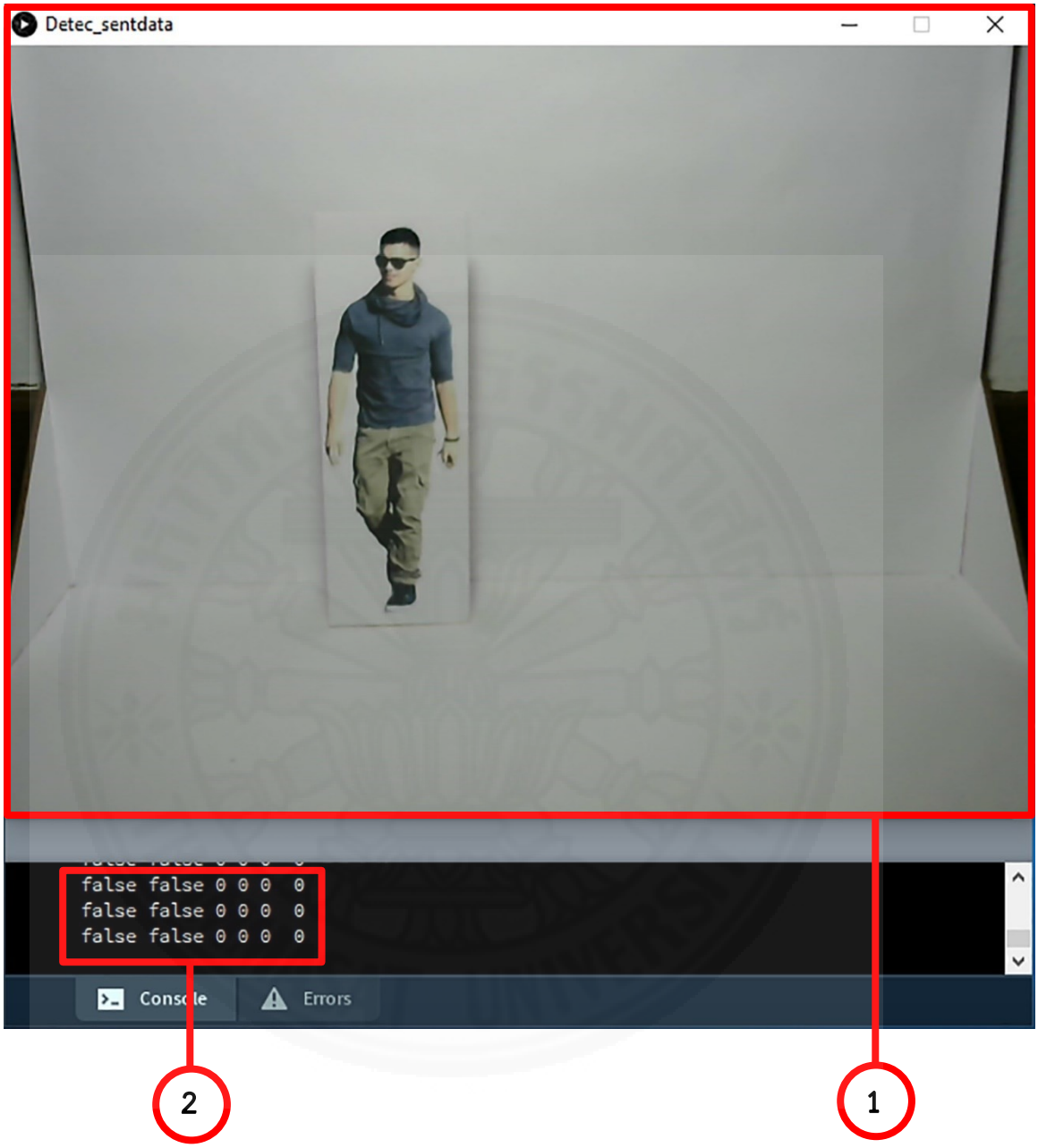
กรณีที่ปริมาณความส่องสว่าง ของพื้นที่มีค่าน้อยกว่าค่าแสง องศาของ เซอร์โวมอเตอร์ จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งปริมาณความส่องสว่าง ที่ได้มีค่าเท่ากับค่าแสงที่ (1) หรือ (2) ตามที่กำหนดไว้

กรณีที่ปริมาณความส่องสว่าง ของพื้นที่มีค่ามากกว่าค่าแสง องศาของ เซอร์โวมอเตอร์ จะค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งปริมาณความส่องสว่าง ที่ได้มีค่าเท่ากับค่าแสงที่ (1) หรือ (2) ตามที่กำหนดไว้



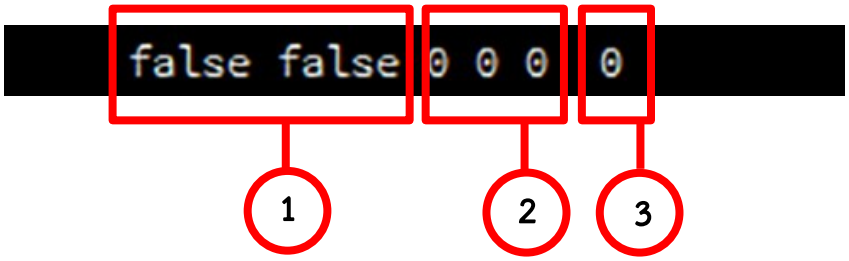
ภาพที่ 4.4 วิธีการต่อวงจร Arduino Microcontroller Board (ดัดแปลงจาก https://123d.circuits.io/)

ผลการทดสอบด้วยแบบจำลอง



ภาพที่ 4.5 ภาพระบบขณะทำงาน

หน้าจอการแสดงผลของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักได้แก่ ส่วนแสดงผลภาพวีดีโอ (1) ซึ่งจะปรากฏขึ้นเมื่อสั่งให้ระบบเริ่มทำงาน และส่วนแสดงผลเชิงข้อมูล หรือส่วนรายงายผล (2)โดยจะเริ่มรายงานผลเมื่อสั่งให้ระบบเริ่มต้นการทำงาน



ภาพที่ 4.6 การรายงานค่าที่ตรวจจับได้ของระบบ

ส่วนที่ (1) คือ การรายงานสถานะของการตรวจจับวัตถุเมื่อระบบสามารถตรวจจับวัตถุได้ ระบบจะแสดงผลเป็น true และเมื่อไม่สามารถตรวจจับวัตถุได้ระบบจะแสดงสถานะเป็น false

ส่วนที่ (2) จำนวนครั้งที่นับได้ในการทดสอบ โดยจะแบ่งออกเป็น 3 เงื่อนไขดังนี้

หลักตัวเลขที่ 1 จะนับเมื่อสามารถตรวจจับท่าทางในลักษณะยืนเท่านั้น

หลักตัวเลขที่ 2 จะนับเมื่อสามารถตรวจจับท่าทางในลักษณะนั่งเท่านั้น

หลักตัวเลขที่ 3 จะนับเมื่อสามารถตรวจจับท่าทางในลักษณะยืน และนั่งได้พร้อมกัน

ส่วนที่ (3) ค่าตัวเลขที่ส่งไปยัง Arduino Microcontroller Board โดยจะมีทั้งหมด 4 สถานะได้แก่

เมื่อไม่มีวัตถุ ค่าตัวเลข = 0

เมื่อตรวจจับท่าทางยืน ค่าตัวเลข = 1

เมื่อตรวจจับท่าทางนั่ง ค่าตัวเลข = 2

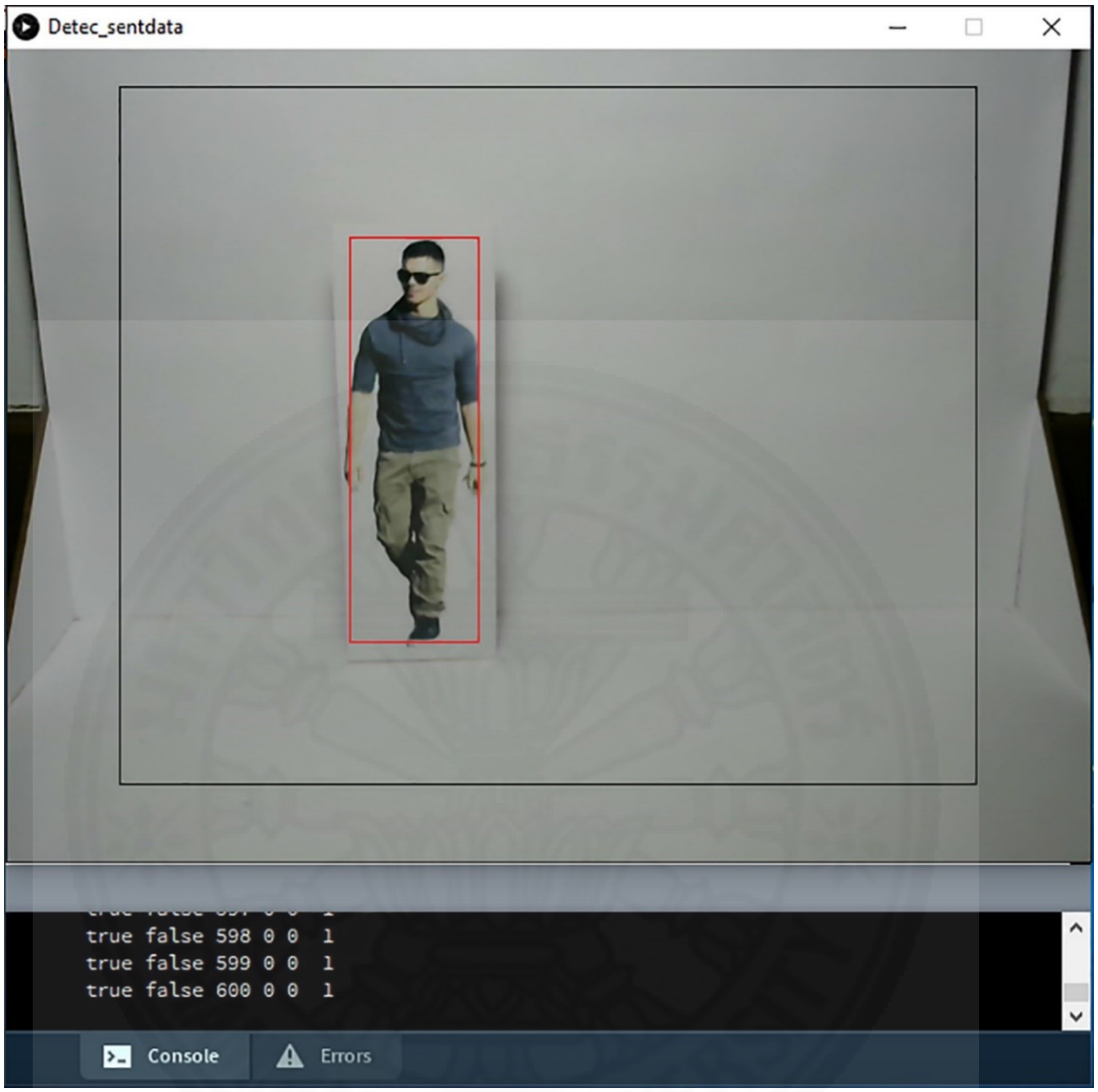
เมื่อตรวจจับท่าทางยืน และนั่งได้พร้อมกัน ค่าตัวเลข = 2

ตารางที่ 4.2

ตารางสรุปผลการทดลองด้วยแบบจำลอง

การทดลอง	ส่งค่าถูกต้อง	ส่งค่าผิดพลาด	รวม
ครั้งที่ 1	600	0	600
ครั้งที่ 2	600	0	600
ครั้งที่ 3	600	0	600
ครั้งที่ 4	595	5	600
ครั้งที่ 5	575	25	600

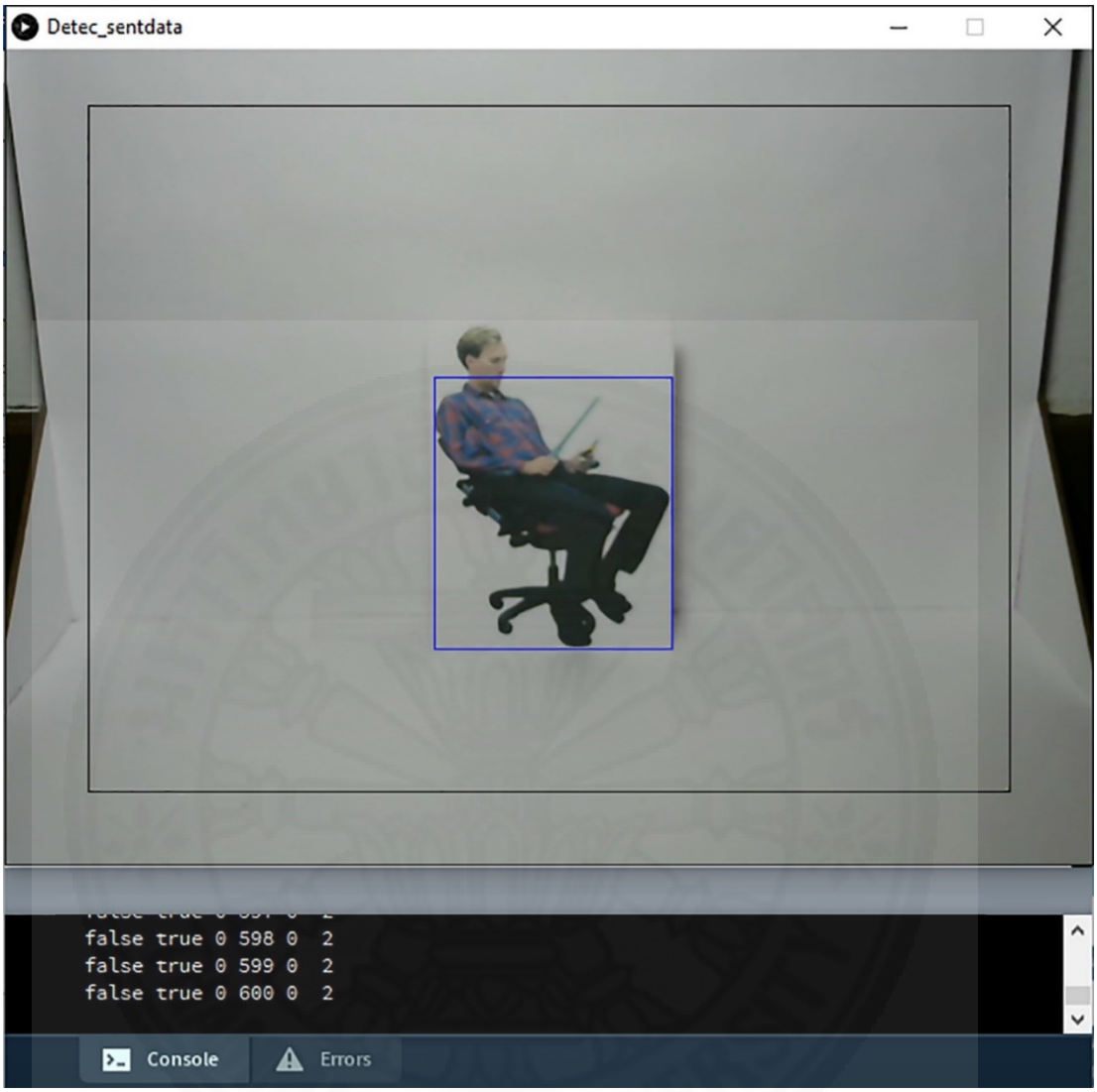
4.2.1 การทดลองครั้งที่ 1



ภาพที่ 4.7 การทดลองครั้งที่ 1

ทำการทดลองระบบด้วยภาพคนในลักษณะยืนเพียงอย่างเดียว โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้องทั้งหมด 600 ครั้ง และส่งค่าผิดทั้งหมด 0 ครั้ง

