



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง

Camera Monitoring System

นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง

Camera Monitoring System

นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง.....  
ชื่อโครงการ(ภาษาอังกฤษ) Camera Monitoring System.....  
แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน.....  
ประจำปีงบประมาณ 2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 3,263,400.- บาท  
ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2560 ถึง กันยายน 2562  
ชื่อ-สกุล นายดุสิต สุขสวัสดิ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผู้คนวัยทำงานมักออกไปทำงานนอกบ้าน ทำให้ผู้สูงอายุต้องอาศัยอยู่บ้านเพียงลำพัง บางครั้งเกิดอุบัติเหตุขึ้นกับผู้สูงอายุ โดยที่ผู้ดูแลไม่สามารถรับรู้ได้ทันเวลา งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อช่วยลดภาวะการดูแลผู้สูงอายุของผู้ดูแล และช่วยให้ผู้สูงอายุอาศัยอยู่บ้านได้อย่างมีความสุขมากขึ้น โดยการพัฒนาระบบเฝ้าระวังดูแลผู้สูงอายุขึ้นมา ซึ่งประกอบด้วยระบบแจ้งเตือนผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุตกเตียง ระบบแจ้งเตือนคนเข้ามาที่บ้าน และระบบแจ้งเตือนคนล้มภายในบ้าน โดยใช้กล้องถ่ายภาพ แล้วส่งไปยังหน่วยประมวลผล จากนั้นแจ้งเตือนให้กับผู้ดูแลทราบ ซึ่งจะทำให้ผู้ดูแลไม่ต้องอยู่ดูแลผู้สูงอายุตลอดเวลา

คำสำคัญ : สังคมผู้สูงอายุ, การประมวลผลภาพ, อุปกรณ์ช่วยดูแลผู้สูงอายุ

Research Title:.....Camera Monitoring System.....

Researcher: Mr.Dusit Suksawat.....

Faculty: .....Engineering..... Department: Electrical Engineering.....

## ABSTRACT

Most people are usually working at outside. So, the elderly has to live alone. Sometimes, the elderly may fall accident and caregiver can't help them on time. As a result, the elderly may be dying. This research purpose to reduce the burden of Caregiving for an elderly of caregiver. By developing the elderly monitoring system, consist of preventing bed-exit monitoring system, Visitor face detection system and Fall detection system for monitoring the elderly. The result has been caregiver unnecessary always the elderly Caregiving.

**Keywords :** Aging society, Image processing, Device of take care Elderly



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ II ึ่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเงินทุนในการพัฒนางานวิจัย เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



ดุสิต สุขสวัสดิ์

กันยายน 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ III อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	1
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 การประมวลผลภาพ.....	3
2.2 เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูล.....	10
2.3 ฮาร์ดแวร์.....	15
2.4 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning).....	32
2.5 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	40
3.1 การแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียง.....	40
3.2 การแจ้งเตือนคนเข้ามาที่บ้าน.....	41
3.3 ระบบตรวจจับคนล้มภายในบ้าน.....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IV งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	46
4.1 การแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียง.....	46
4.2 การแจ้งเตือนคนเข้ามาที่บ้าน.....	47
4.3 ระบบตรวจจับคนล้มภายในบ้าน.....	51
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	53
บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย.....	54
เอกสารอ้างอิง.....	55
ภาคผนวก.....	56
สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย.....	57
ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย.....	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ V ึ่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงรายละเอียดรุ่นและโมเดลของ Raspberry Pi.....	21



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VI อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงตัวอย่างภาพแบบบิตแมป.....	5
2.2 แสดงตัวอย่างภาพแบบไบนารีอิมเมจ.....	6
2.3 แสดงตัวอย่างภาพแบบเกรย์สเกลอิมเมจ.....	6
2.4 แสดงตัวอย่างภาพสี.....	7
2.5 แสดงตัวอย่างภาพแบบอินเดกอิมเมจ.....	7
2.6 แสดงภาพแบบเวกเตอร์เปรียบเทียบกับภาพแบบบิตแมป.....	8
2.7 (a) แสดงวัตถุที่เราสนใจ.....	9
2.7 (b) แสดงภาพตัวอย่าง.....	9
2.8 แบบจำลองการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม.....	10
2.9 ตัวอย่างการใช้งาน Arduino.....	16
2.10 ตัวอย่างการใช้งาน Arduino ร่วมกับบอร์ดเสริม.....	16
2.11 แสดงการเลือกรุ่นของบอร์ด Arduino.....	17
2.12 (a) กดปุ่ม verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง.....	18
2.12 (b) กดปุ่ม upload โค้ดโปรแกรม.....	18
2.13 แสดงตัวอย่างบอร์ด Raspberry Pi.....	20
2.14 แสดงตัวอย่างกล้องเว็บแคม.....	22
2.15 กล้องไอพีชนิด PTZ.....	25
2.16 แสดงตัวอย่างกล้องไอพีแบบโดม.....	26
2.17 แสดงตัวอย่างกล้องไอพีแบบอินฟราเรด.....	27
2.18 แสดงตัวอย่างกล้องไอพีแบบ fix.....	28
2.19 ตัวอย่างกล้อง Thermal Camera.....	29
2.20 ภาพแสดงตารางค่า Emissivity ในวัสดุประเภทต่างๆ.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.21 กล้อง Kinect.....	32
2.22 ความแตกต่างระหว่าง non-deep และ deep neural network.....	32
2.23 การเชื่อมต่อกันของเซลล์ประสาท.....	33
2.24 การเชื่อมต่อกันของเซลล์ประสาท.....	34
2.25 Artificial Neural Network.....	34
2.26 Traditional Programming & Machine learning.....	35
2.27 ตัวอย่างของ Deep Learning.....	36
2.28 Deep Learning เมื่อมีหลาย Hidden Layer.....	36
2.29 การทำงานของ Deep Learning.....	37
2.30 ความแตกต่างระหว่าง Deep Learning และ Machine Learning.....	37
2.31 ข้อแตกต่างของ Traditional Machine Learning กับ Deep Learning.....	38
3.1 ภาพรวมของระบบ.....	40
3.2 ฟังก์ชันการทำงานของระบบแจ้งเตือนคนเข้ามาที่บ้าน.....	41
3.3 กล้อง Kinect.....	42
3.4 แสดงจุดศูนย์กลางมวลอยู่ภายในและภายนอกร่างกาย.....	43
3.5 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลระหว่างมวลสองตำแหน่ง.....	44
4.1 ตำแหน่งการติดตั้งกล้อง.....	46
4.2 ผลการทดลองตรวจจับผู้ป่วยบนเตียง.....	47
4.3 ระบบรู้จำใบหน้าบุคคลด้วยวิธีการทั่วไป.....	48
4.4 ตัวอย่างขแง Haar feature.....	48
4.5 The Integral Image tric.....	49
4.6 ตัวอย่างใบหน้าของไอเกน (Eigen face).....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.7 ตัวอย่างของคลาสที่ถูกจัดกลุ่ม (Classified) โดยใช้ LDA.....	50
4.8 แสดงตัวอย่าง Elastic Bunch Map Graphing.....	50
4.9 ผังการทำงานของระบบ.....	51
4.10 แสดงภาพคนล้มในรูปแบบภาพสี.....	52
4.11 แสดงภาพคนล้มในรูปแบบกล้องวัดความลึก.....	52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IX อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมาก ข้อมูลจากกรมกิจการผู้สูงอายุ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ เมื่อเดือนธันวาคม 2560 ระบุว่าผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปทั่วประเทศมีจำนวนมากถึง 10 ล้านคน หรือประมาณร้อยละ 15 ของจำนวนประชากรทั้งประเทศ [1] และจากสภาพสังคมไทยในปัจจุบันทำให้วัยทำงานต้องออกไปทำงานนอกบ้านและวัยเรียนจำนวนมากเดินทางไปศึกษาเล่าเรียนในต่างจังหวัด ทำให้ผู้สูงอายุต้องอาศัยอยู่ในบ้านเพียงลำพัง และใช้ชีวิตประจำวันในแต่ละวันโดยไม่มีผู้ดูแล ซึ่งบางครั้งอาจเกิดอุบัติเหตุต่างๆ หรือเป็นลมหรือหกล้มขึ้นมาเพียงลำพังไม่มีผู้พบเห็น ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความสูญเสียได้ จึงทำให้หลายครอบครัวได้ทำการติดตั้งกล้องวงจรปิดหรือไอพีแคม (IP camera) เพื่อให้สามารถดูกิจกรรมต่างๆ ของผู้สูงอายุจากที่ทำงานได้ แต่ปัญหาคือไม่สามารถดูได้ตลอดเวลาหรือช่วงเวลาที่ผู้สูงอายุเกิดอุบัติเหตุหรือต้องการความช่วยเหลือ ผู้ดูแลไม่วางคุณภาพจากกล้องวงจรปิด เพราะว่ากล้องสามารถดูได้อย่างเดียวไม่สามารถเตือนในช่วงเหตุการณ์ต่างๆ ได้

ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง จึงได้ถูกวิจัยและพัฒนาขึ้นมา โดยผู้วิจัยได้แบ่งการพัฒนาออกแบบส่วนๆ ดังนี้ การออกแบบระบบในห้องนอน ห้องครัว ห้องน้ำ และห้องโถงภายในบ้าน ซึ่งแต่ละห้องจะมีการใช้กล้องและเทคโนโลยีในการตรวจจับที่แตกต่างกัน และระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุภายในบ้าน เมื่อกล้องสามารถตรวจเจอเหตุการณ์ผิดปกติต่างๆ ระบบจะส่งข้อความไปยังผู้ดูแลด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ส่งไปยังแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) ส่งเข้ามือถือด้วย SMS เป็นต้น

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อช่วยลดภาระของผู้ดูแลในการดูแลผู้สูงอายุ
2. เพื่อเป็นต้นแบบในการดูแลผู้สูงอายุด้วยกล้อง

### 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาและพัฒนาต้นแบบระบบเฝ้าระวังดูแลผู้สูงอายุด้วยกล้อง โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุในเขตพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบระบบดูแลผู้สูงอายุด้วยกล้อง โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

##### ประชากรที่ใช้ศึกษา

เป็นกลุ่มผู้สูงอายุ ณ สถานดูแลผู้สูงอายุและโรงพยาบาลในเขตพื้นที่ใกล้เคียง

##### การปรับปรุงและพัฒนา

1. ปรับปรุงและพัฒนาต้นแบบระบบจากโครงการปีแรกให้มีความเสถียรมากขึ้น
2. ทดสอบส่งข้อมูลจากกล้อง เข้าสู่ระบบฐานข้อมูล
3. ทดสอบระบบอ่านค่าและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผู้ป่วย

##### การวิเคราะห์และเก็บตัวอย่าง

1. สร้างระบบดูแลเพิ่มเติมเพื่อนำไปติดตั้ง ณ สถานที่ทดสอบ
2. ส่งตัวอย่างจากสถานที่ทดสอบเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล
3. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ช่วยลดภาระสำหรับผู้ดูแลผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุ ไม่ต้องอยู่เฝ้าตลอดเวลา ทำให้สามารถทำกิจกรรมอย่างอื่นได้ ซึ่งเป็นการลดภาวะเครียดสะสมของผู้ดูแลอีกด้วย

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การประมวลผลภาพ [2]

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือ การประยุกต์ใช้งานการประมวลผลสัญญาณบนสัญญาณ 2 มิติ เช่น ภาพนิ่ง หรือภาพวิดีโอ และยังรวมถึงสัญญาณ 2 มิติอื่นๆ ที่ไม่ใช่ภาพด้วย โดยมีกล้อง และคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์พื้นฐานในการรับข้อมูลภาพ เทคนิคในการประมวลผลสัญญาณสำหรับสัญญาณ 1 มิตินั้น สามารถประยุกต์มาใช้กับภาพได้ไม่ยาก แต่นอกเหนือจากเทคนิคการประมวลผลสัญญาณแล้ว การประมวลผลภาพก็มีเทคนิคและแนวความคิดที่เฉพาะ ซึ่งจะเหมาะสมกับสัญญาณ 2 มิติเท่านั้น แต่เทคนิคในการประมวลผลสัญญาณ 1 มิติบางเทคนิคก็มีความซับซ้อนมากขึ้นเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการประมวลผลสัญญาณแบบ 2 มิติ