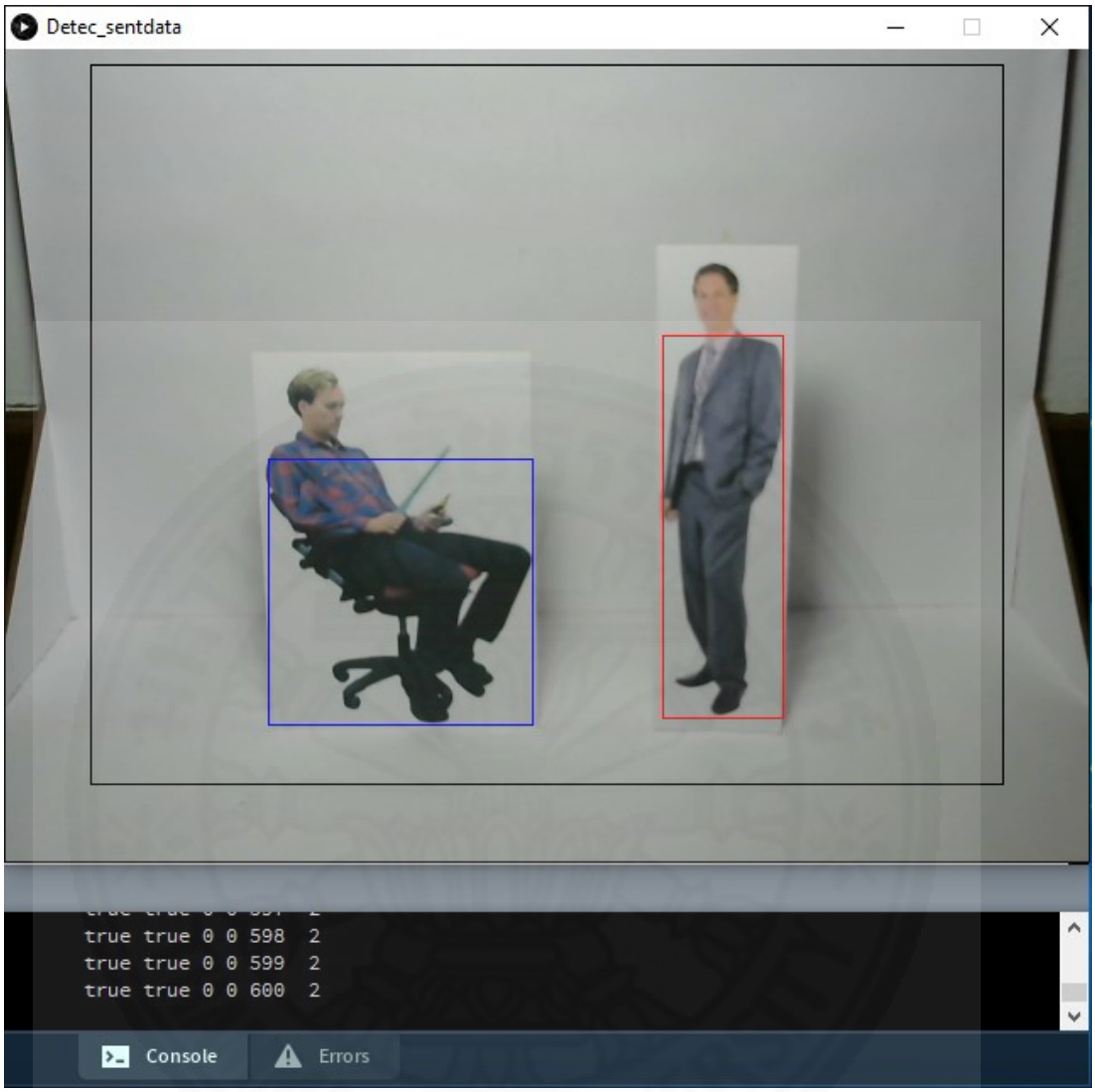
4.2.2 การทดลองครั้งที่ 2



ภาพที่ 4.8 การทดลองครั้งที่ 2

ทำการทดลองระบบด้วยภาพคนในลักษณะนั่งเพียงอย่างเดียว โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้องทั้งหมด 600 ครั้ง และส่งค่าผิดทั้งหมด 0 ครั้ง

4.2.3 การทดลองครั้งที่ 3



ภาพที่ 4.9 การทดลองครั้งที่ 3

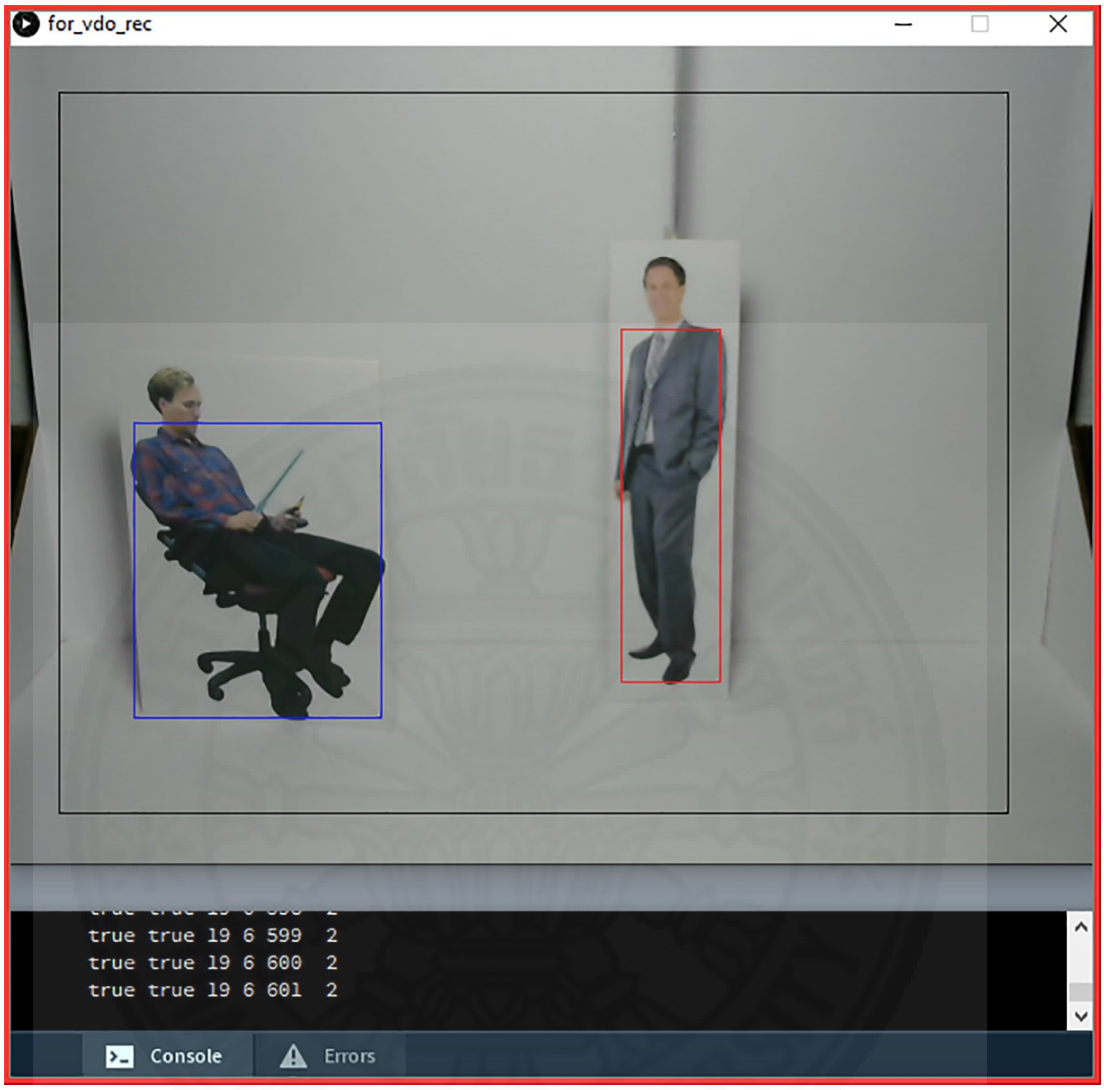
ทำการทดลองระบบด้วยภาพคนในลักษณะยืน และนั่งในขณะเดียวกัน โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้องทั้งหมด 600 ครั้ง และส่งค่าผิดทั้งหมด 0 ครั้ง

4.2.4 การทดลองครั้งที่ 4

ภาพที่ 4.10 การทดลองครั้งที่ 4

ทำการทดลองระบบด้วยภาพคนในลักษณะยืนที่มีการเคลื่อนไหว และเปลี่ยนตำแหน่ง โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้องทั้งหมด 595 ครั้ง และส่งค่าผิดทั้งหมด 5 ครั้ง

4.2.5 การทดลองครั้งที่ 5



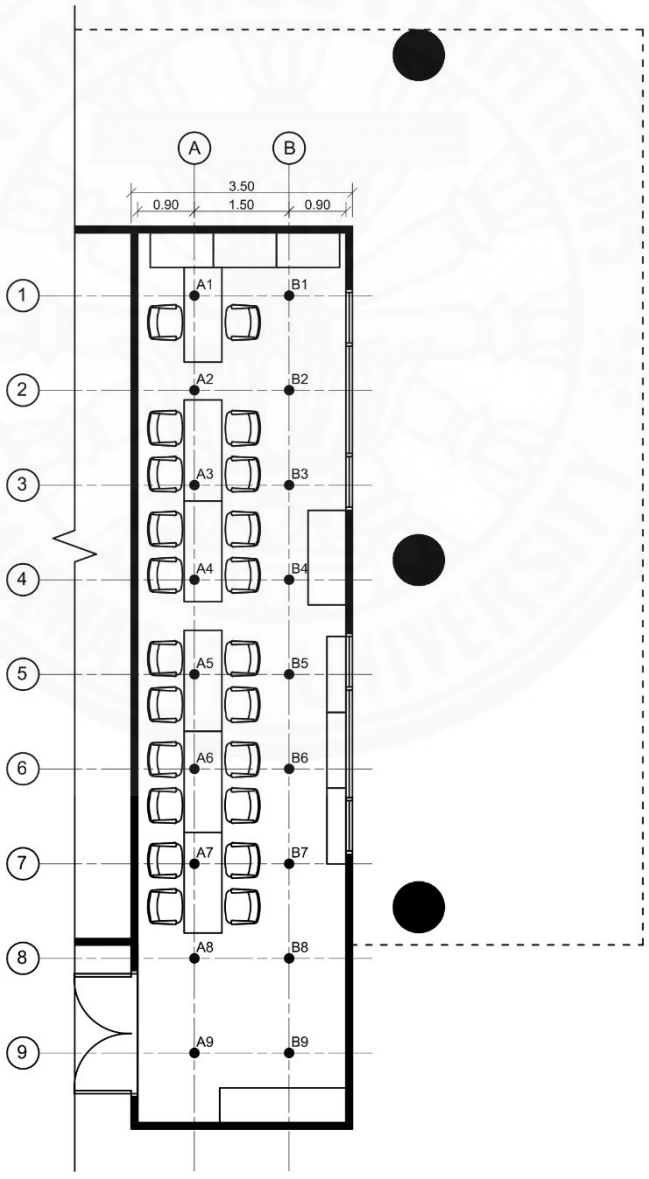
ภาพที่ 4.11 การทดลองครั้งที่ 5

ทำการทดลองระบบด้วยภาพคนในลักษณะยืน และนั่งในขณะเดียวกัน โดยที่มีการเคลื่อนไหวและเปลี่ยนตำแหน่งของภาพคนในลักษณะยืน โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้องทั้งหมด 575 ครั้ง และส่งค่าผิดทั้งหมด 25 ครั้ง

4.3 ผลการทดสอบด้วยสถานที่ทดสอบ

4.3.1 ค่าความส่องสว่างในพื้นที่

การวัดค่าแสงในการทดลองนี้เป็นการคำนวณจากโปรแกรมคำนวณ (Weather Data) โดยมีการกำหนดจุดสำหรับวัดแสงทั้งหมด 18 จุด ระยะห่างระหว่างกำแพง และจุด A, B กำหนดให้มีระยะห่าง 90 เซนติเมตร ให้ระยะห่างระหว่างจุด A ถึง B มีระยะห่าง 1.5 เมตร ให้ระยะห่างระหว่างกำแพงถึงจุดที่ 1 มีระยะห่าง 1 เมตร และกำหนดให้จุดที่ 1 – 9 มีระยะห่างกันทุก ๆ 1.5 เมตร โดยในการทดลองจะสามารถทดลองได้ในช่วงเวลาตั้งแต่ 9:00 – 16:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีค่าความส่องสว่างเกิน 500 ลักซ์ และเลือกใช้ค่าความส่องสว่างตามมาตรฐาน IES เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 4.12 ผังห้องทดลอง และจุดสำหรับวัดแสง

ตารางที่ 4.3

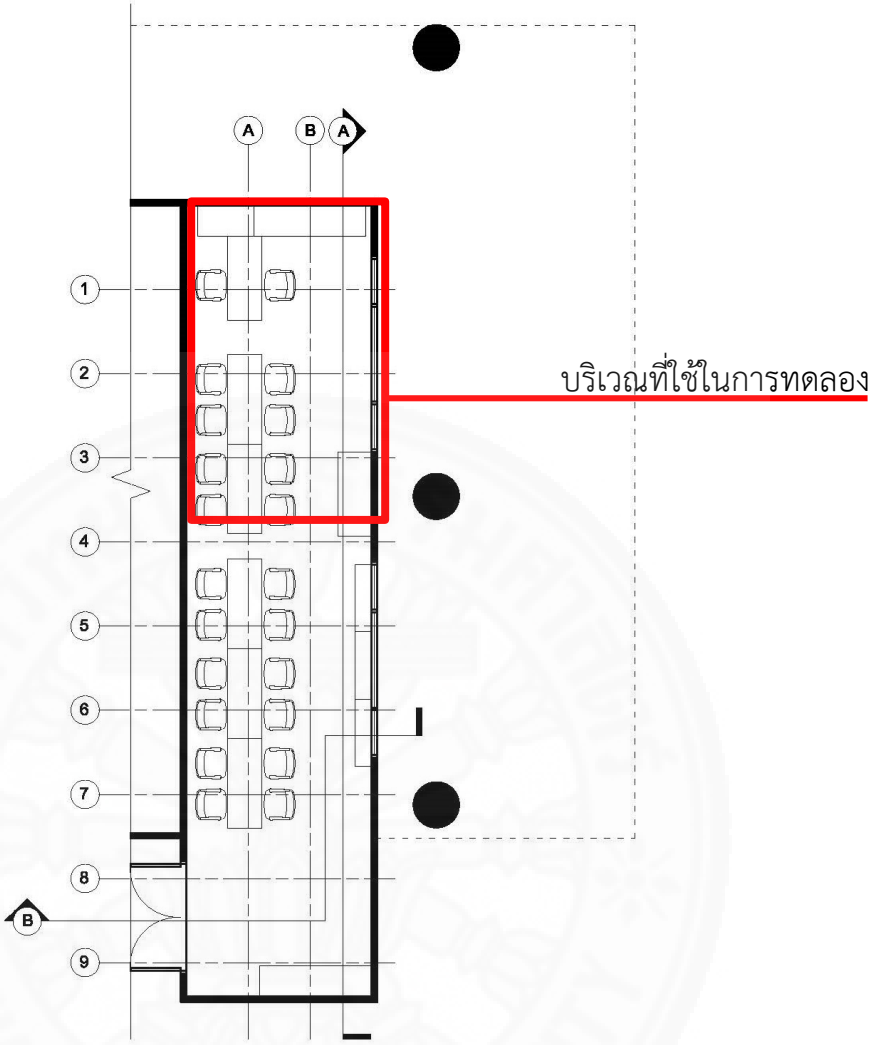
ตารางสรุปค่าความส่องสว่างในแต่ละช่วงเวลา

วันที่	**เวลา**	**ค่าเฉลี่ย(LUX)**	**ค่าสูงสุด(LUX)**	**ค่าต่ำสุด(LUX)**
Vernal Equinox	8:00	1181	1682	636
21-Mar	9:00	1327	1769	755
	10:00	1323	1707	780
	11:00	1216	1543	726
	12:00	1116	1403	663
	13:00	1056	1309	619
	14:00	983.87	1214	574
	15:00	846.19	1053	485
	16:00	604.82	757	354
	17:00	297.99	384	176
Summer solstice	8:00	1053	1488	504
21-Jun	9:00	1217	1643	628
	10:00	1225	1597	666
	11:00	1197	1525	666
	12:00	1116	1396	628
	13:00	993.81	1232	566
	14:00	890.79	1108	515
	15:00	688.01	854	401
	16:00	501.43	629	292
	17:00	279.91	361	163

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ตารางสรุปค่าความส่องสว่างในแต่ละช่วงเวลา

Autumn Equinox	8:00	1182	1652	657
23-Sep	9:00	1399	1849	815
	10:00	1358	1758	820
	11:00	1099	1407	673
	12:00	817.76	1043	491
	13:00	785.19	984	482
	14:00	761.53	951	467
	15:00	640	802	391
	16:00	382.21	489	230
	17:00	86.21	110	51.3
Winter solstice	8:00	669.16	1086	313
21-Dec	9:00	1087	3341	547
	10:00	1352	6246	642
	11:00	1057	1352	668
	12:00	987.07	1251	633
	13:00	934.44	1169	591
	14:00	839.93	1050	521
	15:00	668.39	841	411
	16:00	372.48	479	229
	17:00	43.46	55.73	25.96



ภาพที่ 4.13 บริเวณห้องที่ใช้ในการทดลอง

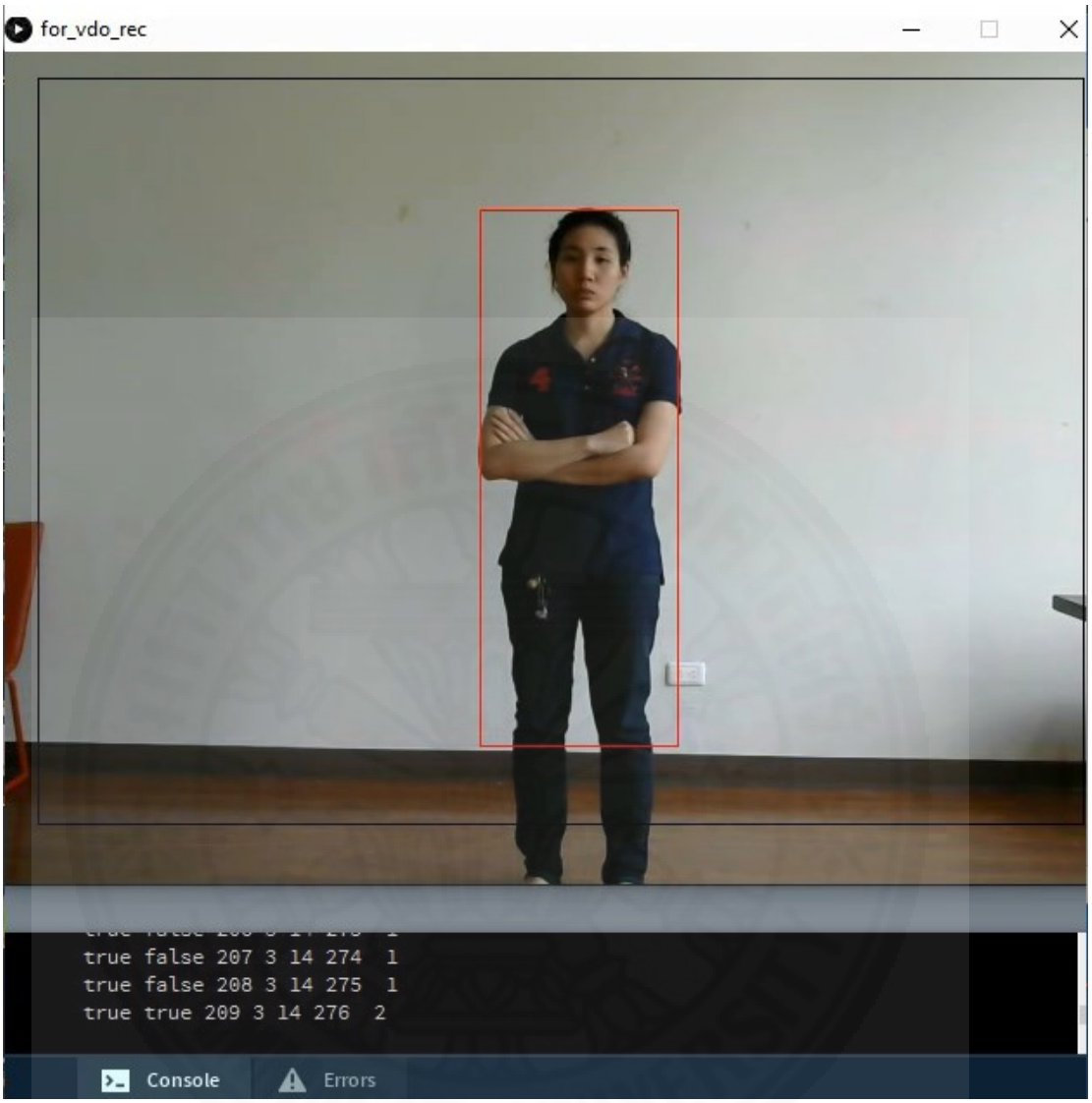
ตารางที่ 4.4

ผลการทดสอบระบบตรวจจับด้วยสถานที่จริง

การทดลอง	ประสิทธิภาพ(%)	ส่งค่าถูกต้อง	ส่งค่าผิดพลาด	รวม
ยืน - ไม่ใช้แผง	81.7	245	55	300
ยืน - ใช้แผง	95.3	286	14	300
นั่ง - ไม่ใช้แผง	78	234	66	300
นั่ง - ใช้แผง	79.3	238	62	300

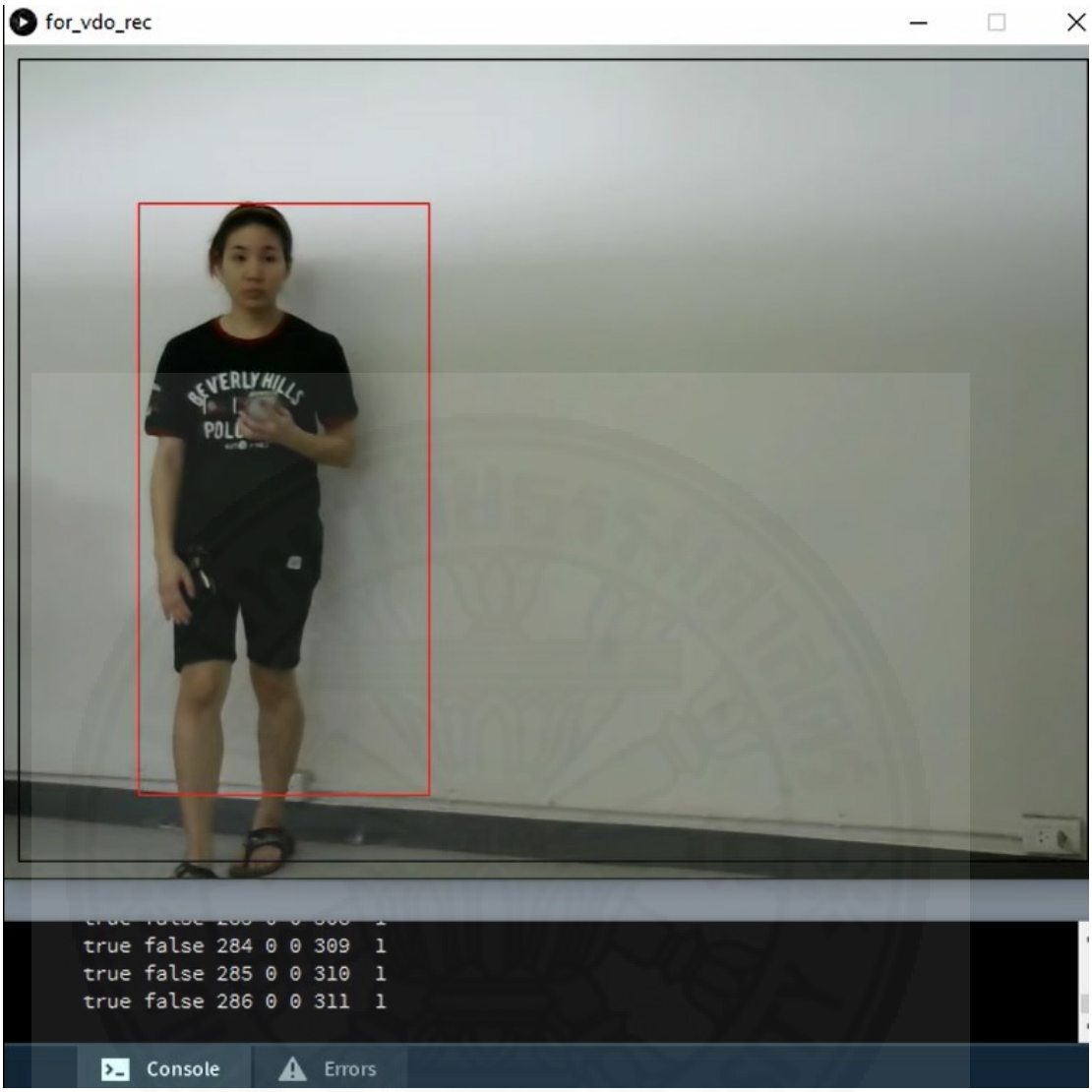
หมายเหตุ. แผง หมายถึง แผงกันแดดอัตโนมัติ

4.3.2 ผลการทดสอบการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวท่าทางยืน



ภาพที่ 4.14 การทดลองสถานที่จริงด้วยท่าทางยืนโดยไม่ใช้แผงกันแดดอัตโนมัติ

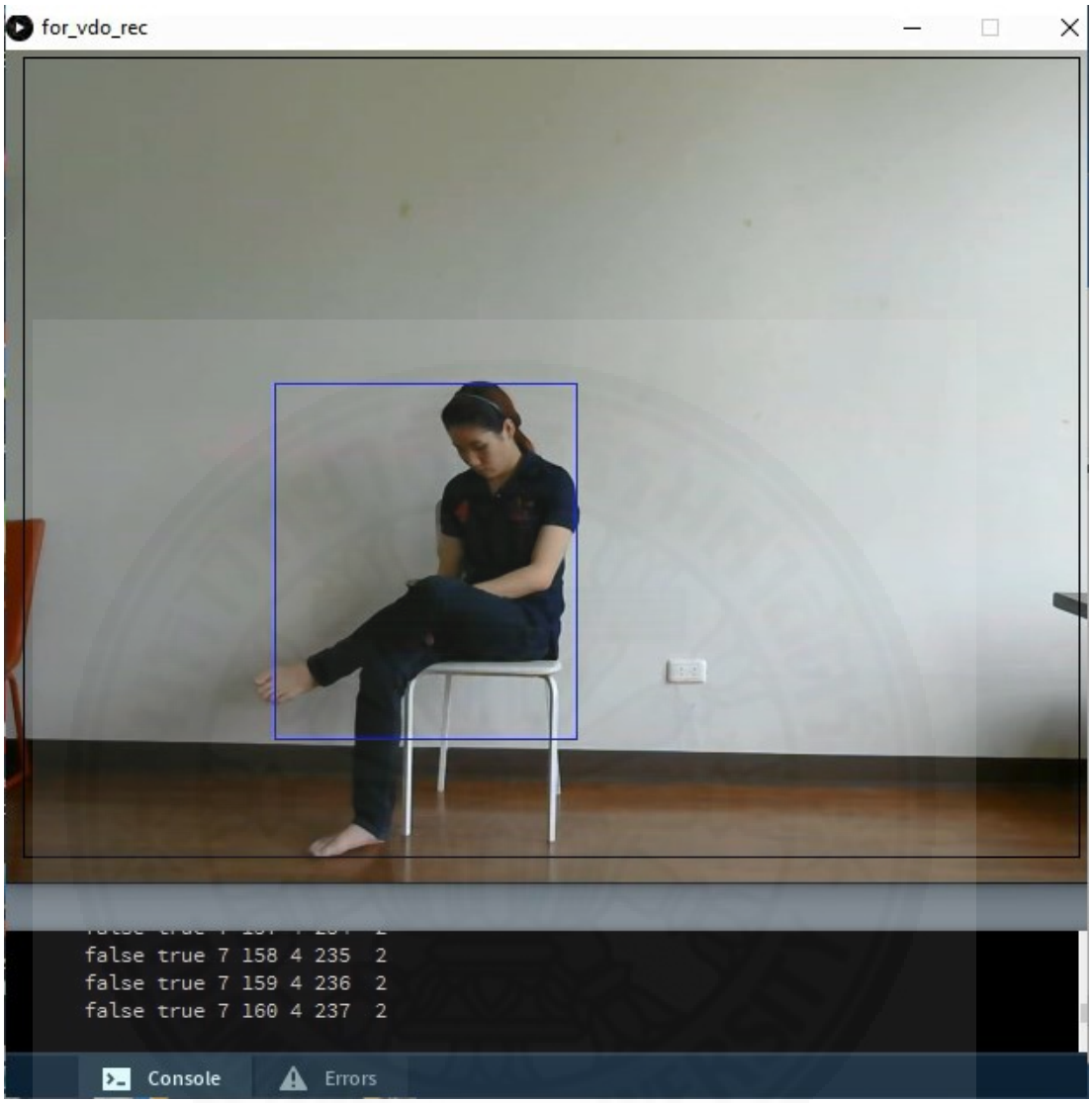
ทำการทดลองระบบด้วยภาพคนในลักษณะยืนแบบไม่ติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ โดยเริ่มนับจากวินาทีที่ 30 เป็นต้นไปถึงวินาทีที่ 330 หรือมีการส่งค่าทั้งหมด 300 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้องทั้งหมด 245 ครั้ง และส่งค่าผิดทั้งหมด 21 ครั้ง และไม่สามารถจับค่าได้ทั้งหมด 38 ครั้ง