ก่อนหน้านี้การประมวลผลภาพนั้นจะอยู่ในรูปของการประมวลผลสัญญาณอะนาล็อก โดยใช้อุปกรณ์ปรับแต่งแสง ซึ่งวิธีเหล่านั้นก็ไม่ได้ถูกยกเลิกหรือสูญหายไป แต่ได้มีการนำไปประยุกต์ในงานบางอย่าง เช่น ฮอโลกราฟี (Holography) แต่เนื่องจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีราคาถูกลง และมีความเร็วสูงขึ้น สามารถประมวลผลที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ ดังนั้นการประมวลผลภาพดิจิทัล (digital image processing) จึงได้รับความนิยมมากกว่า

##### 2.1.1 เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เรากำลังต้องการทั้งในเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ

โดยมีขั้นตอนต่างๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุในภาพ และสร้างเป็นระบบเพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น ระบบจดจำลายนิ้วมือเพื่อตรวจสอบว่าภาพลายนิ้วมือที่มีอยู่นั้นเป็นของใคร ระบบเก็บข้อมูลป้ายทะเบียนรถที่เข้าและออกจากอาคารเพื่อประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะในด้านความปลอดภัย และระบบตรวจวัดสภาพการจราจรโดยการนำข้อมูลจากกล้องวงจรปิดมาคำนวณตรวจนับจำนวนรถบนท้องถนน ระบบจดจำใบหน้าที่เพื่อเฝ้าระวังผู้ก่อการร้ายในสถานที่สำคัญ เป็นต้น จะเห็นว่าระบบเหล่านี้จำเป็นต้องมีการประมวลผลภาพจำนวนมาก และเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำๆ กันในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งงานในลักษณะเหล่านี้ หากใช้มนุษย์วิเคราะห์เอง มักจะต้องใช้เวลานาน และใช้แรงงานสูง อีกทั้งหากจำเป็นต้องวิเคราะห์ภาพเป็นจำนวนมาก ผู้วิเคราะห์ภาพเองอาจจะเกิดการเหนื่อยล้า ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เหล่านี้แทนมนุษย์ เนื่องจากคอมพิวเตอร์สมัยใหม่มีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลข้อมูลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 ภาพดิจิทัล

ภาพดิจิทัล เป็นการแสดงผลในลักษณะสองมิติในหน่วยพิกเซล (pixel) สามารถนิยามออกเป็นฟังก์ชัน 2 มิติ  $f(x, y)$  โดยที่  $x$  และ  $y$  เป็นพิกัดของภาพ และแอมพลิจูดของ  $f$  ที่พิกัด  $x, y$  ใดๆ ภายในภาพ คือค่าความเข้มแสงของภาพ (intensity) ที่ตำแหน่งนั้นๆ และเมื่อ  $x, y$  และแอมพลิจูดของ  $f$  เป็นค่าจำกัด (Finite value) จึงเรียกรูปภาพนี้ว่าเป็นภาพดิจิทัล (Digital Image) และถ้ากำหนดให้ภาพ  $f(x, y)$  มีขนาด  $M$  แถว  $N$  คอลัมน์ และพิกัดของจุดกำเนิด (Origin) ของภาพคือตำแหน่ง  $x, y = (0,0)$  แล้ว จะสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังสมการที่ 2.1

$$\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

ค่าแต่ละค่าที่อยู่ในเมทริกซ์ เรียกว่า พิกเซล โดยที่ตำแหน่ง  $(0,0)$  จะอยู่ทางด้านซ้ายมือด้านบนสุดของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวาในแต่ละเส้นจุด และจัดลำดับของเส้นจุดจะเรียงจากบนลงล่าง การเก็บค่าของความเข้มแสงของภาพดิจิทัลลงหน่วยความจำในลักษณะเส้นจุด (raster) นี้จะเรียกภาพบิตแมป (Bitmap image) หรือภาพแรสเตอร์ (raster image) แต่ภาพที่จัดเก็บในลักษณะนี้ จะมีขนาดใหญ่จึงมีการบีบอัดภาพ (image compression) เพื่อให้ข้อมูลภาพมีขนาดเล็กลง

การสร้างภาพดิจิทัลสามารถสร้างได้จากอุปกรณ์รับภาพ เช่น กล้องดิจิทัล (digital camera) เครื่องสแกนเนอร์ (scanner) เป็นต้น ภาพดิจิทัลยังสามารถสร้างโดยการสังเคราะห์จากสิ่งที่ไม่ใช่ข้อมูลภาพ เช่น ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ หรือแบบจำลองเรขาคณิตแบบสามมิติ ซึ่งการสร้างภาพลักษณะนี้เป็นส่วนหนึ่งในงานด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก (computer graphic) คอมพิวเตอร์กราฟิก คือหนึ่งในศาสตร์ องค์ความรู้ ของระเบียบวิธีการแก้ปัญหาเชิงคอมพิวเตอร์ (computer methodology) ที่แก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องของภาพหรือการแสดงภาพ โดยเน้นการประมวลผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ ให้ข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลตัวเลข ตัวอักษร หรือสัญลักษณ์ต่างๆ แทนตำแหน่ง พิกัด สี รูปทรง ความสว่าง

โดยทั่วไปแล้วเราสามารถแบ่งรูปภาพดิจิทัลออกเป็น 2 ประเภท คือ ภาพแบบบิตแมป (bitmap image) และภาพแบบเวกเตอร์ (vector image)

#### 2.1.2.1 ภาพแบบบิตแมป

ภาพแบบบิตแมป เป็นภาพที่ประกอบขึ้นจากจุดเล็กๆ หรือที่เรียกว่า พิกเซลจำนวนมากที่ต่อเรียงกันเป็นภาพหนึ่งภาพ เพื่อให้เห็นภาพลักษณะนี้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ให้นักถึงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

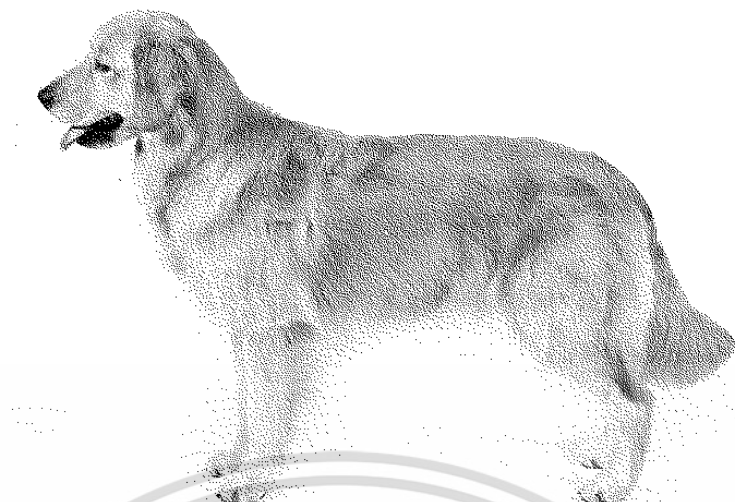
การสร้างภาพบนตารางสีเหลี่ยมเล็กๆ โดยเราจะใช้สีแต้มลงในช่องสีเหลี่ยมแต่ละช่อง จนกลายเป็นภาพสมบูรณ์ที่มีขนาดใหญ่ ภาพบิตแมปนี้จะมีจุดขนาดเล็กจำนวนมาก ดวงตาของมนุษย์นั้นไม่สามารถมองเห็น และแยกแยะรายละเอียดส่วนย่อยได้ แต่เมื่อลองขยายภาพดูจะเห็นจุดของภาพหรือพิกเซล จึงมีผลทำให้รายละเอียดของภาพมีความไม่ชัดเจนมากขึ้น ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 2.1 โดยทั่วไปนิยมใช้กันในภาพถ่าย ภาพแบบบิตแมปแบ่งออกเป็น 4 ประเภท



ภาพที่ 2.1 แสดงตัวอย่างภาพแบบบิตแมป [3]

1. ไบนารีอิมเมจ (Binary Image) คือ ในแต่ละพิกเซลนั้นจะแสดงด้วยค่าเพียง 1 บิต ซึ่งประกอบด้วยค่าเพียง 2 ค่า คือ 0 และ 1 โดยถ้าจุดของภาพนั้นมีค่าเป็น 0 แสดงว่าจุดของภาพนั้นจะเป็นสีดำ และถ้าจุดของภาพมีค่าเป็น 1 แสดงว่าจุดของภาพนั้นจะเป็นสีขาว ดังภาพที่ 2.2 ในการสร้างภาพแบบไบนารีสามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการทำเทรชโฮล (Thresholding Technique) โดยพิจารณาว่าพิกเซลสีขาวหรือสีดำ จะกระทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างพิกเซลของภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่ง เรียกว่า ค่าเทรชโฮล (Threshold Value) เทคนิคนี้ใช้กันมากในกรณีที่มีข้อมูลภาพที่มีลักษณะของวัตถุและพื้นหลังมีความแตกต่างกัน โดยค่าของพิกเซลของภาพใดๆ ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนเป็น 0 และถ้าของพิกเซลมีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนเป็น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แสดงตัวอย่างภาพแบบไบนารีอิเมจ

2. เกรย์สเกลอิเมจ (Grayscale Image) คือ ในแต่ละพิกเซลของภาพนั้น จะมีค่าความเข้มแสงในระดับที่แตกต่างกันไป โดยค่าความเข้มแสงจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 255 ถ้าจุดของภาพมีค่าความเข้มแสงเป็น 0 แสดงว่าจุดของภาพนั้นจะเป็นสีดำ และถ้าจุดของภาพมีค่าความเข้มแสงเป็น 255 แสดงว่าจุดของภาพนั้นจะเป็นสีขาว ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงตัวอย่างภาพแบบเกรย์สเกลอิเมจ

3. ภาพสี (Color Image) คือ ในแต่ละพิกเซลของภาพจะเก็บค่าระดับความเข้มแสงของแต่ละแถบแสงทั้ง 3 แม่สีหลัก คือ R = สีแดง (Red), B = สีน้ำเงิน (Blue) และ G =

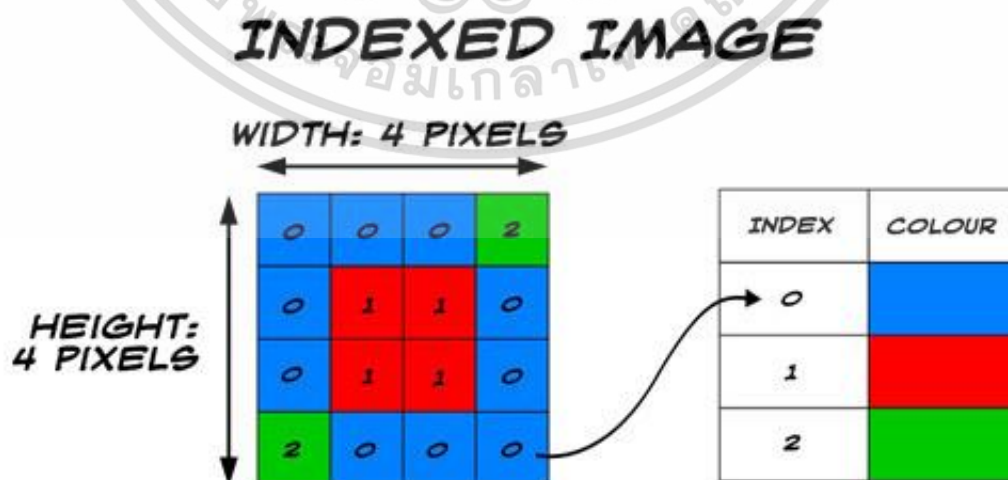
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีเขียว (Green) ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้นจะแสดงผลค่าของสีตามระดับความเข้มของแสงในแต่ละแถบสีนั้น ตัวอย่างภาพสีแสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างภาพสี