ภาพที่ 4.15 การทดลองสถานที่จริงด้วยท่าทางยืนโดยใช้แผงกันแดดอัตโนมัติ

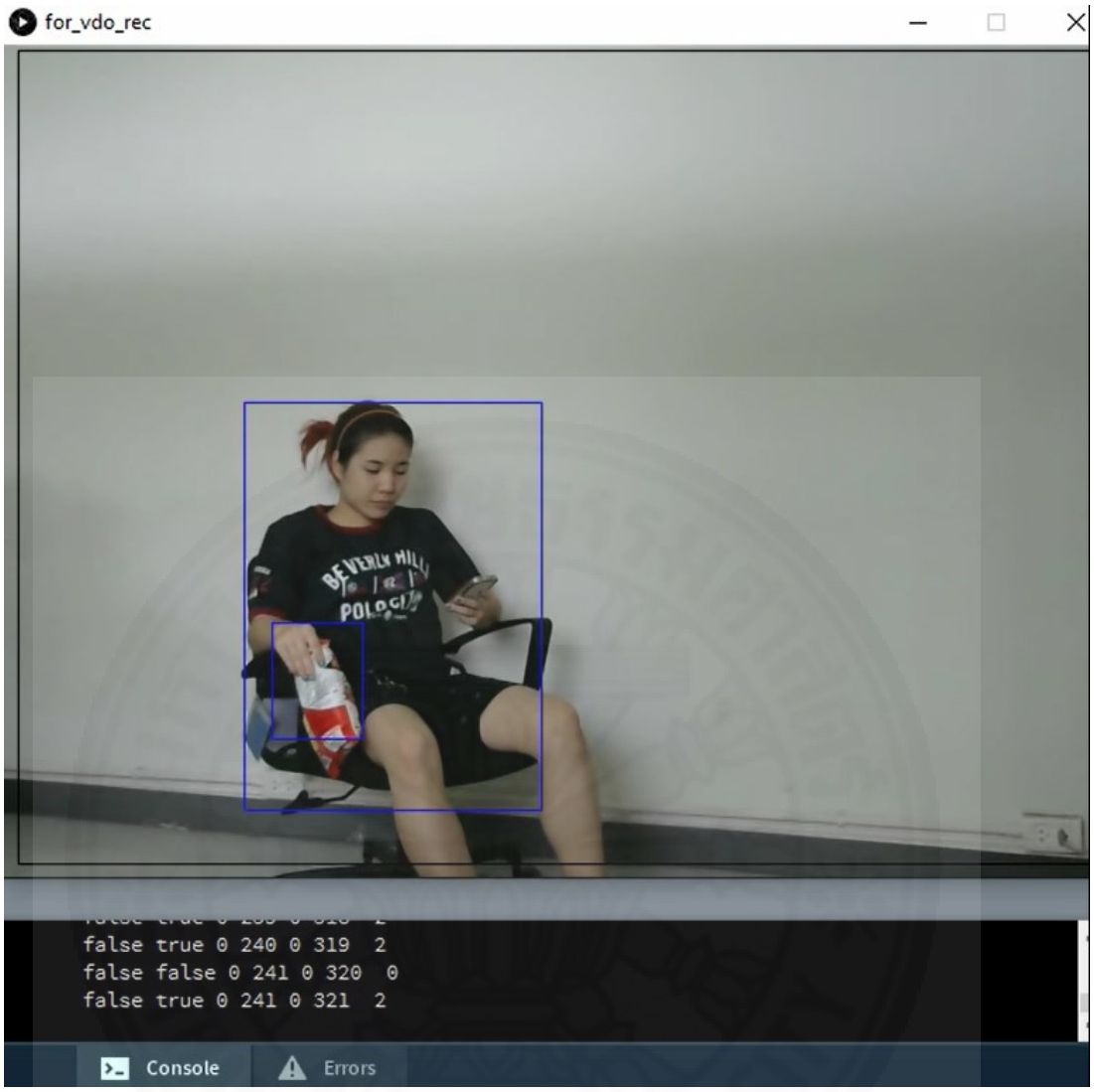
ทำการทดลองระบบด้วยภาพคนในลักษณะยืนแบบติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติภายในห้องทดลอง โดยเริ่มนับจากวินาทีที่ 11 เป็นต้นไปถึงวินาทีที่ 311 หรือมีการส่งค่าทั้งหมด 300 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้องทั้งหมด 286 ครั้ง และส่งค่าผิดทั้งหมด 0 ครั้ง และไม่สามารถจับค่าได้ทั้งหมด 14 ครั้ง

4.3.3 ผลการทดสอบการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวด้วยท่าทางนั่ง



ภาพที่ 4.16 การทดลองสถานที่จริงด้วยท่าทางนั่งโดยไม่ใช้แผงกันแดดอัตโนมัติ

ทำการทดลองระบบด้วยภาพคนในลักษณะนั่งแบบไม่ติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ โดยเริ่มนับจากวินาทีที่ 30 เป็นต้นไปถึงวินาทีที่ 330 หรือมีการส่งค่าทั้งหมด 300 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้องทั้งหมด 234 ครั้ง และส่งค่าผิดทั้งหมด 11 ครั้ง และไม่สามารถจับค่าได้ทั้งหมด 55 ครั้ง



ภาพที่ 4.17 การทดลองสถานที่จริงด้วยท่าทางนั่งโดยใช้แผงกันแดดอัตโนมัติ

ทำการทดลองระบบด้วยภาพคนในลักษณะนั่งแบบติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ โดยเริ่มนับจากวินาทีที่ 20 เป็นต้นไปถึงวินาทีที่ 320 หรือมีการส่งค่าทั้งหมด 300 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้องทั้งหมด 238 ครั้ง และส่งค่าผิดทั้งหมด 0 ครั้ง และไม่สามารถจับค่าได้ทั้งหมด 62 ครั้ง

4.3.4 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์แสง และเซอร์โวมอเตอร์

จากการทดสอบเซ็นเซอร์วัดแสง ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำ (Calibration) พบว่าเซ็นเซอร์วัดแสงมีค่าคาดเคลื่อน 29 ลักซ์เสมอ และกำหนดให้ภายในห้องทดลองมีค่าความส่องสว่างเริ่มต้นเท่ากับ 100 ลักซ์ โดยเซอร์โวมอเตอร์จะมีค่าองศาเริ่มต้นเท่ากับ 150 องศา(สถานะปิด) และต่ำที่สุด 20 องศา(สถานะเปิด)โดยกำหนดให้ระบบที่พัฒนาขึ้นมีเงื่อนไขดังนี้

(1) ไม่มีวัตถุ: ค่าแสง > 0 ลักซ์: องศาเซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มองศาขึ้น

(2) ท่าทางยืน: ค่าแสง < 100 ลักซ์: เซอร์โวมอร์เตอร์ลดองศาลง
ค่าแสง > 150 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มองศาขึ้น

(3) ท่าทางนั่ง: ค่าแสง < 500 ลักซ์: เซอร์โวมอร์เตอร์ลดองศาลง
ค่าแสง > 550 ลักซ์: เซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มองศาขึ้น

ตารางที่ 4.5

ตารางผลการทดสอบการแสดงผลของแผงกันแดด

การทดสอบด้วยสถานที่จริง				
การทดลอง	**ความส่องสว่าง ก่อนปรับแสง(LUX)**	**ความส่องสว่าง หลังปรับแสง(LUX)**	**องศาเริ่มต้น**	**องศาสิ้นสุด**
การทดสอบสถานะไม่มีวัตถุไปสู่สถานะยืน	101	101	150	150
การทดสอบสถานะยืนไปสู่สถานะไม่มีวัตถุ	101	101	150	150
การทดสอบสถานะไม่มีวัตถุไปสู่สถานะนั่ง	101	169	150	20
การทดสอบสถานะนั่งไปสู่สถานะไม่มีวัตถุ	169	101	20	150
การทดสอบสถานะยืนไปสู่สถานะนั่ง	101	169	20	150
การทดสอบสถานะนั่งไปสู่สถานะยืน	169	124	150	non

หมายเหตุ. non หมายถึง องศาการเปิดที่มีค่าระหว่าง 21 – 149 องศา

4.3.4.1 การทดสอบสถานะไม่มีวัตถุไปสู่สถานะยืน

ภาพที่ 4.18 การเปลี่ยนจากสถานะไม่มีวัตถุไปสู่สถานะนั่ง

กำหนดให้ค่าแสงที่วัด < 100 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์ลงองศาลง

จากการทดสอบสถานะไม่มีวัตถุไปสู่สถานะยืน โดยกำหนดให้ในการทดสอบภายในห้องมีค่าแสงเริ่มต้นเท่ากับ 101 ลักซ์ เมื่อระบบสามารถตรวจจับสถานะยืนได้ เซอร์โวมอเตอร์จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากค่าแสงที่เซ็นเซอร์แสงจับได้จะมีค่าประมาณ 127 ลักซ์ ซึ่งมีค่าความส่องสว่างมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4.3.4.2 การทดสอบสถานะยืนไปสู่สถานะไม่มีวัตถุ

ภาพที่ 4.19 การเปลี่ยนจากสถานะยืนไปสู่สถานะไม่มีวัตถุ

กำหนดให้ค่าแสงที่วัด > 0 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มองศาขึ้น

จากการทดสอบสถานะยืนไปสู่สถานะไม่มีวัตถุ โดยกำหนดให้การทดสอบภายในห้องมีค่าแสงเริ่มต้นเท่ากับ 124 ลักซ์ เมื่อระบบไม่สามารถตรวจจับสถานะใด ได้เซอร์โวมอเตอร์จะเพิ่มองศาขึ้นจาก non -> 150 จนกว่าเซอร์โวมอเตอร์จะมีค่าองศาเท่ากับ 150

4.3.4.3 การทดสอบสถานะไม่มีวัตถุไปสู่สถานะนั่ง

ภาพที่ 4.20 การเปลี่ยนจากสถานะไม่มีวัตถุไปสู่สถานะนั่ง

กำหนดให้ค่าแสงที่วัด < 500 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์ลดองศาลง

จากการทดสอบสถานะไม่มีวัตถุไปสู่สถานะนั่ง โดยกำหนดให้การทดสอบภายในห้องมีค่าแสงเริ่มต้นเท่ากับ 101 ลักซ์ เมื่อระบบสามารถตรวจจับสถานะนั่งได้ เซอร์โวมอเตอร์จะลดองศาลง จะ 150 -> 20 หรือจนกว่าเซ็นเซอร์แสงจะวัดค่าแสงได้มากว่าเท่ากับ 500 ลักซ์ ค่าแสงที่วัดได้หลังจากการทดลองมีค่าเท่ากับ 169 ลักซ์

4.3.4.4 การทดสอบสถานะนั่งไปสู่สถานะไม่มีวัตถุ

ภาพที่ 4.21 การเปลี่ยนจากสถานะนั่งไปสู่สถานะไม่มีวัตถุ

กำหนดให้ค่าแสงที่วัด > 0 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มองศาขึ้น

จากการทดสอบสถานะนั่งไปสู่สถานะไม่มีวัตถุ โดยกำหนดให้การทดสอบภายในห้องมีค่าความส่องสว่างเริ่มต้นเท่ากับ 167 ลักซ์ เมื่อระบบไม่สามารถตรวจจับสถานะใดได้ เซอร์โวมอเตอร์จะเพิ่มองศาขึ้นจาก 20 -> 150 จนกว่าเซอร์โวมอเตอร์จะมีค่าองศาเท่ากับ 150

4.3.4.5 การทดสอบสถานะยืนไปสู่สถานะนั่ง

ภาพที่ 4.22 การเปลี่ยนจากสถานะยืนไปสู่สถานะนั่ง

กำหนดให้ค่าแสงที่วัด < 500 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์ลดองศาลง

จากการทดสอบสถานะยืนไปสู่สถานะ**นั่ง** โดยกำหนดให้การทดสอบภายในห้องมีค่าแสงเริ่มต้นเท่ากับ 101 ลักซ์ เมื่อระบบสามารถตรวจจับสถานะนั่งได้ เซอร์โวมอเตอร์จะลดองศาลงจะ 150 -> 20 หรือจนกว่าเซ็นเซอร์แสงจะวัดค่าแสงได้มากว่าเท่ากับ 500 ลักซ์ ค่าแสงที่วัดได้หลังจากการทดลองมีค่าเท่ากับ 168 ลักซ์

4.3.4.6 การทดสอบสถานะนั่งไปสู่สถานะยืน

ภาพที่ 4.23 การเปลี่ยนจากสถานะนั่งไปสู่สถานะยืน

กำหนดให้ค่าแสงที่วัด > 150 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มงศาขึ้น

ค่าแสงที่วัด < 150 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์ลดองศาลง

จากการทดสอบสถานะนั่งไปสู่สถานะยืน โดยกำหนดให้การทดสอบภายในห้องมีค่าแสงเริ่มต้นเท่ากับ 169 ลักซ์ เมื่อระบบสามารถตรวจจับสถานะนั่งได้ เซอร์โวมอเตอร์จะเพิ่มองศาขึ้นจาก 20 -> non หรือจนกว่าเซ็นเซอร์แสงจะวัดค่าแสงได้มากว่าเท่ากับ 150 ลักซ์ ค่าแสงที่วัดได้หลังจากการทดลองมีค่าเท่ากับ 124 ลักซ์

4.4 ผลการทดสอบแบบผู้ใช้หลายคน

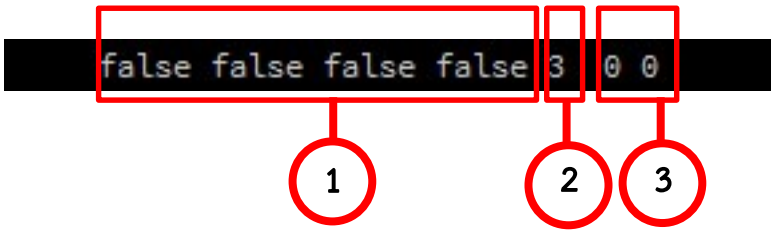
4.4.1 การทำงานของระบบ

การทดสอบแบบผู้ใช้หลายคนจะมีการติดตั้งชุดแผงกันแดดอัตโนมัติ 2 ชุด และมีการสร้างขอบเขตในการตรวจจับทั้งหมด 2 บริเวณ โดยอาศัยการประมวลผลจากคอมพิวเตอร์ ประกอบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม โดยมีลักษณะสถานะต่าง ๆ ที่ตรวจจับได้ (ตารางที่ 4.5) และสถานะการแสดงผลดังนี้

ตารางที่ 4.6

สถานะการทำงาน และค่าที่ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

สถานะ		**การทำงาน**		**ค่าที่ส่ง**
แผงกันแดดที่1	**แผงกันแดดที่2**	**แผงกันแดดที่1**	**แผงกันแดดที่2**	
0	0	-	-	0
1	0	✓	-	1
1	1	✓	✓	2
1	2	✓	✓	3
2	0	✓	-	4
2	1	✓	✓	5
2	2	✓	✓	6
0	1	-	✓	7
0	2	-	✓	8



ภาพที่ 4.24 การรายงานค่าที่ตรวจจับได้ของระบบผู้ใช้หลากหลาย

การรายงานค่าระหว่างการทดสอบ ระบบจะรายงานค่าทุก ๆ 3 วินาที เพื่อให้การแสดงผลผ่านทางแผงกันแดดอัตโนมัติมีความต่อเนื่องของการแสดงผลมากขึ้นจากการทดสอบด้วยสถานที่จริง โดยการรายงานค่าระหว่างการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ (1) คือ การรายงานสถานะของการตรวจจับวัตถุเมื่อระบบสามารถตรวจจับวัตถุได้ระบบจะแสดงผลเป็น true และเมื่อไม่สามารถตรวจจับวัตถุได้ระบบจะแสดงสถานะเป็น false การแสดงผลจะเรียงลำดับจาก Data1, Data2, Data3, Data4 โดยมีค่าดังนี้

Data1 = สถานะยืน แผงกันแดดอัตโนมัติที่ 1

Data2 = สถานะนั่ง แผงกันแดดอัตโนมัติที่ 1

Data3 = สถานะยืน แผงกันแดดอัตโนมัติที่ 2

Data4 = สถานะนั่ง แผงกันแดดอัตโนมัติที่ 2

ส่วนที่ (2) เวลาในการทดสอบ และรายงายค่าโดยเวลาจะถูกนับทุก ๆ 3 วินาที

ส่วนที่ (3) ค่าตัวเลขที่ส่งไปยัง Arduino Microcontroller Board โดยจะมีทั้งหมด 2 หลัก คือ ค่าจากแผงกันแดดอัตโนมัติที่1 และแผงกันแดดอัตโนมัติที่ 2 โดย 1 หลักแสดงได้ 3 ค่าดังนี้

เมื่อไม่มีวัตถุ ค่าตัวเลข = 0

เมื่อตรวจจับท่าทางยืน ค่าตัวเลข = 1

เมื่อตรวจจับท่าทางนั่ง ค่าตัวเลข = 2

เมื่อตรวจจับท่าทางยืน และนั่งได้พร้อมกัน ค่าตัวเลข = 2

4.4.2 การทดสอบการทำงานของระบบผู้ใช้หลายคน

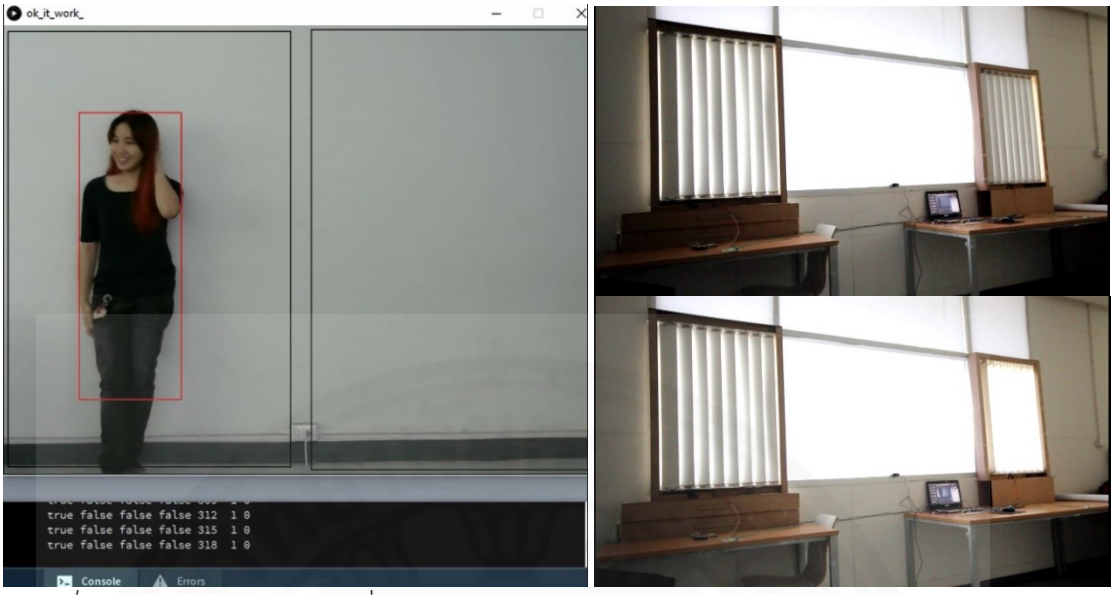
การทดสอบระบบแผงกันแดดอัตโนมัติสำหรับผู้ใช้หลายคนจะประกอบไปด้วยแผงกันแดดอัตโนมัติพร้อมเซอร์โวมอเตอร์ 2 ชุด ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด และคอมพิวเตอร์ประมวลผล 1 ชุด โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 หัวข้อ คือ ระบบตรวจจับสำหรับผู้ใช้งานหลายคน และการแสดงผลของแผงกันแดดอัตโนมัติ ดังนี้

ตารางที่ 4.7

ผลการทดสอบระบบตรวจจับสำหรับผู้ใช้หลายคน

ค่าที่ส่ง	แผง1	แผง2	ประสิทธิภาพ(%)	ส่งค่าถูกต้อง	ส่งค่าผิดพลาด	รวม
1	ยืน	ไม่มี	100	100	0	100
2	ยืน	ยืน	98	98	2	100
3	ยืน	นั่ง	84	84	16	100
4	นั่ง	ไม่มี	97	97	3	100
5	นั่ง	ยืน	78	78	22	100
6	นั่ง	นั่ง	95	95	5	100
7	ไม่มี	ยืน	100	100	0	100
8	ไม่มี	นั่ง	96	96	4	100

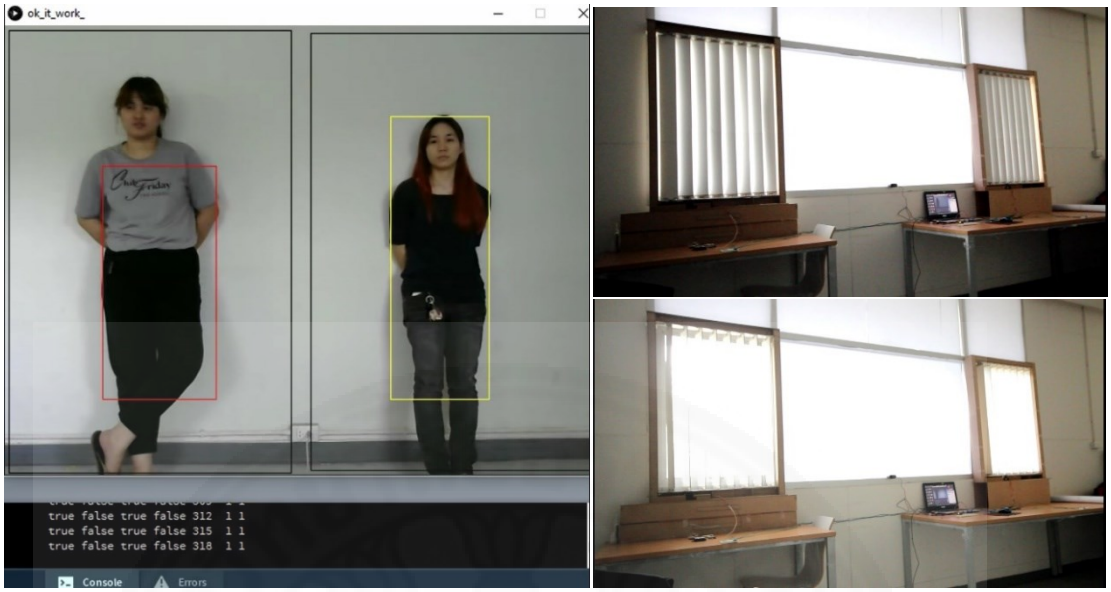
4.4.2.1 การทดสอบสถานะที่ 1 (ยืน - ไม่มีวัตถุ)



ภาพที่ 4.25 การทดสอบสถานะที่ 1 (ยืน - ไม่มีวัตถุ)

ทำการทดลองระบบผู้ใช้หลายคนโดยกำหนดให้ บริเวณตรวจจับที่ 1 มีสถานะยืน และบริเวณตรวจจับที่ 2 อยู่ในสถานะไม่มีวัตถุ โดยมีการติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ มีการส่งค่าทั้งหมด 100 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้องทั้งหมด

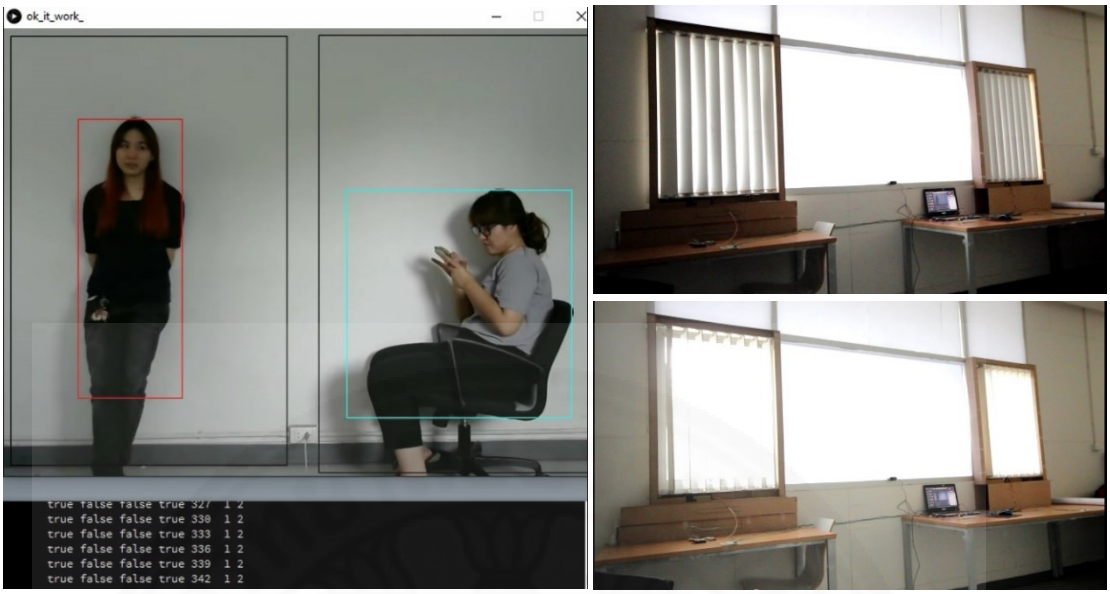
4.4.2.2 การทดสอบสถานะที่ 2 (ยืน - ยืน)



ภาพที่ 4.26 การทดสอบสถานะที่ 2 (ยืน - ยืน)

ทำการทดลองระบบผู้ใช้หลายคนโดยกำหนดให้ บริเวณตรวจจับที่ 1 มีสถานะยืน และบริเวณตรวจจับที่ 2 มีสถานะยืน โดยมีการติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ มีการส่งค่าทั้งหมด 100 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้อง 98 ครั้ง และส่งค่าผิดพลาด 2 ครั้ง

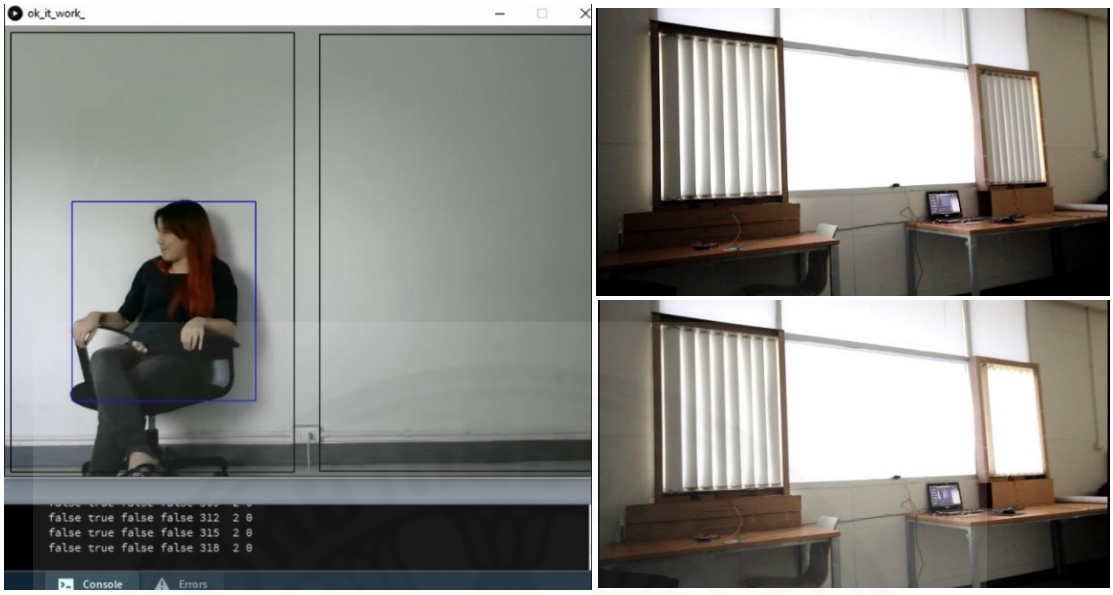
4.4.2.3 การทดสอบสถานะที่ 3 (ยืน - นั่ง)



ภาพที่ 4.27 การทดสอบสถานะที่ 3 (ยืน - นั่ง)

ทำการทดลองระบบผู้ใช้หลายคนโดยกำหนดให้ บริเวณตรวจจับที่ 1 มีสถานะยืน และบริเวณตรวจจับที่ 2 มีสถานะนั่ง โดยมีการติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ มีการส่งค่าทั้งหมด 100 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้อง 84 ครั้ง และส่งค่าผิดพลาด 16 ครั้ง

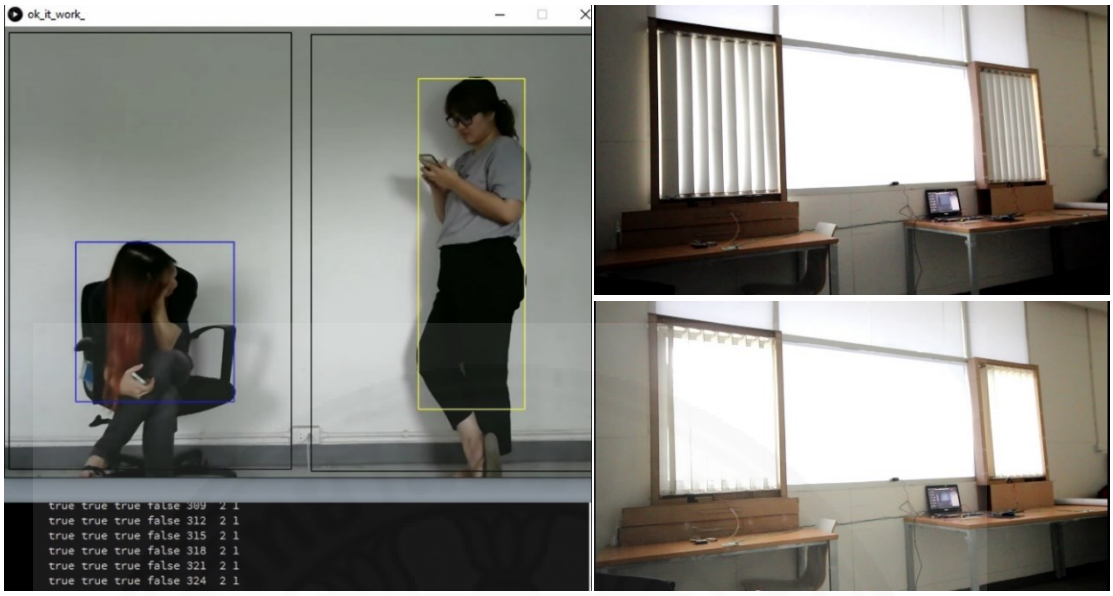
4.4.2.4 การทดสอบสถานะที่ 4 (นั่ง - ไม่มีวัตถุ)



ภาพที่ 4.28 การทดสอบสถานะที่ 4 (นั่ง – ไม่มีวัตถุ)

ทำการทดลองระบบผู้ใช้หลายคนโดยกำหนดให้ บริเวณตรวจจับที่ 1 มีสถานะนั่ง และบริเวณตรวจจับที่ 2 อยู่ในสถานะไม่มีวัตถุ โดยมีการติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ มีการส่งค่าทั้งหมด 100 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้อง 97 ครั้ง และส่งค่าผิดพลาด 3 ครั้ง

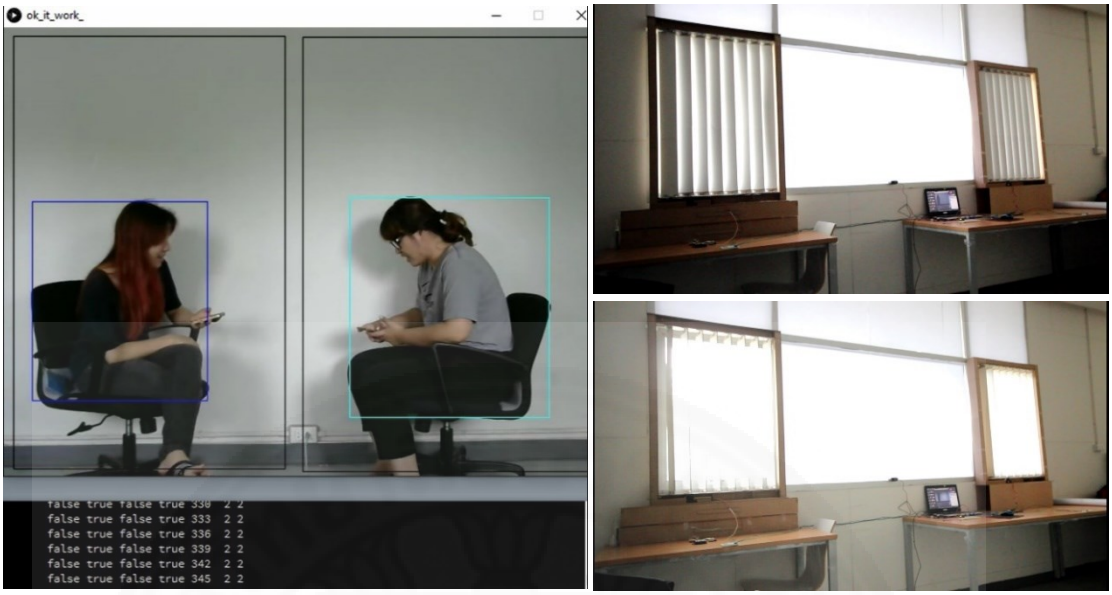
4.4.2.5 การทดสอบสถานะที่ 5 (นั่ง - ยืน)



ภาพที่ 4.29 การทดสอบสถานะที่ 5 (นั่ง – ยืน)