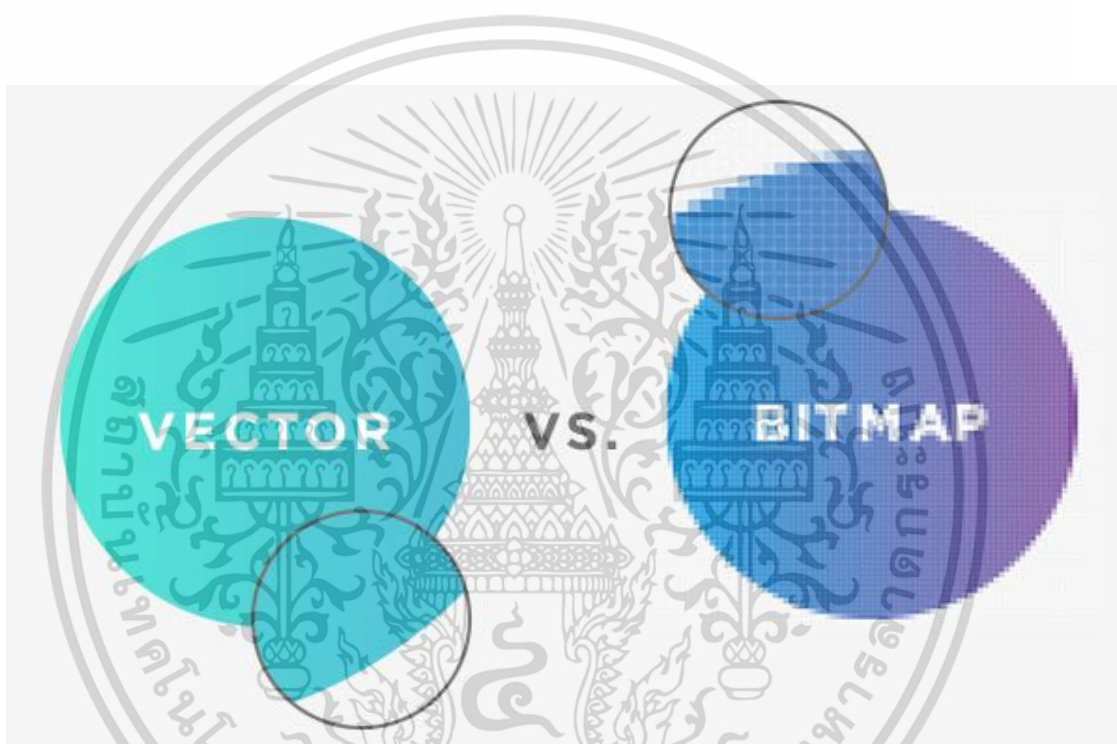
4. อินเด็กอิมเมจ (Index Image) คือ ในแต่ละพิกเซลจะเก็บค่าดัชนี (Index Number) ซึ่งเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม ซึ่งจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับตารางสี (Color Table) ซึ่งเป็นตารางแสดงค่าสีแม่สีแสง 3 สี ในอัตราส่วนต่างๆ ดังนั้นค่าดัชนีจะเป็นตัวชี้ว่าที่ตำแหน่งพิกเซลนั้นๆ จะมีค่าอัตราส่วนของแม่สีแสงเป็นเท่าใด ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 2.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น มิใช่เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2.2 ภาพแบบเวกเตอร์

ภาพประเภทนี้ไม่ว่าจะขยายให้ใหญ่เท่าใด ก็ยังมีรายละเอียดและความคมชัดเหมือนเดิม ตัวอย่างภาพแบบเวกเตอร์เปรียบเทียบกับภาพแบบบิตแมปแสดงดังภาพที่ 2.6 เนื่องจากภาพแบบเวกเตอร์นั้นประกอบไปด้วยเส้นตรง เส้นโค้ง และรูปทรงต่างๆ ภาพที่ได้จะสร้างขึ้นจากคำสั่งที่บอกถึงลักษณะของภาพในรูปแบบทางเรขาคณิตด้วยสมการคณิตศาสตร์ ดังนั้นโปรแกรมที่ต้องการเปิดรูปภาพจะต้องนำสมการต่างๆ ที่บันทึกเอาไว้มาคำนวณและสร้างรูปทรงของภาพขึ้นมาใหม่ ทำให้ภาพที่เกิดขึ้นมามีความคมชัด จึงเหมาะกับงานที่มีความแม่นยำและต้องการความละเอียดสูง เช่น การสร้างภาพโลโก้ การสร้างภาพสามมิติ เป็นต้น



ภาพที่ 2.6 แสดงภาพแบบเวกเตอร์เปรียบเทียบกับภาพแบบบิตแมป [4]

### 2.1.3 การเปรียบเทียบรูปแบบ (Template Matching)

การเปรียบเทียบรูปแบบเป็นหนึ่งในวิธีพื้นฐานในการตรวจดูว่ามีวัตถุอยู่ในภาพหรือไม่ ซึ่งทำได้โดยการเปรียบเทียบรูปของวัตถุที่เราสนใจนั้นกับวัตถุทุกชนิดในภาพ ถ้ารูปของวัตถุมีลักษณะใกล้เคียงกับวัตถุใดในภาพ วัตถุนั้นจะถูกเรียกว่า วัตถุเหมือนแบบ (Template Object) ภาพที่ 2.7 (b) แสดงตัวอย่างเหรียญที่มีลักษณะแตกต่างกัน และภาพที่ 2.7 (a) แสดงตัวอย่างของเหรียญที่ต้องการหา



(a)



(b)

ภาพที่ 2.7 (a) แสดงวัตถุที่เราสนใจ [21]

(b) แสดงภาพตัวอย่าง [21]

### 2.1.3.1 การฟิลเตอร์ลักษณะเหมือนของภาพต่อเนื่อง

การฟิลเตอร์ลักษณะเหมือนของภาพต่อเนื่อง (Matched Filter of Continuous Images) ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าถูกใช้อย่างแพร่หลายในการประยุกต์ใช้งานด้านการตรวจจับสัญญาณ 1 มิติ เช่น ด้านการสื่อสารสัญญาณเรดาร์ การสื่อสารระบบดิจิทัล เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบใช้งานในสัญญาณ 2 มิติ เช่น การตรวจหาวัตถุในภาพ ในด้านการประมวลผลภาพ การฟิวเตอร์ลักษณะเหมือน คือฟิวเตอร์ที่ใช้วัดความสัมพันธ์หรือคอร์รีเลชันระหว่างภาพอินพุตและภาพอ้างอิง ค่าคอร์รีเลชัน (Correlation) ถูกนำมาใช้ในการปรากฏอยู่ของภาพอินพุตในภาพอ้างอิงหรือไม่ และถูกใช้ในด้านการทำรีจิสเทชันภาพ (Image Registration) เพื่อซ้อนภาพเข้าด้วยกัน

### 2.1.3.2 การฟิลเตอร์ลักษณะเหมือนสำหรับภาพดิสครีต

การฟิลเตอร์ลักษณะเหมือนสำหรับภาพดิสครีต (Matched Filtering of Discrete Images) ฟิลเตอร์ลักษณะเหมือนสำหรับตรวจหาวัตถุสามารถใช้ได้ทั้งภาพต่อเนื่องและภาพดิสครีต สำหรับกรณีภาพดิสครีต ทำได้โดยการกรองเชิงเส้นแบบดิสครีตโดยใช้ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของฟิลเตอร์ลักษณะเหมือนแบบดิสครีต

### 2.1.4 การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

การแบ่งส่วนภาพ เป็นการแบ่งข้อมูลภาพออกเป็นส่วนย่อยๆ ที่แต่ละส่วนจะมีพื้นที่ต่อกันไป แต่ละส่วนจะเป็นพื้นที่ซึ่งอาจจะแทนวัตถุที่อยู่ในภาพ การแบ่งส่วนภาพจะจบลงเมื่อวัตถุที่ต้องการ ถูกแบ่งออกได้สมบูรณ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งส่วนภาพจะเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จในขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์

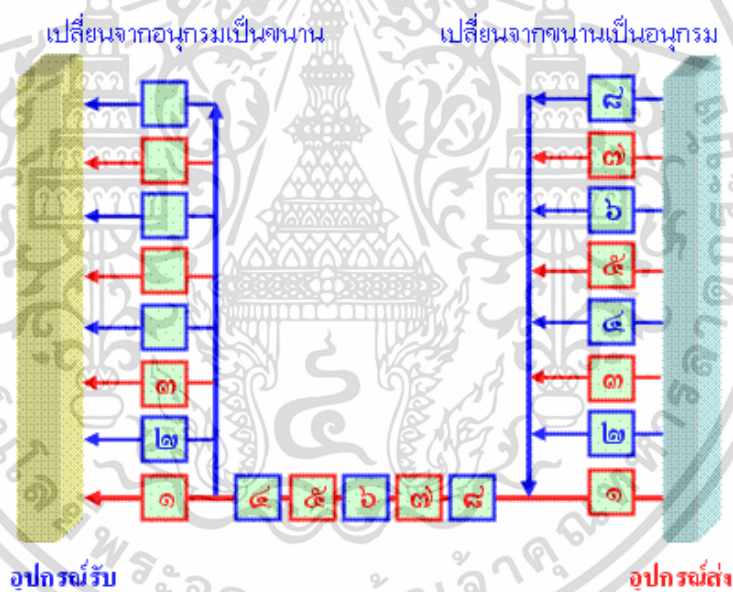
อัลกอริทึมการแบ่งส่วนภาพสำหรับภาพขาวดำโดยทั่วไปแล้วมักใช้คุณสมบัติสองประการของค่าระดับเทา ได้แก่ ความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) และความเหมือนกัน (Similarity) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกลุ่มแรกใช้วิธีการแบ่งกลุ่มภาพตามการเปลี่ยนแปลงทันทีที่ทันใจของระดับเทา โดยใช้การตรวจหาเส้น และขอบในภาพ ในกลุ่มที่สองทำการแบ่งกลุ่มภาพโดยใช้การตั้งระดับกั้น (Threshold) การโตขึ้นของบริเวณ (Region Growing) และการแยกและการรวมของบริเวณ (Region Splitting and Merging) แนวคิดของการแบ่งส่วนภาพโดยใช้ความไม่ต่อเนื่อง และความเหมือนกันของค่าระดับเทาสามารถนำไปใช้ได้ทั้งภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว

## 2.2 เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูล

### 2.2.1 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission) เป็นการส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าจนครบจำนวนข้อมูลที่มีอยู่ ตัวอย่างแบบจำลองการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแสดงดังภาพที่ 2.8 สามารถนำไปใช้กับสื่อนำข้อมูลที่มีช่องสัญญาณเดียวได้ ซึ่งมีราคาถูกกว่าสื่อนำข้อมูลที่มีหลายช่องสัญญาณ เนื่องจากการสื่อสารแบบอนุกรมมีการส่งข้อมูลได้ครั้งละ 1 บิตเท่านั้น การส่งข้อมูลประเภทนี้จึงช้ากว่าการสื่อสารข้อมูลแบบขนานที่สามารถส่งข้อมูลได้หลายบิตข้อมูลต่อครั้ง



ภาพที่ 2.8 แบบจำลองการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

### 2.2.2 เทคโนโลยีไวไฟ (Wi-Fi)

ไวไฟ (Wi-Fi) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมที่ช่วยให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบไร้สายโดยใช้คลื่นวิทยุ คำๆ นี้เป็นเครื่องหมายการค้าของ Wi-Fi Alliance ที่ได้ให้คำนิยามของไวไฟว่าหมายถึง "ชุดผลิตภัณฑ์ใดๆ ที่สามารถทำงานได้ตามมาตรฐานเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย (แลนไร้สาย) ซึ่งอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.11" อย่างไรก็ตามเนื่องจากแลนไร้สายที่ทันสมัยส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับมาตรฐานเหล่านี้ คำว่า "ไวไฟ" จึงนำมาใช้ในภาษาอังกฤษทั่วไปโดยเป็นคำพ้องสำหรับ "แลนไร้สาย" เดิมทีไวไฟออกแบบมาใช้สำหรับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์พกพาต่างๆ และใช้เครือข่าย LAN เท่านั้น แต่ปัจจุบันนิยมใช้ไวไฟเพื่อต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยอุปกรณ์พกพาต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เครื่องเล่นเกมส์ โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต กล้องดิจิทัลและเครื่องเสียงดิจิทัล สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่าแอคเซสพอยต์หรือ ฮอตสปอต และบริเวณที่ระยะทำการของแอคเซสพอยต์ครอบคลุมอยู่ที่ประมาณ 20 ม. ในอาคาร แต่ระยะนี้จะไกลกว่าถ้าเป็นที่โล่งแจ้ง

Wi-Fi มีความปลอดภัยน้อยกว่าการเชื่อมต่อแบบมีสาย (เช่น Ethernet) เพราะผู้บุกรุกไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อทางกายภาพ หน้าที่ใช้ SSL มีความปลอดภัย แต่การใช้อินเทอร์เน็ตที่ไม่ได้เข้ารหัสสามารถจะตรวจพบโดยผู้บุกรุก ด้วยเหตุนี้ Wi-Fi ได้พัฒนาเทคโนโลยีการเข้ารหัสต่าง ๆ มากมาย WEP เป็นการเข้ารหัสรุ่นแรกๆ พิสูจน์แล้วว่าง่ายต่อการบุกรุก โพรโทคอลที่มีคุณภาพสูงกว่า ได้แก่ WPA, WPA2 มีเพิ่มขึ้นมาในภายหลัง คุณลักษณะตัวเลือกที่เพิ่มเข้ามาในปี 2007 ที่เรียกว่า Wi-Fi Protected Setup (WPS) มีข้อบกพร่องร้ายแรงที่ยอมให้ผู้โจมตีสามารถกู้คืนรหัสผ่านของเราเตอร์ได้ Wi-Fi Alliance ได้ทำการปรับปรุงแผนการทดสอบและโปรแกรมการรับรองตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาเพื่อให้แน่ใจว่า อุปกรณ์ที่ได้รับการรับรองใหม่ทั้งหมดสามารถต่อต้านการโจมตีได้

### 2.2.2.1 มาตรฐานของเทคโนโลยีไวไฟ

#### 1. มาตรฐาน IEEE 802.11a

เสร็จสมบูรณ์เมื่อปี ค.ศ. 1999 โดยออกเผยแพร่ช้ากว่าของมาตรฐาน IEEE 802.11b ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เพื่อปรับปรุงความเร็วในการส่งข้อมูลให้วิ่งได้สูงถึง 54 Mbps บนความถี่ 5Ghz ซึ่งจะมีคลื่นรบกวนน้อยกว่าความถี่ 2.4 Ghz ที่มาตรฐานอื่นใช้กัน ที่ความเร็วนี้สามารถทำการแพร่ภาพและข่าวสารที่ต้องการความละเอียดสูงได้ อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสามารถปรับระดับให้ช้าลงได้ เพื่อเพิ่มระยะทางการเชื่อมต่อให้มากขึ้น แต่ทว่าข้อเสียก็คือ ความถี่ 5 Ghz นั้น หลายๆ ประเทศไม่อนุญาตให้ใช้ เช่นประเทศไทย เพราะได้จัดสรรให้อุปกรณ์ประเภทอื่นไปแล้ว และเนื่องด้วยการใช้การเชื่อมต่อที่ความถี่สูงๆ ทำให้มาตรฐานนี้ มีระยะการรับส่งที่ค่อนข้างใกล้ คือ ประมาณ 35 เมตร ในโครงสร้างปิด(เช่น ในตึก ในอาคาร) และ 120 เมตรในที่โล่งแจ้งและด้วยความที่ส่งข้อมูลด้วยความถี่สูงนี้ ทำให้การส่งข้อมูลนั้นไม่สามารถทะลุทะลวงโครงสร้างของตึกได้มากนัก อุปกรณ์ไร้สายที่รองรับเทคโนโลยี IEEE 802.11a นี้ไม่สามารถเข้ากันได้กับอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ที่จะอธิบายด้านล่างนี้ได้ อีกทั้งอุปกรณ์ของ IEEE 802.11a ยังมีราคาสูงกว่า IEEE 802.11b ด้วย ดังนั้นอุปกรณ์ IEEE 802.11a จึงได้รับความนิยมน้อยกว่า IEEE 802.11b มาก จึงทำให้ไม่ค่อยเป็นที่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร

#### 2. มาตรฐาน IEEE 802.11b

เสร็จสมบูรณ์เมื่อปี ค.ศ. 1999 ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า CCK (Complimentary Code Keying) ผวนกับ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps ผ่านคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz เนื่องจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้คลื่นความถี่ที่ต่ำกว่าอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11a ทำให้อุปกรณ์ที่ใช้มาตรฐานนี้จะมีความสามารถในการส่งคลื่นสัญญาณไปได้ไกลกว่าคือประมาณ 38 เมตรในโครงสร้างปิดและ 140 เมตรในที่โล่งแจ้ง รวมถึง สัญญาณสามารถทะลุทะลวงโครงสร้างตึกได้มากกว่าอุปกรณ์ที่รองรับกับมาตรฐาน IEEE 802.11a ด้วย ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายภายใต้มาตรฐานนี้ได้รับการผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก โดยอุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ย่านนี้ก็เช่น IEEE 802.11, Bluetooth, โทรศัพท์ไร้สาย, และเตาไมโครเวฟ และที่สำคัญแต่ละผลิตภัณฑ์มีความสามารถทำงานร่วมกันได้ อุปกรณ์ของผู้ผลิตทุกยี่ห้อต้องผ่านการตรวจสอบจากสถาบัน Wi-Fi Alliance เพื่อตรวจสอบมาตรฐานของอุปกรณ์และความเข้ากันได้ของแต่ละผู้ผลิต ปัจจุบันนี้นิยมนำอุปกรณ์ WLAN ที่มาตรฐาน 802.11b ไปใช้ในองค์กรธุรกิจ สถาบันการศึกษา สถานที่สาธารณะ และกำลังแพร่เข้าสู่สถานที่พักอาศัยมากขึ้น มาตรฐานนี้มีระบบเข้ารหัสข้อมูลแบบ WEP ที่ 128 บิต

### 3. มาตรฐาน IEEE 802.11g

เสร็จสมบูรณ์ในปี ค.ศ. 2003 ทางคณะกรรมการ IEEE 802.11g ได้นำเอาเทคโนโลยี OFDM ของ 802.11a มาพัฒนามาบนความถี่ 2.4 Ghz จึงทำให้ใช้ความเร็ว 36-54 Mbps ซึ่งเป็นความเร็วที่สูงกว่ามาตรฐาน 802.11b ซึ่ง 802.11g สามารถปรับระดับความเร็วในการสื่อสารลงเหลือ 2 Mbps ได้ตามสภาพแวดล้อมของเครือข่ายที่ใช้งาน มาตรฐานนี้เป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้เป็นจำนวนมากและกำลังจะเข้ามาแทนที่ 802.11b ในอนาคตอันใกล้

### 4. มาตรฐาน IEEE 802.11n

เสร็จสมบูรณ์ในปี ค.ศ. 2009 ทำงานบนย่านความถี่ 2.4 และ 5 GHz โดยที่สามารถให้อัตราการส่งถ่ายข้อมูลสูงสุดถึง 300 Mbps มีความสามารถในการส่งคลื่นสัญญาณ ได้ระยะประมาณ 70 เมตรในโครงสร้างปิด และ 250 เมตรในที่โล่งแจ้ง เพิ่มความสามารถในการกันสัญญาณกวนจากอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ความถี่ 2.4 GHz เหมือนกัน และสามารถรองรับอุปกรณ์มาตรฐาน IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ได้

### 5. มาตรฐาน IEEE 802.11ac

เป็นมาตรฐานที่ 5 GHz ให้รูดูพู่กับแลนไร้สายแบบหลายสถานีสูงกว่าอย่างน้อย 1 Gbps และสำหรับลิงก์เดี่ยวที่อย่างน้อย 500 Mbps โดยการ RF แบนด์วิธที่กว้างกว่า(80 หรือ 160 MHz) สตรีมมากกว่า (สูงถึง 8 สตรีม) และมอดูเลทที่ความจุสูงกว่า (สูงถึง 256 QAM)

### 6. มาตรฐาน IEEE 802.11ad

IEEE 802.11ad หรือ "WiGig" เกิดจากการผลักดันจากผู้ผลิตฮาร์ดแวร์ ในวันที่ 24 กรกฎาคม 2012 Marvell และ Wilocity ได้ประกาศการเป็นคู่ค้าใหม่เพื่อนำ Wi-Fi solution แบบ tri-band ใหม่ออกสู่ตลาด โดยการใช้ความถี่ที่ 60 GHz ทรวดูพู่ทางทฤษฎีสูงสุดถึง 7 Gbps มาตรฐานนี้จะออกสู่ตลาดได้ราวต้นปี 2014

### 2.2.2.2 เครือข่ายแลนไร้สาย (WLAN)

แลนไร้สาย (WLAN) คือ เทคโนโลยีที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ตั้งแต่สองตัวขึ้นไปเข้าด้วยกัน โดยใช้วิธีการกระจายแบบไร้สาย โดยปกติจะมีการเชื่อมต่อผ่านทาง Access Point เพื่อเข้าไปยังโลกอินเทอร์เน็ต แลนไร้สายทำให้ผู้ใช้สามารถนำพาหรือเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไปยังพื้นที่ใดก็ได้ที่มีสัญญาณของแลนไร้สาย และยังสามารถเชื่อมต่อเครือข่ายได้ตามปกติ

แลนไร้สายได้รับความนิยมอย่างมากในคอมพิวเตอร์ตามบ้าน เนื่องจากติดตั้งง่าย และยิ่งได้รับความนิยมมากขึ้นในกลุ่มแล็ปท็อป ธุรกิจหลายแขนงเริ่มให้บริการการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตผ่านทางแลนไร้สายกับลูกค้าที่มาใช้บริการ เช่น ร้านกาแฟ ซึ่งส่วนใหญ่มักให้บริการแบบไม่คิดเงินลูกค้า นอกจากนี้ในเมืองใหญ่ๆ เช่น นิวยอร์ก มีการสร้างเครือข่ายแลนไร้สายขนาดใหญ่ให้คนทำงานสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้โดยสะดวกในพื้นที่สาธารณะ

แลนไร้สายเป็นเทคโนโลยีสื่อสารเครือข่ายคอมพิวเตอร์ตามมาตรฐาน IEEE802.11 ที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันเป็นเครือข่ายภายในพื้นที่แบบไร้สาย โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุในการสื่อสารกัน การสื่อสารแบบแลนไร้สายมีทั้งแบบเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยกัน และเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (Access Points)

### 2.2.2.3 ไอพีแอดเดรส (IP Address)

IP Address ย่อมาจากคำเต็มว่า Internet Protocol Address คือหมายเลขประจำเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องในระบบเครือข่ายที่ใช้โปรโตคอลแบบ TCP/IP

ถ้าเปรียบเทียบกับคือบ้านเลขที่ของเรานั้นเอง ในระบบเครือข่าย จำเป็นจะต้องมีหมายเลข IP กำหนดไว้ให้กับคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ต้องการ IP ทั้งนี้เวลาที่มีการโอนย้ายข้อมูล หรือส่งงานใดๆ จะสามารถทราบตำแหน่งของเครื่องที่เราต้องการส่งข้อมูลไป จะได้ไม่ผิดพลาดเวลาส่งข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยตัวเลข 4 ชุด มีเครื่องหมายจุดขึ้นระหว่างชุด เช่น 192.168.100.1 หรือ 172.16.10.1 เป็นต้น โดยหมายเลข IP Address ของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีค่าไม่ซ้ำกัน สิ่งตัวเลข 4 ชุดนี้บอก คือ Network ID กับ Host ID ซึ่งจะบอกให้รู้ว่า เครื่อง computer ของเราอยู่ใน network ไหน และเป็นเครื่องไหนใน network นั้น เราจะรู้ได้อย่างไรว่า Network ID และ Host ID มีค่าเท่าไร ก็ขึ้นอยู่กับว่า IP Address นั้น อยู่ใน class อะไร

เหตุที่ต้องมีการแบ่ง class ก็เพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบ เป็นการแบ่ง IP Address ออกเป็นหมวดหมู่นั้นเอง สิ่งที่จะเป็นตัวจำแนก class ของ network ก็คือ bit ทางซ้ายมือสุดของตัวเลขตัวแรกของ IP Address (ที่แปลงเป็นเลขฐาน 2 แล้ว) นั่นเอง โดยที่ถ้า bit ทางซ้ายมือสุดเป็น 0 ก็จะเป็น class A ถ้าเป็น 10 ก็จะเป็น class B ถ้าเป็น 110 ก็จะเป็น class C ดังนั้น IP Address จะอยู่ใน class A ถ้าตัวเลขตัวแรกมีค่าได้ตั้งแต่ 0 - 127 (00000002 - 01111112) จะอยู่ใน class B ถ้าเลขตัวแรกมีค่าตั้งแต่ 128 - 191 (10000002 - 10111112) และ จะอยู่ใน class C ถ้าเลขตัวแรกมีค่าตั้งแต่ 192 - 223 (11000002 - 11011112) มีข้อยกเว้นอยู่นิดหน่อยก็คือตัวเลข 0, 127

จะใช้ในความหมายพิเศษ จะไม่ใช่เป็น address ของ network ดังนั้น network ใน class A จะมีค่าตัวเลขตัวแรก ในช่วง 1 – 126

### 2.2.3 บลูทูธ

บลูทูธ (Bluetooth) คือ ระบบการสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสองทาง ที่ใช้เทคนิคการส่งคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) เป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่างชนิดกัน โดยปราศจากการใช้สายเคเบิล หรือสายสัญญาณเชื่อมต่อ และไม่จำเป็นต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกับอินฟราเรด ซึ่งถือว่าเพิ่มความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่เชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือ กับอุปกรณ์ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนๆ โดยปัจจุบัน ระบบบลูทูธได้เข้ามาช่วยทำให้การส่งถ่ายข้อมูลที่เป็นภาพ เสียง สะดวกยิ่งขึ้น

#### ระบบการทำงานของ Bluetooth

Bluetooth จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่สูง 2.4 GHz. แต่จะแยกย่อยออกไปตามแต่ละประเทศ อย่างในแถบยุโรปและอเมริกา จะใช้ช่วง 2.400 ถึง 2.4835 GHz. แบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และจะใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ส่วนที่ญี่ปุ่นจะใช้ความถี่ 2.402 ถึง 2.480 GHz. แบ่งออกเป็น 23 ช่อง ระยะทำการของ Bluetooth จะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การบ่อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสาร โดยระบบจะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น

โดยหลักของบลูทูธจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอปพลิเคชันต่างๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ขอให้อยู่ในระยะที่กำหนดไว้เท่านั้น (ประมาณ 5-10 เมตร) นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จแบตเตอรี่บ่อยๆ ส่วนความสามารถในการส่งถ่ายข้อมูลของ Bluetooth จะอยู่ที่ 1 Mbps (1 เมกกะบิตต่อวินาที) และคงจะไม่มีปัญหาอะไรมากกับขนาดของไฟล์ที่ใช้กันบนโทรศัพท์มือถือ หรือ การใช้งานแบบทั่วไป ก็ถือว่ามีประสิทธิภาพมาก แต่ถ้าเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่การส่งข้อมูลแบบนี้อาจจะช้าเกินไป และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ Wireless LAN (WLAN) แล้ว ความสามารถของ Bluetooth อาจจะห่างไกลกันมาก ซึ่งในส่วนของ WLAN ก็ยังมีระยะการรับ-ส่งที่ไกลกว่า แต่ขอได้เปรียบของ Bluetooth อยู่ที่ขนาดที่เล็กกว่า การติดตั้งทำได้ง่ายกว่า และที่สำคัญ การใช้พลังงานก็น้อยกว่ามาก โดยอยู่ที่ 0.1 วัตต์ และหากเทียบกับคลื่นมือถือแล้วการใช้พลังงานยังห่างกันอยู่หลายเท่าเหมือนกัน

### 2.2.4 Power over Ethernet (PoE) [15]

PoE หรือ Power over Ethernet คือการส่งไฟฟ้าไปในสายแลน แทนที่จะต้องลากสายแลนเข้าอุปกรณ์ แล้วต้องลากสายไฟไปเลี้ยงด้วย ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง แถมยังปลอดภัยกับชีวิตเพราะใช้ไฟแบบ DC ที่ส่วนใหญ่จะมีแรงดันต่ำกว่าไฟ AC (แต่บางครั้งแรงดันจะสูงกว่าขึ้นอยู่กับกรนำป้ใช้งาน) เหมาะมากสำหรับอุปกรณ์ที่ไม่ต้องเคลื่อนย้าย หรือต้องติดตั้งในระยะไกลๆ เช่น กล้องวงจรปิด ทำให้เราสามารถติดตั้งกล้องวงจรปิดได้ไกลกว่า 100 เมตร โดยไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องเดินสายไฟ (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของสายสัญญาณ) หรือติดตั้งตัวกระจายสัญญาณ Wi-Fi ทั้งอาคาร โดยไม่ต้องทำปลั๊กไฟเพิ่ม รวมไปถึงเซนเซอร์ตรวจวัดต่างๆ หรือระบบ Home Automation ในบ้าน เป็นต้น

#### อุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้งาน POE

- Switch ที่รองรับการใช้งาน POE
- Access Point ที่รองรับการใช้งาน POE

#### มาตรฐานสำหรับการใช้งาน POE มี 2 ประเภท

- 802.3af มีการจ่ายไฟไม่เกิน 15.4 วัตต์
- 802.3at มีการจ่ายไฟไม่เกิน 30 วัตต์

#### ข้อดีของการใช้ POE

- ประหยัดค่าเดินสาย
- ประหยัดอุปกรณ์เพิ่มเติม กรณีต้องการเชื่อมต่อ UPS โดยเฉพาะปลั๊ก
- ประหยัดพื้นที่ กรณีมีการติดตั้งอุปกรณ์จำนวนมาก
- ประหยัดเวลาในการติดตั้ง เพราะสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว
- ดูแลได้ง่ายกว่า
- มีความปลอดภัยสูง และใช้งานน้อยกว่า

#### ข้อเสียของการใช้ POE

- ราคาอุปกรณ์จะสูงกว่าอุปกรณ์ทั่วไป

นอกจากการนำเทคโนโลยี POE มาใช้กับเครือข่ายคอมพิวเตอร์แล้ว เรายังสามารถเห็นเครือข่ายของกล้อง CCTV ที่ใช้ POE ในเรื่องของเดินสายสัญญาณและไฟในเส้นเดียวกันอีกด้วย

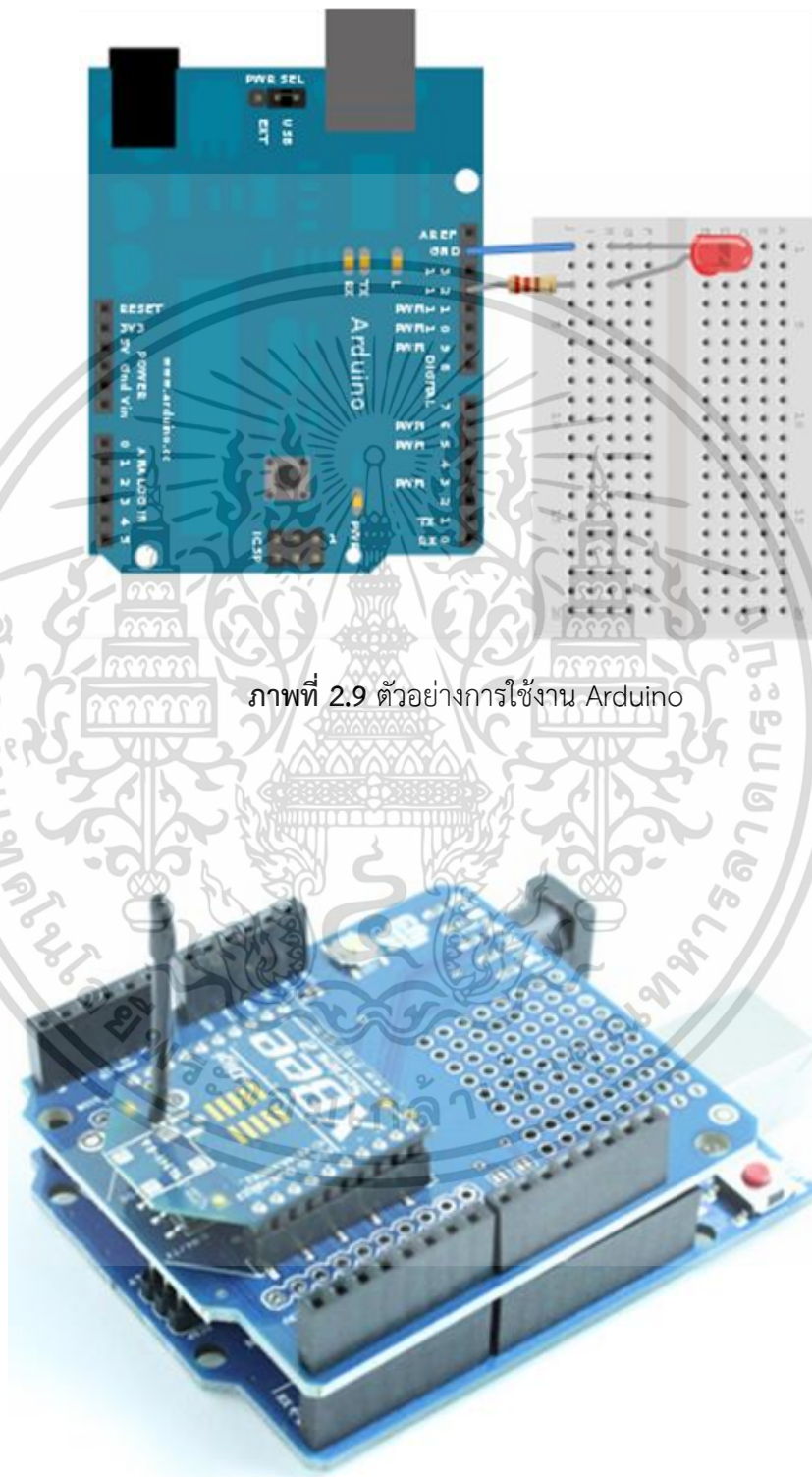
## 2.3 ฮาร์ดแวร์

### 2.3.1 Arduino Board [9]

Arduino อ่านว่า (อา-ตุ-อิ-โน้ หรือ อาตุยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด แสดงดังภาพที่ 2.9 หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ แสดงดังภาพ 2.10 เช่น Arduino XBee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างการใช้งาน Arduino

ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างการใช้งาน Arduino ร่วมกับบอร์ดเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

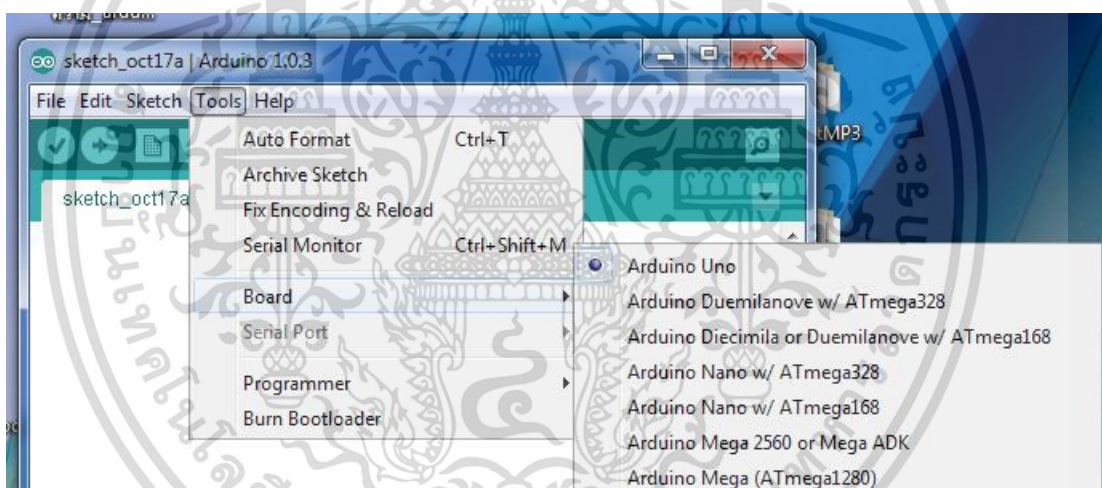
## จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

- ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
- Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- ราคาไม่แพง
- Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

## รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก [Arduino.cc/en/main/software](http://Arduino.cc/en/main/software)

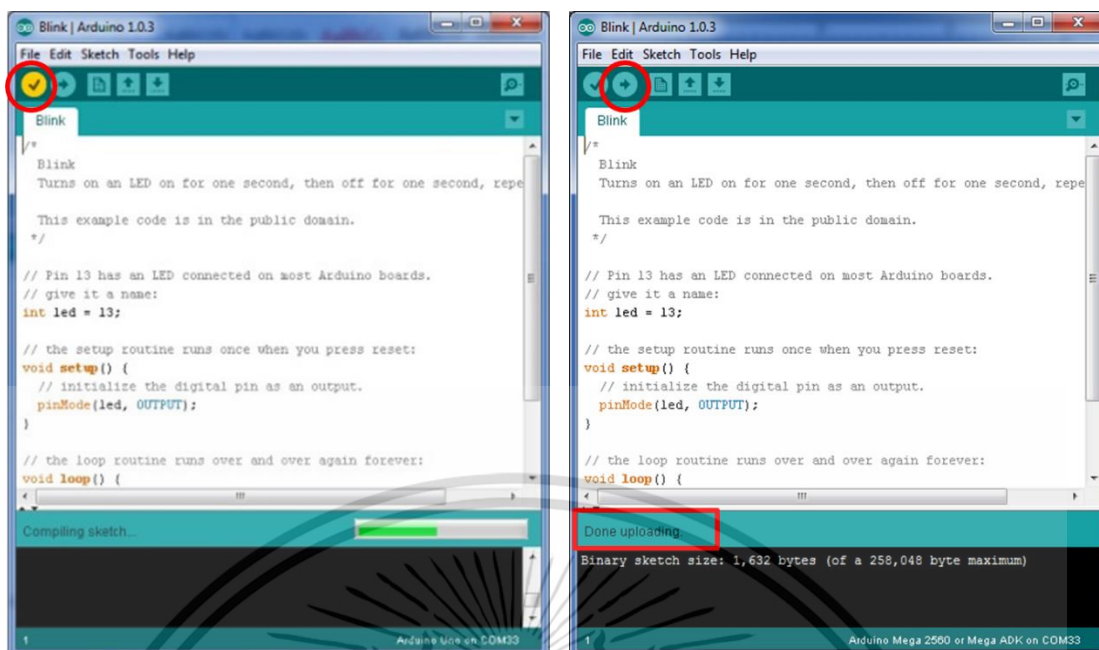
2. หลังจากเขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com port แสดงดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 แสดงการเลือกรุ่นของบอร์ด Arduino

3. กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)

(b)

ภาพที่ 2.12 (a) กดปุ่ม verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

(b) กดปุ่ม upload โค้ดโปรแกรม

### Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)

1. USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4. I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอกประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin
9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. MCU ของ Atmega328 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega328

### ความแตกต่างกันระหว่าง Arduino Official Board และ Compatible Board [10]

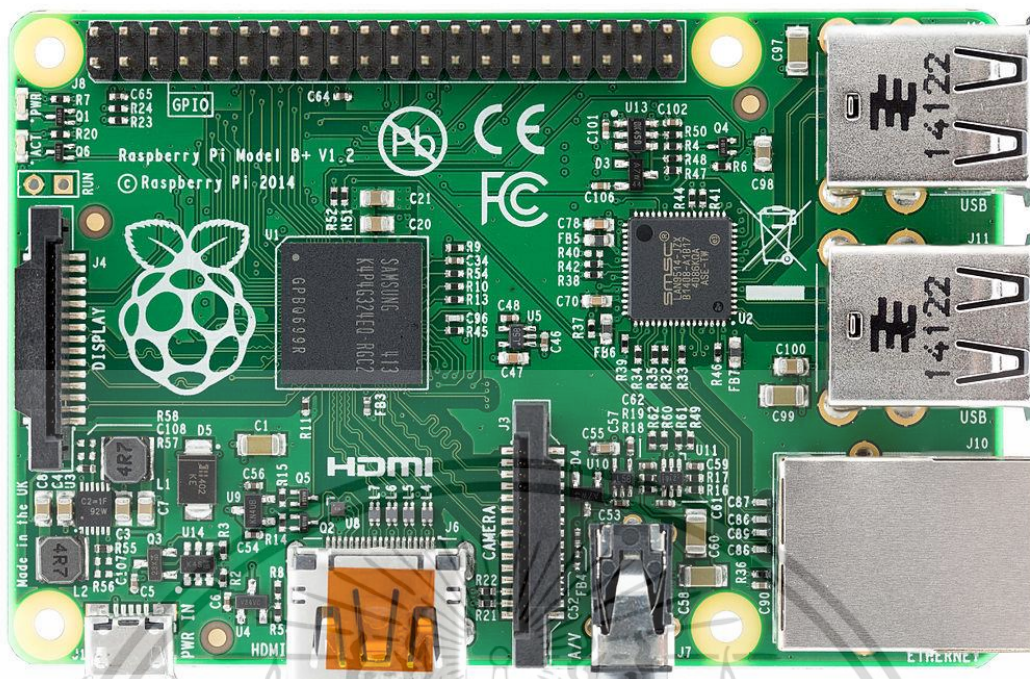
Arduino เป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ที่ Open-Source ฮาร์ดแวร์ นั่นคือเปิดเผยแบบแปลนในการผลิต ทำให้ใครๆ ก็สามารถผลิตหรือสร้างบอร์ด Arduino ขึ้นมาจำหน่ายได้ (แต่มีข้อแม้ว่าห้ามใช้ชื่อบอร์ดว่า Arduino) ดังนั้นบอร์ด Arduino จึงมีผู้ผลิตออกมาจำหน่ายมากมาย โดยแบ่งประเภทของบอร์ด Arduino จากแหล่งที่มาที่ต่างกันได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. Official Board หรือบอร์ดที่ผลิตโดยต้นตำรับ ผลิตจากประเทศอิตาลี บอร์ดจะถูกผลิตด้วยความประณีต สวยงาม อุปกรณ์แต่ละชิ้นได้มาตรฐาน ผ่านการตรวจเช็คความสมบูรณ์ของสินค้าอย่างดีก่อนออกจำหน่าย
2. Compatible Board หรือบอร์ดที่เข้ากันได้ (ใช้แทน Official Board ได้) ซึ่งไม่ได้ถูกผลิตโดยต้นตำรับ แต่อาจถูกผลิตขึ้นมาตามแบบแปลนหรืออาจผลิตให้ใกล้เคียงกับแบบแปลนจากต้นตำรับ โดยอาจมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบเล็กน้อยเพื่อลดต้นทุนหรือเพื่อเพิ่มความสามารถ บอร์ดประเภทนี้ส่วนมากผลิตที่ประเทศจีน คุณภาพปานกลาง และมีราคาถูก เหมาะกับการนำมาศึกษาในระดับผู้เริ่มต้น ซึ่งถ้าเทียบราคากันในรุ่น Arduino UNO R3 ราคาของ Official Board ราคาประมาณ 800 บาท ส่วน Compatible Board จะมีราคาประมาณ 200 บาทเท่านั้น

### 2.3.2 Raspberry Pi Board [11]

Raspberry Pi เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กพัฒนาขึ้นโดยมูลนิธิ Raspberry Pi ตัวอย่างบอร์ด Raspberry Pi แสดงดังภาพที่ 2.13 ซึ่งเป็นองค์กรการกุศลของสหราชอาณาจักร ที่ทำงานเพื่อนำพลังด้านดิจิทัลเข้าสู่ผู้ใช้งานทั่วโลก ดังนั้นผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจและสร้างโลกดิจิทัลเพิ่มขึ้นได้โดยง่าย สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่สำคัญได้และเตรียมพร้อมสำหรับงานในอนาคต ซึ่ง Raspberry Pi เป็นคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ราคาประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงที่ผู้คนใช้เพื่อเรียนรู้ในการแก้ปัญหาและได้รับความสนุกสนาน อีกทั้งยังมีชุมชนออนไลน์พัฒนาแหล่งข้อมูลฟรี เช่น บทความ ตัวอย่างโครงการ เพื่อช่วยให้ผู้คนเรียนรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และวิธีการทำสิ่งต่าง ๆ กับคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะใช้งานด้านทั่วไป หรือ ทักษะการเขียนโปรแกรม ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการเรียนรู้โดยเฉพาะการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.13 แสดงตัวอย่างของบอร์ด Raspberry Pi

### คุณสมบัติของ Raspberry Pi (Raspberry Pi3 Model B)

Raspberry Pi สามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่ายแบบใช้สายหรือไร้สายได้ ทำให้กลายเป็นอุปกรณ์ Internet of Things โดยสมบูรณ์ ช่วยให้นักวิจัยและผู้ที่สนใจอื่น ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเชื่อมต่อกับตัวตรวจจับ (Sensor) ในการเก็บข้อมูลตามต้องการ รวมถึงสามารถเชื่อมต่อกับแป้นพิมพ์และเมาส์ได้ง่ายอีกด้วย โดยระบบปฏิบัติการที่ใช้ในนั้น คือ Raspbian ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการลินุกซ์เป็นฐานถูกปรับแต่งมาใช้กับ Raspberry Pi โดยเฉพาะ และระบบปฏิบัติการติดตั้งผ่าน Micro SD Card สามารถตั้งค่าเป็นเครื่องแม่ข่ายและใช้งานบริการต่างๆ เช่น Web Server หรือ FTP Server เป็นต้น

- CPU: Quad-core 1.2 GHz ARM Cortex-A53 แบบ 64 bits
- GPU: Broadcom Video Core IV @ 400 MHz
- Memory ขนาด 1 GB (LPDDR2-900 SDRAM)
- หน่วยความจุแบบ MicroSD
- 4 USB ports
- 1 Ethernet port
- 802.11n Wireless LAN
- Bluetooth 4.0
- รองรับ HDMI/Composite ผ่านทาง RCA Jack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ GPIO 40 pins การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Raspberry Pi ได้ผลิตมาแล้ว 5 รุ่น 13 โมเดลตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดรุ่นและโมเดลของ Raspberry Pi

Family	Model	Form Factor	Ethernet	Wireless	Gpio	Released
Raspberry Pi 1	B	Standard (85.60 x 56.5 mm)	Yes	No	26-pin	2012
	A		No			2013
	B+		Yes			
	A+	Compact (65 x 56.5 mm)	No		2014	
Raspberry Pi 2	B	Standard	Yes			2015
Raspberry Pi zero	Zero	Zero (65 x 30 mm)	No	No	40-pin	2015
	W/WH		Yes	Yes		2017
Raspberry Pi 3	B	Standard	Yes	Yes		2016
	A+	Compact	No		2018	
	B+	Standard	Yes		2018	
Raspberry Pi 4	B (1 GB)	Standard	Yes	Yes		2019
	B (2 GB)					
	B (4 GB)					

นอกจากความสามารถด้านการเขียนโปรแกรมภาษา Python โปรแกรม Scratch แล้ว สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในรูปแบบของโครงงานต่างๆ ได้เหมือนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไป โดยสามารถสร้างสิ่งประดิษฐ์ให้อุปกรณ์เดิมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ระบบเปิด/ปิดไฟอัตโนมัติ อุปกรณ์วัดความเอียง ระบบตรวจสอบอุณหภูมิห้องแบบเรียลไทม์ รถยนต์บังคับสำหรับงานด้านต่างๆ กังหันลม เครื่องชงชา ระบบควบคุมไฟจราจร ระบบวัดระยะทาง ระบบแจ้งเตือนต่างๆ ระบบวัดความเข้มแสง เครื่องนับแต้ม ระบบจัดเก็บข้อมูลจากตัวตรวจจับต่างๆ ลงฐานข้อมูล MySQL เป็นต้น แต่จำเป็นต้องมีการซื้อตัวตรวจจับ (Sensor) เพิ่มเติมเหมือนกับการใช้งานด้วย Arduino Platform

ข้อจำกัดของ Raspberry Pi คือไม่มีความสามารถในการรับค่าแบบ Analog โดยตรง (รับได้เฉพาะ Digital In/Out) ซึ่งไม่เหมือนกับ Arduino Board ซึ่งรับค่าได้ทั้งแบบ Digital และ Analog ดังนั้นจึงมีการใช้วิธีการนำข้อมูลแบบ Analog เข้าไปประมวลผลต่อใน Raspberry Pi หลากหลายวิธี เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การใช้ Analog to Digital Converter และ ส่งข้อมูลผ่านเข้าไปใน Raspberry Pi โดยใช้ Protocol SPI หรือ I2C ในห้องทดลองจะเรียกว่า ADC
- การใช้ Arduino Board และติดต่อผ่าน Serial Communication (USB Port)
- การใช้ Arduino Board และติดต่อผ่าน RX/TX ของ Raspberry Pi (วิธีนี้จะประหยัดการใช้งาน USB Port)

### 2.3.3 กล้องเว็บแคม (Webcam)

เว็บแคม (Webcam) หรือ ชื่อเรียกเต็มๆว่า Web Camera แต่ในบางครั้งก็มักมีคนเรียกว่า Video Camera หรือ Video Conference ก็แล้วแต่ความเข้าใจแต่ละคน เว็บแคมเป็นอุปกรณ์อินพุตที่สามารถจับภาพเคลื่อนไหวของเราไปปรากฏในหน้าจอคอมพิวเตอร์ และสามารถส่งภาพเคลื่อนไหวนี้ผ่านระบบเครือข่ายเพื่อให้คนอื่นอีกฟากหนึ่งสามารถเห็นตัวเราเคลื่อนไหว ได้เหมือนอยู่ต่อหน้า ถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์อีกตัวหนึ่ง และเริ่มมีความจำเป็นมากขึ้นเรื่อยๆ ภาพที่ 2.14 แสดงตัวอย่างกล้องเว็บแคม



ภาพที่ 2.14 แสดงตัวอย่างกล้องเว็บแคม

#### ประเภทของเว็บแคม

อุปกรณ์อย่างกล้องเว็บแคมไม่ใช่ว่าจะเหมือนกันหมดทุกตัว แต่ละรุ่น แต่ละยี่ห้อจะมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปตามแต่ผู้ผลิตจะคิดค้นและออกแบบมาให้เหมาะสมกับการใช้เอกสารนี้ งานอย่างไร ซึ่งสามารถแบบประเภทของเว็บแคมได้ดังนี้ นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1. แบ่งตามรูปทรงของกล้อง

โดยปกติกล้องเว็บแคมส่วนใหญ่จะเป็นทรงกลม เนื่องจากเป็นรูปทรงต้นแบบที่ทำกันมานานและก็ทำให้รู้ได้ทันทีว่านี่คืออุปกรณ์ เว็บแคม แต่ไม่จำเป็นที่กล้องเว็บแคมต้องเป็นทรงกลมเสมอไป เพราะบางครั้ง กล้องเว็บแคม ก็จำเป็นต้องมีรูปทรงอื่นๆ เพื่อให้เข้ากับการใช้งานในบางลักษณะ ดังนั้น การเลือกรูปทรงให้เหมาะสมนั้น ก็จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของเรามากกว่า

### 2. แบ่งตามประเภทของขาตั้งกล้อง

โดยส่วนใหญ่ลักษณะของฐานตั้งกล้องจะเป็นแบบตั้งพื้นเสียส่วนใหญ่ โดยแบบแรกคือแบบมีขาสำหรับวางบนพื้น อาจจะมีขา 3 ขา หรือ 4 ขา ก็แล้วแต่การออกแบบ แต่ฐานแบบ 3 ขา จะมี ปัญหาตรงที่ วางแล้วยังไม่มั่นคงดีนัก และไม่สามารถหมุนตัวกล้องได้สะดวกนัก ดังนั้น ถ้าต้องการเว็บแคมที่มีฐานมั่นคงและสามารถหมุนได้ง่ายๆ ก็ต้องเลือกแบบฐานทรงกลมขนาดใหญ่ ซึ่งแบบนี้จะมีข้อดีตรงที่ วางได้มั่นคงและยังสามารถหมุนแกน ของตัวกล้องได้ไม่จำเป็นต้องยกตัวกล้องหมุนไปมาให้เสียเวลา

### 3. แบ่งตามชนิดของเซ็นเซอร์

สำหรับเซ็นเซอร์ที่กล้องเว็บแคมใช้นั้นจะมีหลักๆอยู่ 2 ชนิด คือ CCD และ CMOS แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในตอนนี้ก็คือ CMOS เนื่องจากเหตุผลหลายประการและตัวเซ็นเซอร์ แบบ CMOS เองก็สามารถแบ่งออกได้ถึง 2 ชนิดด้วยกันคือ CLF Color CMOS Censor ที่มีความละเอียดของพิกเซลแค่ 110,000 พิกเซล ( 367 x 291 ) เท่านั้น ในขณะที่ VGA Color CMOS Censor ให้ความละเอียดที่สูงกว่าที่ 350,000พิกเซล ( 655 x 493 ) ดังนั้น เวลาเลือกซื้อกล้องเว็บแคมก็ดูได้ถึงความละเอียดที่ระบุไว้ หรือชนิดของ CMOS สำหรับเซ็นเซอร์แบบ CCD จะเป็นเซ็นเซอร์ที่นิยมใช้ในกล้องดิจิทัล เพราะให้ความละเอียดที่สูงกว่าและก็มี noise ไม่มากเหมือนกับเซ็นเซอร์แบบ CMOS

### 4. แบ่งตามรูปแบบการเชื่อมต่อ

สำหรับการเชื่อมต่อของกล้องเว็บแคมในปัจจุบันส่วนใหญ่ จะเป็นอินเทอร์เฟซแบบ USB แทบทั้งสิ้นโดย USB ที่ใช้ก็จะเป็นเวอร์ชัน 1.1 เสียส่วนมาก แต่ก็จะมีเวอร์ชัน 2.0 ในบางรุ่น กล้องเว็บแคมแบบไร้สายจะทำการเชื่อมต่อในแบบ WiFi หรือ Wireless lan นั้นเองทำให้สามารถเคลื่อนย้ายไปได้ทุกที่โดยไม่ต้องคำนึงถึงสายให้วุ่นวาย แต่เว็บแคมที่เป็น Wireless ตอนนี้อย่างมีราคาค่อนข้างแพงอยู่

### การเลือกซื้อกล้องเว็บแคม

ขั้นตอนแรกเราต้องรู้ว่าจะนำกล้องเว็บแคม มาใช้งานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ประเภทใด ถ้าเป็นโน้ตบุ๊กก็ต้องเป็นกล้องเว็บแคม ขนาดเล็กกะทัดรัด และสามารถติดตั้งบนจอแอลซีดีของโน้ตบุ๊กได้ แต่ถ้าใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เดสก์ทอปก็ แนะนำรุ่นที่มีขาตั้งที่มั่นคงสามารถวางบนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จอมอนิเตอร์ เมื่อเลือกรูปแบบของกล้องได้แล้ว ก็มาเลือกตามคุณสมบัติภายในของกล้องเว็บแคมโดยเลือกจากชนิดของเซ็นเซอร์ที่ใช้กับภาพ โดยจะมีให้เลือกเป็น CMOS ในแบบ CIF และ VGA ซึ่งแนะนำว่าเป็นแบบ VGA จะให้ความละเอียดที่สูงกว่า หรือถ้าต้องการความละเอียดที่มากกว่านี้ ก็เลือกเซ็นเซอร์แบบ CCD จะดีกว่าแต่ทั้งนี้ราคาก็จะเพิ่มสูงขึ้น ตามชนิดของเซ็นเซอร์ และความละเอียดของตัวกล้องเว็บแคม

#### 2.3.4 กล้องไอพี (IP Camera) [12]

กล้อง IP Camera หรือมีชื่อเรียกภาษาอังกฤษว่า Internet Protocol Camera ถือเป็นกล้องวงจรปิดชนิดที่รวมคุณสมบัติของเทคโนโลยีใหม่ ไม่ว่าจะเป็นความละเอียดระดับสูง web Server internet hi-end รวมทั้งเพิ่มฟังก์ชันบางส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์ลงไปในตัวกล้องวงจรปิดอย่างสมบูรณ์แบบ เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพสูงขึ้นสามารถดูภาพสดบนระบบอินเทอร์เน็ตและระบบเครือข่ายได้อย่างง่ายดาย โดยผู้ใช้งานสามารถจัดการควบคุมและตรวจสอบภาพจากกล้องวงจรปิดระยะไกลเพื่อรักษาความปลอดภัยเฝ้าระวังจากบ้าน สำนักงาน ห้างสรรพสินค้า โรงแรม หรือแม้แต่โรงงานก็ตาม นอกจากนี้กล้องวงจรปิดแบบ IP Camera ยังแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ซึ่งก็คือแบบไร้สาย (Wiring) และแบบไร้สาย (Wireless) แต่ถ้าหากเจาะลึกกล้อง ip Camera ตามประเภทการใช้งานจะแบ่งออกเป็น 4 ประเภทได้แก่

1. แบบ Pan-Tilt และ Pan-Tilt-Zoom Camera ซึ่งเป็นกล้องวงจรปิดชนิดโดม โดยมีตัวย่อ P = PAN (หมุน สาย), T = TILT (ก้ม เหยย), Z = ZOOM (ซูม) โดยลักษณะข้อดีที่กล้องทั่วไป คือสามารถหมุนได้ ก้ม เหยยได้ ซูมได้ด้วยเลนส์ด้วยระยะทางที่ไกลกว่าถึง มากสุด 400-500M สามารถเลือกใช้ได้ทั้งแบบภายในและภายนอกอาคารโดยปัจจุบันสามารถเลือกการควบคุมด้วยเครื่องบันทึกหรือ จอยควบคุมก็ได้ แล้วแต่สถานการณ์หรือการใช้งาน และสามารถกำหนดการตั้ง Preset ได้มากกว่า 100 จุด และสั่งหมุนหรือวิ่งไปตามจุดนั้นๆ ได้เองแบบอัตโนมัติ [13] ตัวอย่างกล้องชนิดนี้แสดงดังภาพที่ 2.15

#### ลักษณะการใช้งาน

ลักษณะเด่นกล้องชนิด PTZ คือ เป็นกล้องที่มีคุณสมบัติการใช้งานสูงสามารถหมุนสาย ได้ 360 องศา ก้ม เหยยได้มากกว่า 90 องศา ซูมภาพได้ระยะทางไกลมากกว่า 200 - 400 เมตร ออกแบบมาเพื่อสามารถติดตั้งได้ทั้งภายนอกและภายใน การควบคุมสามารถควบคุมกล้องโดยใช้ชุดควบคุมหรือจอยคอนโทรล หรือควบคุมผ่านเครื่องบันทึกได้โดยตรง แล้วแต่ผู้ใช้สะดวก การติดตั้งควรติดตั้งลักษณะที่เหมาะสมสำหรับ ห้อง อาทิเช่น สนาม แนวถนน แนวกำแพง ภายในโรงงาน โรงรถ ลานจอดรถ สีแยกหรือหน่วยงานที่ต้องการมองในระยะทางไกลๆ ฯลฯ กล้องชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูง



ภาพที่ 2.15 กล้องไอพีชนิด PTZ

2. แบบ Dome Camera ซึ่งชนิด Dome Camera นี้มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม เหมาะสำหรับการติดตั้งภายในบ้านหรือภายในร่มเงา ไม่ว่าจะเป็นออฟฟิศ สำนักงาน หรือบ้านเรือน ส่วนใหญ่แล้วนิยมติดตั้งบนฝ้าเพดานได้อย่างง่ายดาย โดยไม่ต้องมีขายึด ตัวอย่างกล้องชนิดนี้แสดงดังภาพที่ 2.16

#### การนำกล้องโดมไปใช้งาน

1. กล้องโดมเหมาะสำหรับภายในสำนักงานเป็นอย่างยิ่งหรือภายในงานในสามารถปรับมุมกล้องได้รอบทิศทาง (ด้วยมือ)
2. กล้องโดมเหมาะที่จะติดบนเพดานที่เป็นฝ้า ติดตั้งโดยไม่ต้องใช้ขายึด มีชุดฝาครอบเพื่อป้องกันการฝุ่นละออง
3. พอติดตั้งแล้ว หน้างานดูสวยกว่า เหมาะสำหรับการติดตั้งในพื้นที่ภายในร่ม ไม่โดนแดด โดนน้ำ

#### กล้องโดมชนิดอินฟาเรด

เป็นกล้องโดม ชนิด อินฟาเรด เหมาะสำหรับติดตั้งภายในร่มเงาเหมือนเดิม กรณีที่ลูกค้าต้องการดูภาพในที่มืดสนิทเวลากลางคืนมีให้เลือกใช้ทั้งซีพียูอาร์พี และโซนี่ วัสดุอุปกรณ์ที่เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กผสมอลูมิเนียมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงหรือพลาสติกเบาๆ และคูตี สวยงาม ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะไม่มีปัญหาเรื่องภาพสะท้อนหรือฝ้าแน่นอนเพราะการออกแบบนั้นจะตัดปัญหาโดยการแยกชุดเลนส์กับชุด LED ออกจากกันเลย



ภาพที่ 2.16 แสดงตัวอย่างกล้องไอพีแบบโดม

3. แบบ Infrared Camera หรือกล้องวงจรปิดแบบอินฟราเรด (Infrared Camera) คุณสมบัติที่เด่นชัดที่สุดใน การเป็นกล้องอิฟราเรด คือ การที่สามารถจับภาพในที่มืดได้ ปัจจัยทำให้ตัวกล้องวงจรปิดแบบอินฟราเรดสามารถมองเห็นในที่มืดหรือที่มีแสงน้อยได้ จะมีอยู่ 2 อย่างที่เป็นตัวเปรียบเทียบว่าสามารถมองเห็นในที่มืดได้ในระดับใด นั่นก็คือ ค่า Lux ของ (illuminance หรือ illumination) และในส่วนของ LED คือ จำนวนของมันมากน้อยแค่ไหนยิ่งมากก็สามารถทำให้ระยะทางดูภาพได้ไกลขึ้น ปกติแล้วกล้องอินฟราเรดจะมีค่า Lux เท่ากับ 0 แต่มันจะมีระยะของมันในกล้องวงจรปิดแต่ละตัวว่าสามารถมองเห็นไปได้ไกลแค่ไหน คือสำคัญที่ว่าค่า Lux ยิ่งน้อยยิ่งมองเห็นได้เป็นขาวดำครึบในที่ยิ่งมืดๆ นั่นก็คือจำนวน LED ยิ่งมีจำนวนมากก็จะยิ่งดี มันเป็นตัวเสริมในหลายๆ อย่างของความสามารถที่มองเห็นในที่ที่มีแสงน้อยได้ กล้องวงจรปิด CCTV Infrared เป็นกล้องวงจรปิดที่ใช้แสงจากหลอด IR ส่องกระหนาบวัตถุจะทำงานเมื่อแสงน้อยในระดับหนึ่ง โดยจะมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sensor ที่ด้านหน้าของกล้อง แล้วจะส่งสัญญาณให้หลอด IR ทำงาน และเมื่อแสงน้อยภาพจะเปลี่ยนเป็นขาว-ดำ สามารถมองเห็นในที่มืดสนิทได้เลย เพราะจะใช้แสง IR ส่องไปที่วัตถุ แต่ไม่เหมาะติดตั้งเพื่อการตรวจสอบทะเบียนรถ ผลจากการสะท้อนภาพจะทำให้ภาพสว่างจ้าจนมองไม่เห็น เลขทะเบียนเลย ตัวอย่างกล้องชนิดนี้แสดงดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 แสดงตัวอย่างกล้องไอพีแบบอินฟราเรด

4. แบบ fix Camera หรือกล้องวงจรปิดแบบกระบอก ถือเป็นกล้องวงจรปิดที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีราคาไม่แพงนักและมีหลากหลายชนิดให้เลือก เหมาะสำหรับบันทึกภาพวงจรปิดที่มีความคมชัด โดยเฉพาะเวลากลางวันภาพและวีดีโอจะออกมาสวยงามมาก ตัวอย่างกล้องชนิดนี้แสดงดังภาพที่ 2.18

เลนส์ของกล้องวงจรปิดชนิดนี้ หลักๆ จะมีอยู่ 2 แบบ นั่นก็คือ

1. Fix Lens: Fix Lens ของกล้องวงจรปิดส่วนใหญ่ก็จะมีขนาดให้เลือกที่ 3.6 mm 4 mm และ 6 mm ก็ตามลักษณะการใช้งาน
2. Auto Iris: เลนส์ชนิดนี้นั้นจะมีราคาแพงกว่า fix lens ค่อนข้างมาก เพราะมันสามารถที่จะปรับภาพเพื่อให้ภาพชัดสวยงามได้อยู่ตลอดเวลา คือมันจะปรับแสงให้ตามสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.18 แสดงตัวอย่างกล้องไอพีแบบ fix

#### การบันทึก

การบันทึกของกล้อง IP จะมีด้วยกัน 3 อย่างหลักๆ คือ

1. บันทึกลง storage card ที่อยู่บนตัวกล้อง IP
2. ใช้ Software บันทึกลง Computer
3. ใช้ NVR (Network Video Record) บันทึกลง Hard disk

#### จุดเด่น

1. กล้อง IP แต่ละตัวมีราคาที่สูง
2. การติดตั้งง่าย ใช้สายน้อย ยืดหยุ่นในการติดตั้ง
3. สามารถดูภาพได้โดยไม่ต้องใช้ DVR สามารถดูผ่านคอมพิวเตอร์โดยตรงได้
4. ถ้าติดตั้งกล้อง IP เป็นจำนวนมาก อาจจะต้องออกแบบระบบ Network เป็นอย่างดี แล้วอุปกรณ์ Network ก็ต้องติดตามไปด้วย

#### 2.3.5 กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Camera)

Thermal Camera คือ กล้องถ่ายภาพความร้อน เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ผิวของวัตถุ ทำงานโดยอาศัยหลักการแผ่รังสีอินฟราเรด (infrared radiation) ออกจากวัตถุซึ่งเป็นการวัดแบบไม่สัมผัสและไม่ทำลายวัตถุเหมาะกับการซ่อมบำรุงหรือตรวจสอบหาสาเหตุการเสียหรือการทำ PM (Preventive Maintenance) เช่น การวัดอุณหภูมิโดยรวมของ MDB และการตรวจสอบตำแหน่งของสายไฟที่เกิดความร้อน เป็นต้น ซึ่งภาพที่ได้จาก กล้องจับความร้อนนั้นทำให้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างรวดเร็วและลดการเกิดความเสียหายที่เกิดจากอุณหภูมิได้เร็วอีกด้วย ทั้งนี้ในตลาดก็มีหลากหลายยี่ห้อด้วยกันไม่ว่าจะเป็นแบรนด์ Fluke, Keysight และ FLIR ตัวอย่างดังภาพที่ 2.19

FLIR นั้นมีเทคโนโลยีของตัวเองคือ Lepton Image Processing ทำให้มีราคาถูกกว่าแบรนด์อื่นๆ, มี Technology MSX คือการถ่ายภาพที่ใช้เลนส์ 2 ตัว โดยเลนส์ตัวแรกถ่ายภาพความร้อนรังสีอินฟราเรด เลนส์ตัวที่สองจะเป็นภาพจริง แล้วนำทั้ง 2 ภาพมาซ้อน ทำให้ได้ภาพที่คมชัด มีรุ่นให้เลือกใช้งานหลากหลาย ทั้งในบ้าน ภาคสนาม งานอุตสาหกรรม งานอาคาร เป็นต้น [14]

เนื่องจากวัตถุแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการสะท้อนรังสีอินฟราเรด หรือจะเรียกว่าค่า Emissivity ที่แตกต่างกัน โดยปกติแล้วเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดทั่วไปจะถูกตั้งค่า Emissivity ไว้ที่ 0.95 (โดยมาตรฐาน) หากอุปกรณ์ที่จะใช้ตรวจวัดการสะท้อนของรังสีอินฟราเรดสามารถปรับเปลี่ยนค่า Emissivity ได้ ก็จะช่วยค่าการวัดอุณหภูมิของวัตถุต่างๆ มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น สำหรับอุปกรณ์ที่สามารถปรับเปลี่ยนค่า Emissivity ได้นั้น เราสามารถเลือกปรับค่า Emissivity ให้ตรงกับวัตถุที่ต้องการตรวจวัด เช่น ถ้าต้องการวัดอุณหภูมิของน้ำ ให้ปรับ Emissivity ไปที่ 0.93 หรือหากต้องการวัดอุณหภูมิของกระดาษ ให้ปรับ Emissivity ไปที่ 0.95 โดยสามารถใช้ข้อมูลอ้างอิงจากภาพที่ 2.20 ด้านล่างในการปรับค่าให้ตรงกับวัตถุที่ต้องการตรวจสอบ (หมายเหตุ ตาราง emissivity อาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโรงงานผู้ผลิตแต่ละราย)



ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างกล้อง Thermal Camera

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<i>Emissivity</i>		<i>Emissivity</i>	
Material	Emissivity ( $\epsilon$ )	Material	Emissivity ( $\epsilon$ )
Aluminum alloy-oxidized	0.40	Asbestos Board	0.96
Aluminum-highly polished	0.04-0.06	Asphalt, tar, pitch	0.90-0.98
Aluminum-oxidized	0.11-0.31	