ทำการทดลองระบบผู้ใช้หลายคนโดยกำหนดให้ บริเวณตรวจจับที่ 1 มีสถานะนั่ง และบริเวณตรวจจับที่ 2 มีสถานะยืน โดยมีการติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ มีการส่งค่าทั้งหมด 100 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้อง 78 ครั้ง และส่งค่าผิดพลาด 22 ครั้ง

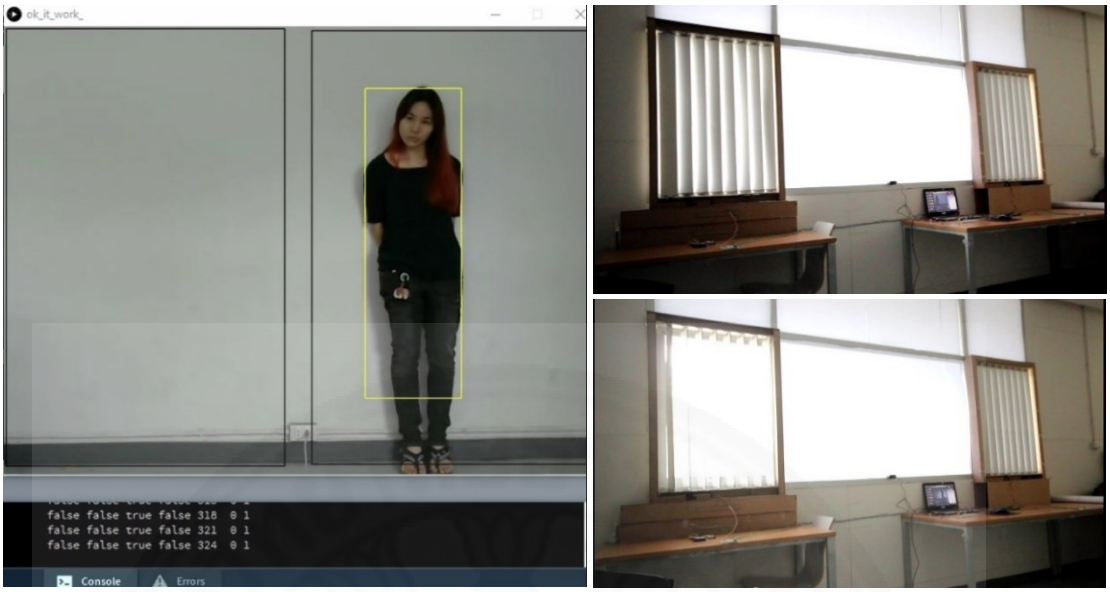
4.4.2.6 การทดสอบสถานะที่ 6 (นั่ง - นั่ง)



ภาพที่ 4.30 การทดสอบสถานะที่ 6 (นั่ง – นั่ง)

ทำการทดลองระบบผู้ใช้หลายคนโดยกำหนดให้ บริเวณตรวจจับที่ 1 มีสถานะนั่ง และบริเวณตรวจจับที่ 2 มีสถานะนั่ง โดยมีการติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ มีการส่งค่าทั้งหมด 100 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้อง 95 ครั้ง และส่งค่าผิดพลาด 5 ครั้ง

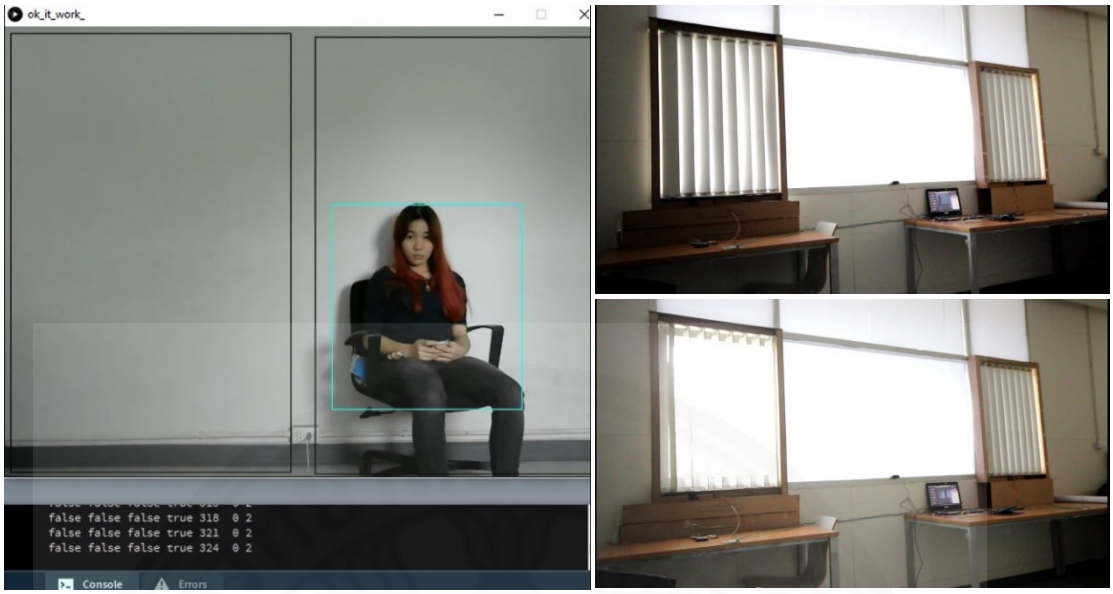
4.4.2.7 การทดสอบสถานะที่ 7 (ไม่มีวัตถุ - ยืน)



ภาพที่ 4.31 การทดสอบสถานะที่ 7 (ไม่มีวัตถุ – ยืน)

ทำการทดลองระบบผู้ใช้หลายคนโดยกำหนดให้ บริเวณตรวจจับที่ 1 มีสถานะไม่มีวัตถุ และบริเวณตรวจจับที่ 2 มีสถานะนั่ง โดยมีการติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ มีการส่งค่าทั้งหมด 100 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้อง 100 ครั้ง และส่งค่าผิดพลาด 0 ครั้ง

4.4.2.8 การทดสอบสถานะที่ 8 (ไม่มีวัตถุ - นั่ง)



ภาพที่ 4.32 การทดสอบสถานะที่ 8 (ไม่มีวัตถุ – นั่ง)

ทำการทดลองระบบผู้ใช้หลายคนโดยกำหนดให้ บริเวณตรวจจับที่ 1 มีสถานะไม่มีวัตถุ และบริเวณตรวจจับที่ 2 มีสถานะนั่ง โดยมีการติดตั้งแผงกันแดดมีการส่งค่าทั้งหมด 100 ครั้ง (5นาที) โดยระบบสามารถส่งค่าได้ถูกต้อง 96 ครั้ง และส่งค่าผิดพลาด 4 ครั้ง

ตารางที่ 4.8

ตารางผลการทดสอบการแสดงผลของแผงกันแดด

การทดลอง	องศาเริ่มต้น	องศาสิ้นสุด	ความส่องสว่างก่อนการทดลอง(Lux)	ความส่องสว่างหลังการทดลอง(Lux)
แผงกันแดดอัตโนมัติ1				
ไม่วัตถุ -> ยืน	150	87	97	112
ไม่วัตถุ -> นั่ง	150	30	68	213
ยืน -> นั่ง	99	30	161	280
ยืน -> ไม่มีวัตถุ	111	150	138	64
นั่ง -> ยืน	30	81	255	148
นั่ง -> ไม่มีวัตถุ	30	150	263	57
แผงกันแดดอัตโนมัติ2				
ไม่วัตถุ -> ยืน	150	55	73	105
ไม่วัตถุ -> นั่ง	150	30	53	157
ยืน -> นั่ง	60	30	165	228
ยืน -> ไม่มีวัตถุ	72	150	131	50
นั่ง -> ยืน	30	66	204	144
นั่ง -> ไม่มีวัตถุ	30	150	215	43

กำหนดให้ภายในห้องทดลองมีค่าความส่องสว่างเริ่มต้นมีค่าน้อยกว่า 100 ลักซ์ โดยเซอร์โวมอเตอร์จะมีค่าองศาเริ่มต้นเท่ากับ 150 องศา(สถานะปิด) และมีการกำหนดให้ค่าต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 30 องศา(สถานะเปิด) โดยกำหนดให้ระบบที่พัฒนาขึ้นมีเงื่อนไขดังนี้

(1) ไม่มีวัตถุ : ให้ค่าแสง > 0 ลักซ์ : องศาเซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มองศาขึ้น

(2) ท่าทางยืน : ค่าแสง < 100 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์ลดองศาลง

ค่าแสง > 150 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มองศาขึ้น

(3) ท่าทางนั่ง : ค่าแสง < 500 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์ลดองศาลง

ค่าแสง > 550 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มองศาขึ้น

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการพัฒนา

งานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเอาระบบ Object Tracking มาพัฒนาสำหรับการตรวจจับพฤติกรรมของผู้ใช้งานภายในอาคาร เพื่อพัฒนา และปรับปรุงแสงภายในอาคารให้มีความเพียงพอความเหมาะสมต่อการใช้งานที่เกิดขึ้นในขณะนั้น จึงเป็นการพัฒนาระบบตรวจจับพฤติกรรมผู้ใช้งานเพื่อควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติ และปริมาณแสงสว่างภายในพื้นที่ปิดของอาคารสาธารณะ เป็นการทดลองที่แสดงให้ถึงความเป็นไปได้ในการนำเอาเทคโนโลยีมาช่วยในการควบคุมองประกอบทางสถาปัตยกรรมภายในอาคาร ในการป้องกัน หรือนำเอาแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร โดยพิจารณาผลการทดลองจากหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

(1) การนำเอาเทคโนโลยี Object Tracking เข้ามาใช้ในการจัดการอาคาร

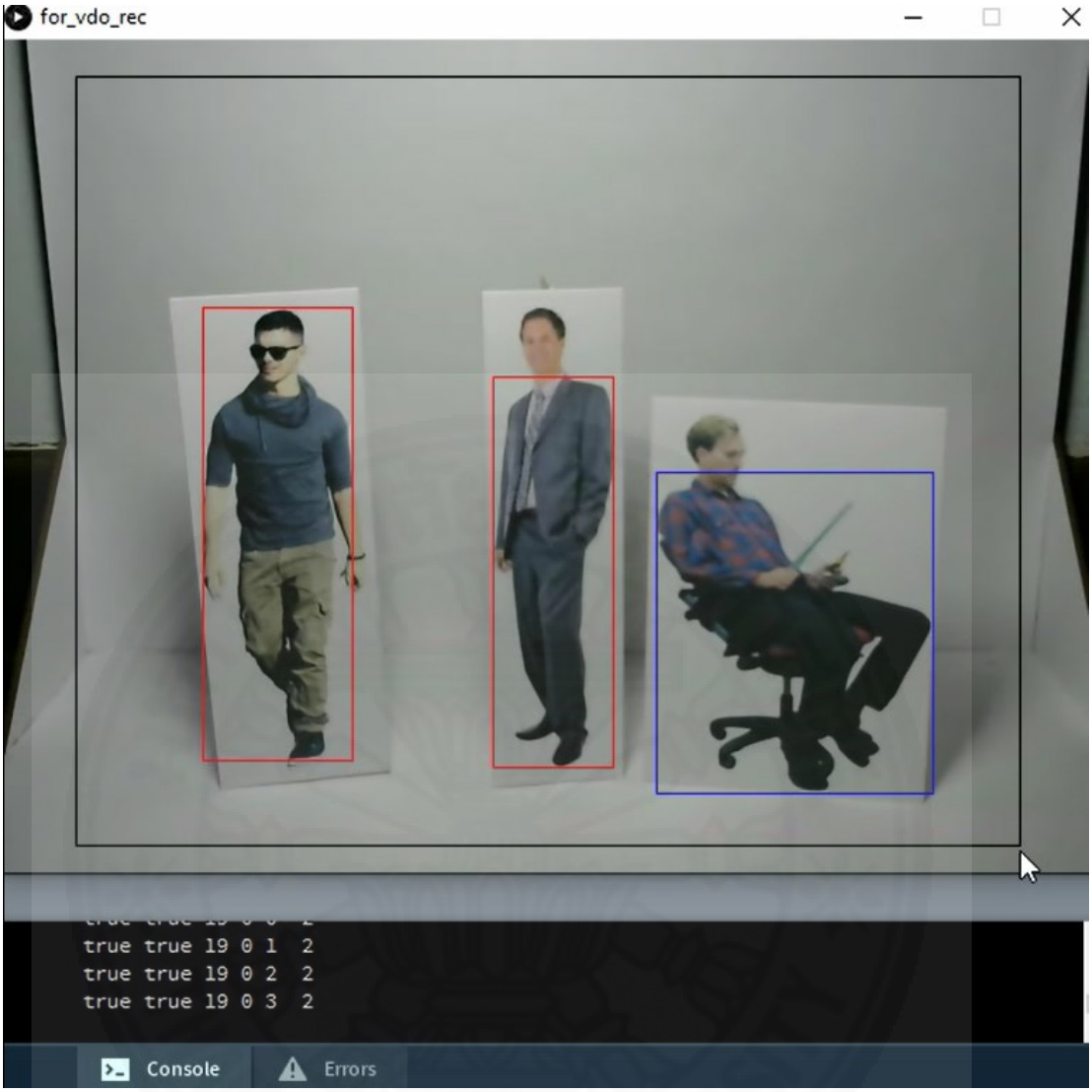
(2) การควบคุมแสงสว่างภายในพื้นที่ปิดล้อมในอาคารสาธารณะ โดยผ่านชุดโปรแกรม และอุปกรณ์ตรวจจับพฤติกรรมของผู้ใช้งานพื้นที่ที่พัฒนาขึ้น

(3) การพัฒนาระบบสำหรับรองรับผู้ใช้งานหลายคน

5.1 สรุปผลการทดสอบ

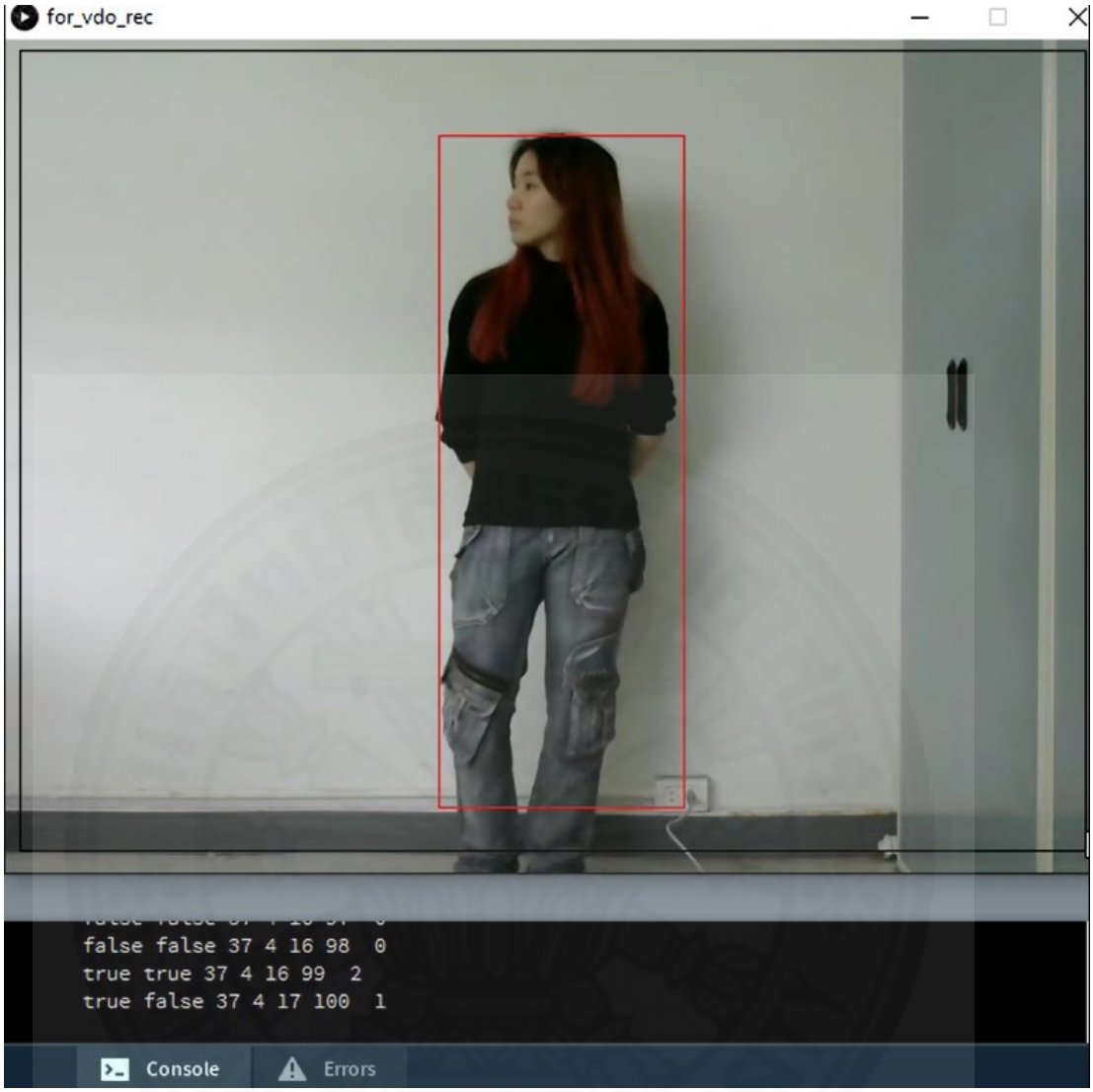
5.1.1 สรุปผลการทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรม

การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมภายในอาคารเป็นการทดสอบเพื่อดูประสิทธิภาพการทำงานของระบบตรวจจับ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนสำคัญดังนี้



ภาพที่ 5.1 การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมด้วยแบบจำลอง

(1) ขั้นตอนการทดลองด้วยแบบจำลอง จากการทดลองพบว่าการระบบมีความแม่นยำ มีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ที่ 95 - 100% โดยจากการทดลองนี้ระบบยังไม่ปรากฏถึงข้อจำกัดและอุปสรรคใด ๆ ในการทำงานของระบบ



ภาพที่ 5.2 การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมด้วยสถานที่จริง

(2) ขั้นตอนการทดลองด้วยสถานที่จริง ซึ่งแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 การทดสอบได้แก่

การทดสอบตรวจจับวัตถุภายในห้องที่ไม่ติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ การทดสอบตรวจจับวัตถุภายในห้องที่มีการติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ และการทดสอบการแสดงผลของแผงกันแดดอัตโนมัติ โดยได้ผลการทดลองดังนี้

การทดลองภายในห้องที่ไม่ติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ พบว่าการทดสอบด้วยท่าทางยืนระบบมีประสิทธิภายในการทำงานอยู่ที่ 81.7% และท่าทางนั่งระบบมีประสิทธิภายในการทำงานอยู่ที่ 78%

การทดลองภายในห้องที่มีการติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ พบว่าการทดสอบด้วยท่าทางยืนระบบมีประสิทธิภายในการทำงานเท่ากับ 95.3% ส่วนการทดสอบด้วยท่าทางนั่งพบว่าระบบมีประสิทธิภายในการทำงานเท่ากับ 79.3%

5.1.2 สรุปผลการทดลองแผงกันแดดอัตโนมัติ

ภาพที่ 5.3 การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมด้วยสถานที่จริง

การทดสอบการแสดงผลของแผงกันแดดอัตโนมัติ ประเมินผลจากเงื่อนไขที่ตั้งไว้ในระบบดังนี้

(1) ไม่มีวัตถุ : ให้ค่าแสง > 0 ลักซ์ : องศาเซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มองศาขึ้น

(2) ท่าทางยืน : ค่าแสง < 100 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์ลดองศาลง

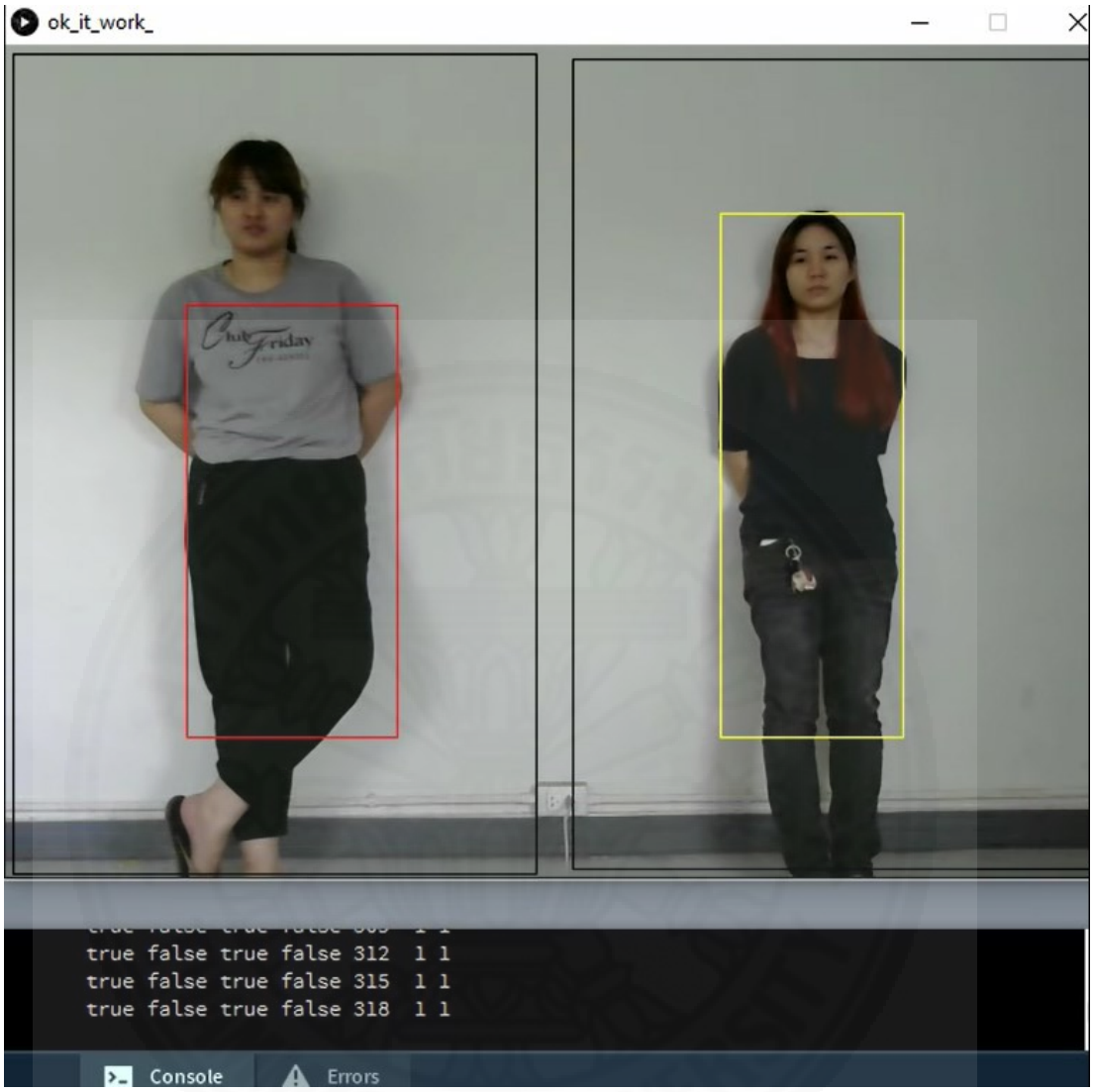
ค่าแสง > 150 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มองศาขึ้น

(3) ท่าทางนั่ง : ค่าแสง < 500 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์ลดองศาลง

ค่าแสง > 550 ลักซ์ : เซอร์โวมอร์เตอร์เพิ่มองศาขึ้น

ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่ได้ทำการตั้งค่าไว้ในระบบทั้งหมดทั้งจากการทดลอง การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรม และการทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมสำหรับผู้ใช้งานหลายคน

5.1.3 สรุปผลการทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมสำหรับผู้ใช้งานหลายคน

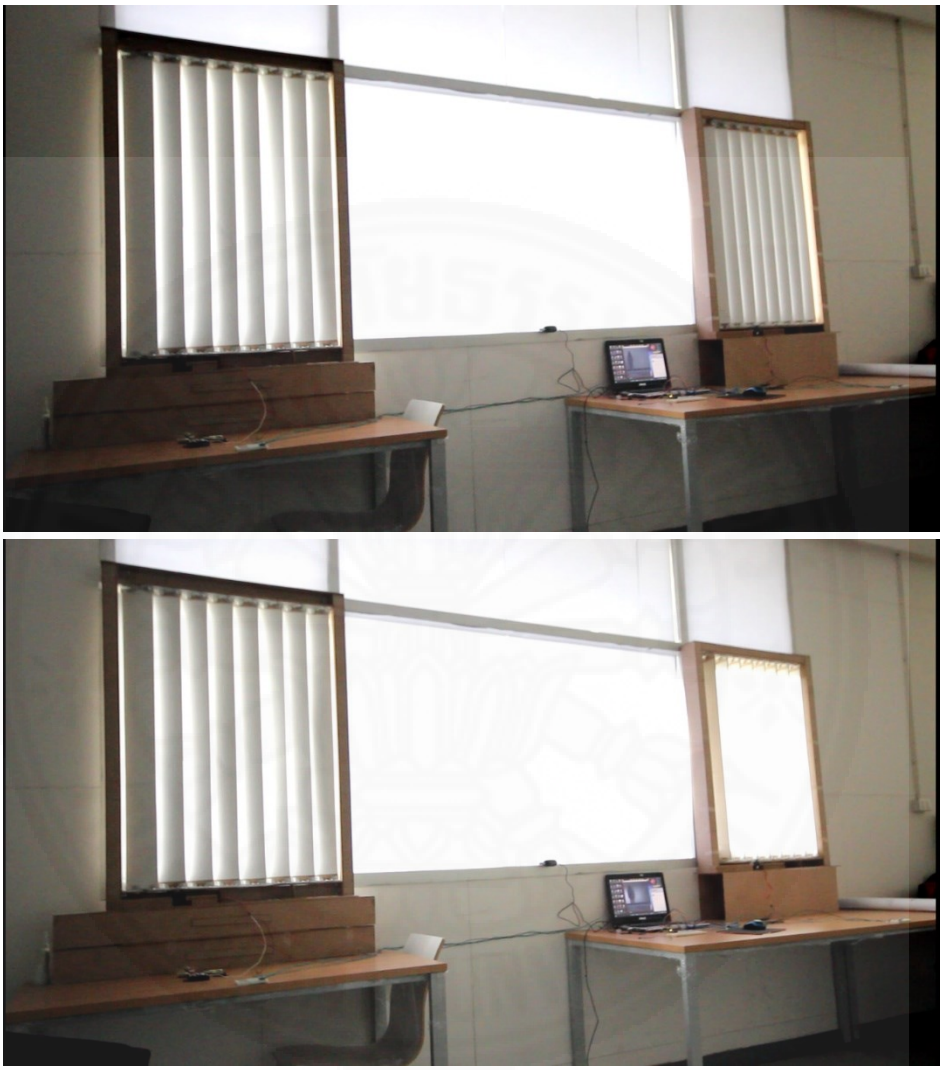


ภาพที่ 5.4 การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมสำหรับผู้ใช้หลากหลาย

ขั้นตอนการทดลองแบบผู้ใช้หลายคน ซึ่งแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบ ได้แก่ การทดสอบระบบตรวจจับสำหรับผู้ใช้หลายคน และการทดสอบการแสดงผลของแผงกันแดด โดยได้ผลการทดลองดังนี้

การทดสอบระบบตรวจจับสำหรับผู้ใช้หลายคนโดยมีการติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติมีผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ โดยพบว่าในกรณีที่มีวัตถุอยู่ภายบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ระบบจะมีประสิทธิภาพการทำงานมากกว่า 95% ขึ้นไป แต่ในกรณีที่มีการตรวจจับสถานะได้พร้อมกัน 2 บริเวณ ระบบจะมีประสิทธิภาพการทำงานลดลง โดยที่ระบบมีค่าความถูกต้องของการส่งค่าน้อยที่สุด คือ สถานะนั่ง - ยืน ซึ่งมีเปอร์เซ็นการทำงานอยู่ที่ 78% จากการทดลองระบบได้ปรากฏถึงความผิดพลาดในการทำงาน ซึ่งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดจากระดับความส่องสว่างของแสง

ธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารที่มีการเปลี่ยนแปลงไปหลังจากเริ่มการทดสอบ โดยระดับความส่องสว่างส่งผลต่อความแตกต่างระหว่างภาพเฟรมปัจจุบันต่อภาพตั้งต้น ทำให้ระบบไม่สามารถตรวจจับท่าทางที่เกิดขึ้นได้



ภาพที่ 5.5 การทดสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมสำหรับผู้ใช้หลากหลาย

การทดสอบการแสดงผลของแผงกันแดดอัตโนมัติ จากผลการทดสอบพบว่าระบบแผงกันแดดอัตโนมัติที่จัดทำขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่ได้ตั้งค่าไว้ในระบบทั้งหมด โดยระบบควบคุมสามารถแสดงผลได้เป็นอิสระต่อกัน บริเวณตรวจจับที่ 1 จะควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติที่ 1 และบริเวณตรวจจับที่ 2 จะควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติที่ 2

5.2 ข้อจำกัด และแนวทางการพัฒนา

5.2.1 ระบบตรวจจับท่าทาง

การพัฒนาระบบตรวจจับท่าทางนี้มีจุดมุ่งหมายในการนำไปพัฒนาใช้เข้ากับอาคารสาธารณะที่มีความหลากหลายของการใช้งาน เช่น อาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า พื้นที่จัดแสดงหรือพิพิธภัณฑ์ เป็นต้น ในการพัฒนาระบบตรวจจับท่าทางผู้ใช้งานเพื่อควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติและปริมาณแสงสว่างภายในพื้นที่ปิดของอาคารสาธารณะ มีการแบ่งท่าทางตรวจจับออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน คือ ท่าทางยืน และท่าทางนั่ง โดยในการวิจัยนี้เป็นการทดสอบเพื่อพิสูจน์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบตรวจจับท่าทางสำหรับผู้ใช้ที่มีความหลากหลาย

ในส่วนของการทำงานของระบบ ระบบจะทำการนับกลุ่มพิกเซลที่มีค่าตั้งแต่ 60 พิกเซลขึ้นไปเท่านั้น โดยกล้องบันทึกวีดีโอที่เลือกใช้ในกรทดสอบจะแสดงผลที่ขนาด 640x480 พิกเซล ทำให้ในการวิจัยทดลองนี้สามารถรองรับผู้ใช้งานได้สูงที่สุดได้ครั้งละ 10 คน หากต้องการเพิ่มประมาณผู้ใช้งานจะสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การลดขนาดกลุ่มพิกเซลที่สามารถตรวจจับได้ หรือเปลี่ยนกล้องบันทึกวีดีโอที่สามารถแสดงผลได้สูงกว่า 640x480 พิกเซล

นอกจากนี้ในการวิจัยยังเป็นเพียงการตรวจจับด้วยท่าทางเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงท่าทางยืน และท่าทางนั่ง ที่ได้นำมาใช้ในการทดสอบนั้นยังมีการแสดงกิจกรรมแยกย่อยลงไป เช่น การนั่ง:อ่านหนังสือ การนั่ง:พักผ่อน เป็นต้น และในแต่ละกิจกรรมยังมีความต้องการปริมาณแสงที่แตกต่างกันในแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นอีกด้วย ซึ่งในการวิจัยนี้ยังไม่สามารถตรวจจับพฤติกรรมย่อยที่ได้กล่าวยกตัวอย่างในข้างต้นได้ การพัฒนาในอนาคตจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาในส่วนของการคำนวณอัลกอริทึม ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นเพื่อระบุถึงรายละเอียด และตำแหน่งของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของมนุษย์ เพื่อใช้ในการตีความพฤติกรรมที่เกิดขึ้น

ซึ่งในส่วนของการรายงานค่าจากการทดสอบพบว่าผลที่ได้ยังมีความผิดพลาดที่เกิดจากการรายงานค่าที่เกิดขึ้นในขณะนั้นเท่านั้น ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มเติมการตรวจเช็คข้อมูลก่อนการส่งค่าเพื่อใช้ในการตรวจเช็คความถูกต้องของสถานะ โดยค่าที่ตั้งไว้ในการวิจัยนี้การส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกส่งไปทุก ๆ 3 วินาที ซึ่งการพัฒนาจึงควรจะต้องมีการบันทึกข้อมูลก่อนทำการส่งค่า เช่น มีการบันทึกข้อมูล 3 ครั้ง ใน 1 วินาที และให้ระบบเลือกส่งค่าที่เกิดขึ้นมากที่สุดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเป็นกระบวนการในการยืนยันสถานะที่เกิดขึ้น และทำให้การแสดงผลของแผงกันแดดอัตโนมัติมีความถูกต้อง ของการทำงานมากขึ้น

5.2.2 ค่าความส่องสว่างในพื้นที่

เนื่องจากการทดลองเป็นการทดลองที่แสดงผลโดยอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างการประมวลผลภาพ และปริมาณความส่องสว่างที่วัดได้จากลักซ์เซ็นเซอร์ ประกอบกับการใช้การวัดแสงโดยวิธีการวัดแบบจุด จึงจำเป็นจะต้องกำหนดสภาพแวดล้อมภายในห้องทดลองระหว่างการทดลอง

โดยกันแสงธรรมชาติส่วนที่ส่งผลรบกวนการทำงานของลักซ์เซ็นเซอร์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบแผงกันแดดอัตโนมัติสามารถทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไข และการทดลองเป็นการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในการทดสอบเท่านั้น ผลจากการทดลองจึงแสดงให้เห็นว่าปริมาณแสงธรรมชาติที่ถูกนำมาใช้ในกรณีที่สามารถตรวจจับท่าทางนั่งยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (IES) โดยมีค่าแสงมีค่าโดยประมาณอยู่ที่ 70 - 300 ลักซ์

นอกจากนี้การทดลองนี้ยังขาดการประเมินในเรื่องของประสิทธิภาพของความส่องสว่างในพื้นที่การทดลอง การประเมินการทดลองจึงเป็นในเชิงของการทดสอบประสิทธิภาพของการแสดงผลของแผงกันแดดอัตโนมัติเท่านั้น การพัฒนาระบบในอนาคตจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของแสงสว่าง เนื่องจากแสงธรรมชาติมีปริมาณแสงที่ไม่คงที่มีความเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอโดยขึ้นอยู่กับเวลา และสภาพอากาศ การพัฒนาจึงควรมีการสร้างแบบจำลองให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ทดสอบเพื่อให้สามารถนำเอาแสงธรรมชาติมาใช้ได้มีประสิทธิภาพสูงสุด หรือการนำเอาแสงประดิษฐ์มาใช้เพื่อชดเชยประมาณแสงที่ขาด และเพิ่มประสิทธิภาพของแสงภายในพื้นที่เพื่อให้พื้นที่มีความเหมาะสมต่อกิจกรรมที่เกิดขึ้น

จากการทดสอบได้ปรากฏให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าแสงจากสถานะไม่มีวัตถุไปสู่สถานะนั่ง ซึ่งมีค่าความแตกต่างของความส่องสว่างมากกว่า 100 ลักซ์ เป็นต้นไป เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ระบบไม่สามารถตรวจจับพฤติกรรมได้ชั่วขณะหนึ่งหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงค่าความส่องสว่างภายในห้องทดสอบ ทั้งในกรณีที่มีการตอบสนองในทันที และการตอบสนองแบบทุก ๆ 3 วินาที และจากการพัฒนาระบบด้วยกล้องบันทึกภาพได้แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดสำคัญอีกประการหนึ่งนั้นคือ ค่าความแตกต่างระหว่างภาพพื้นหลัง และภาพวัตถุที่เป็นพื้นหน้า ซึ่งวัตถุต้องมีความแตกต่างของสีที่ชัดเจนเนื่องจากภาพวีดีโอที่บันทึกจะมีการอ่าน และแปลงค่าให้อยู่ในรูปแบบ ขาว - ดำ ซึ่งส่งผลให้ในกรณีที่ภาพพื้นหน้ามีสีกลมกลืนกับภาพพื้นหลัง ทำให้ระบบตรวจจับวัตถุเกิดความผิดพลาดขึ้น โดยสามารถแก้ไขได้โดยการเลือกใช้กล้องบันทึกภาพที่มีความคมชัดมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้ระบบเห็นถึงความแตกต่างระหว่างภาพพื้นหลัง และวัตถุพื้นหน้าได้ชัดเจนมากขึ้น โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์เป็นเพียงปัจจัยหนึ่งเท่านั้น นอกจากนี้การปรับปรุงอัลกอริทึมให้มีความละเอียดในการแยกพิกเซลสีภาพจากวีดีโอ ยังเป็นอีกปัจจัยสำคัญในการทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2.3 รูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติ

เนื่องจากรูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติในการทดลองนี้เป็นการออกแบบเพื่อใช้กับพื้นที่ที่ได้รับรังสีสะท้อนเท่านั้น การนำแผงอัตโนมัตินี้ไปติดตั้งในพื้นที่อื่น ๆ จึงจำเป็นจะต้องมีการทดสอบและเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการตั้งค่าภายในระบบ เนื่องจากการติดตั้งในพื้นที่อื่น ๆ อาจส่งผลต่อการแสดงผลของแผงกันแดด เช่น การที่เซ็นเซอร์วัดแสงได้รับแสงในประมาณมาก หรือน้อยกว่าค่าที่ถูกตั้งอยู่ในระบบปัจจุบันอาจทำให้การแสดงผลผิดพลาด หรือเกิดการทำงานของแผงกันแดดอัตโนมัติตลอดเวลา การพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติจึงควรมีการศึกษาพื้นที่ที่จะติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติ

ก่อนเสมอ เพื่อพิจารณาถึงทิศทางของแสงธรรมชาติ ขนาดของช่องเปิด และเพื่อใช้ในการตั้งค่าการทำงานของระบบแผงกันแดดอัตโนมัติ โดยแผงกันแดดอัตโนมัตินี้ไม่สามารถใช้ได้กับพื้นที่ที่ได้รับแสงโดยตรงจากพระอาทิตย์ เนื่องจากความแตกต่างระหว่างรังสีโดยตรง และรังสีสะท้อนอาจทำให้ระบบเกิดการทำงานตลอดเวลา และยังอาจส่งผลถึงอายุการใช้งานของอุปกรณ์อีกด้วย

ทั้งนี้ขนาดของแผงกันแดดยังมีผลต่อรูปแบบ และวัสดุที่เลือกใช้ โดยในการทดลองนี้แผงกันแดดอัตโนมัติมีขนาดเท่ากับ 85 ซม.(กว้าง) x115 ซม.(สูง) ซึ่งในกรณีที่หน้าต่างมีความสูงมากกว่าการวิจัยนี้อาจจะต้องมีการออกแบบเพื่อลดความสูงของบานเกล็ด หรือมีการเปลี่ยนวัสดุทำนำมาสร้างแบบจำลอง และในการวิจัยนี้การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ชุด จะสามารถควบคุมเซ็นเซอร์แสงได้สูงสุดครั้งละ 3 ชุดเท่านั้น ในกรณีที่มีการพัฒนาระบบเพื่อควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติที่มากกว่า 3 ชุดขึ้นไป จะต้องมีการเปลี่ยนชนิดของอุปกรณ์วัดค่าแสงเป็นชนิดที่สามารถเลือกตั้งรหัสการเข้าถึงอุปกรณ์ในแต่ละชุดอุปกรณ์ได้ หรือเปลี่ยนรูปแบบการวัดแสงโดยใช้วิธีการวัดแสงจากภาพวีดีโอ เพื่อลดข้อจำกัดทางด้านจำนวนการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การใช้ในอาคาร

การติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติควรคำนึงถึงปริมาณแสงก่อนการติดตั้งเสมอ โดยพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการติดตั้งควรเป็นพื้นที่ที่มีค่าความส่องสว่างมากกว่า 500 ลักซ์ขึ้นไป และเป็นพื้นที่ที่ไม่ได้รับรังสีโดยตรงจากพระอาทิตย์ในช่วงเวลาที่มีการใช้งาน เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดในระบบโดยมีค่าแสงสูงที่สุดอยู่ที่ 500 ลักซ์ และต้องมีการติดตั้งลักซ์เซ็นเซอร์ในบริเวณที่ต้องการให้มีการจัดการปริมาณแสง ในส่วนของการติดตั้งแผงกันแดดอัตโนมัติควรจะติดตั้งทับลงบนช่องเปิดทั้งหมดเพื่อให้ระบบสามารถควบคุมปริมาณแสงภายในพื้นที่ได้ทั้งหมด ซึ่งหากมีการเว้นช่องเปิดควรเป็นช่องเปิดที่ไม่ส่งผลรบกวนต่อเซนเซอร์แสงที่ติดตั้งในพื้นที่

5.3.2 การใช้ออกแบบพื้นที่

การนำแผงกันแดดอัตโนมัติมาใช้ควรเลือกใช้ในพื้นที่ที่มีความต้องการหลากหลายของการใช้งาน และความสะดวกสบาย ทั้งนี้การนำไปใช้ในอนาคตจะต้องมีการคำนึงถึงการนำเอาแสงประดิษฐ์มาช่วยในการเสริมคุณภาพของแสง หรือใช้ชดเชยปริมาณแสงในกรณีที่แสงธรรมชาติไม่พอ รวมไปถึงในกรณีที่ไม่ต้องการใช้แสงธรรมชาติในอาคารอีกด้วย

รายการอ้างอิง

หนังสือ และบทความ

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, บุษกร เสรฐวรกิจ, ศิวาพร กลิ่นมาลัย. (2556). *จิตวิทยาสภาพแวดล้อม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จี.บี.พี เซ็นเตอร์จำกัด

อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ, พรรณจิรา ทิศาวิภาต. (2011). *แสงธรรมชาติในงานสถาปัตยกรรม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

พิสัย สีบำรุงสาสน์ (2557).*ระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

สนั่น งานวิวัฒน์ถาวร.(2551). *Motion Detection by Background Subtraction*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์คอมพิวเตอร์

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2014). *ความรู้อุตุนิยมวิทยา*. สืบค้นเมื่อวันที่ 9 ตุลาคม 2558, จาก http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=29

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2557). *หมวดที่6:ระบบควบคุมการทำงานในบ้าน(Home Automation)*. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2558, จาก http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Residential(PDF)/6_Bay%2053%20Home%20Automation_Rev1.pdf

ชลธิศา เวทโอสถ วศ.ม และ นิคม สุวรรณวร. (2013). *การพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อตรวจนับปริมาณรถบนถนนด้วย การประมวลผลภาพจากกล้องวิดีโอ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กันยายน 2558, จาก http://202.29.22.173/ArticleScan/050707.pdf

ธันยกร อารีรัชชกุล. (2013). *การประยุกต์ใช้งานระบบ RFID*. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2558, จากhttp://www.tistr.or.th/tistrblog/?author=3

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. (2010). *Innovation Update*. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2558, จากhttp://www.nia.or.th/innolinks/page.php?issue=200907&section=2

หจก.นีโอนิค อีโวลูชั่น. (2012). *กล้องวงจรปิดคืออะไร*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กันยายน 2558,จาก http://www.neonicthailand.com/

อรรถพล กัณหเวก. (2015). *ความหมายของ Smart Home*. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2558, จาก http://www.arm.co.th/Knowledge.aspx?id=2

อารีลักษณ์ พูลทรัพย์. (2013). *ทฤษฎีบุคลิกภาพ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กันยายน 2558,จาก http://intra.polsci.pn.psu.ac.th/add_doccument/doccufile/07-01-2013_16-34-55.ppt

Chanthara Prasarttong. (2009). *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ RFID*. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2558, จาก http://slideplayer.in.th/slide/2115128/

Processing Foundation. (2015). *Processing*. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 2558,จาก https://processing.org/

ThaiEasyElec. (2012). *บทความ RFID พร้อมตัวอย่างการต่อใช้งาน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 กันยายน2558,จาก http://thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/rfid-basic.html

Toni Maxx. (2014). *Ubiquitous*. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2558,จาก https://tonimaxx.wordpress.com/2014/03/09/ubiquitous/

V.E.C.L Thai co., ltd. (2011). *CNB IP Camera(Surveillance)*. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 กันยายน 2558,จาก http://www.vecthai.com/main/?p=4777

Books

Jodidio, P. (2002). *Architecture Now, Volume II*. Taschen books. Koln

Thesis / Conferences

Zvironaite, K., Knol, A., Kneepens, S. (2015). KINETICA: *A playful way through the world of moving facades.* Delft University of Technology, Faculty of Architecture and The Built Environment.

Marzouk, M. A. (2010). *Modified background subtraction algorithm for motion detection in surveillance systems.* Alexandria University, Department of Information Technology.

Hirschberg, U., Sayegh, A., Frühwirth, M., Zedlacher, S. (2006). 3D Motion Tracking in Architecture. eCAADe 24 - session 3: design support methods. (P.114 – 121).

Piccardi, M. (2004). *Background subtraction techniques: a review*. University of Technology Sydney.

Electronics Media

Cuthbertson, D. (2013, last updated 2013 Jun 21). Top design gong for RMIT space. Retrieved Dec 10, 2015, from http://www.theage.com.au/entertainment/art-and-design/top-design-gong-for-rmit-space-20130621-2ooq1.html

Geekyranjit. (2012, last updated 2012 Dec 10). Synology NAS Surveillance Station & Mobile app DS Cam. Retrieved Oct 16, 2015, from. https://www.youtube.com/watch?v=6Pqt-JLq6As

Moreno, H. (2013, last updated 2013 Nov 13). Kiefer Technic Showroom. Retrieved Dec 10, 2015, from https://prezi.com/bczq0tgyqrt3/copy-of-kiefer-technic-showrrom/

Housing Learning & Improvement Network. (2003, last updated 2003 Sep). SMART HOME – A DEFINITION. Retrieved Oct 12, 2015, from http://www.housinglin.org.uk/_library/Resources/Housing/Housing_advice/Smart_Home_-_A_definition_September_2003.pdf

MelbourneCityCouncil.(2008, last updated 2008 Aug 24). Council House. Retrieved Dec 10, 2015, from https://www.youtube.com/watch?v=vJV0wnbAZ6M

Kazmeyer, M. (2015). Types of Tracking Devices. Retrieved Oct 12, 2015, from http://science.opposingviews.com/types-tracking-devices-18103.html

Synology Inc. (2015). NVR: Nas Synology. Retrieved Oct 12, 2015, from https://www.synology.com/en-us/products/DS115j#photo

wiseGEEK. (2015). Cell Phone Location Tracking. Retrieved Oct 12, 2015, from http://topics.wisegeek.com/topics.htm?cell-phone-location-tracking#

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาว อริสา ตรีวิศวเวทย์
วันเดือนปีเกิด	2 กันยายน 2535
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2557 : วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถาปัตยกรรม) จากคณะสถาปัตยกรรมและการผังเมืองมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

อริสา ตรีวิศวเวทย์.(กรกฎาคม 2559) การพัฒนาระบบตรวจจับพฤติกรรมผู้ใช้งาน เพื่อควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติ และปริมาณแสงสว่างภายในพื้นที่ปิดของอาคารสาธารณะ. งานประชุมวิชาการประจำปี 2559 (Built Environment Research Associates Conference, BERAC 7, 2016) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี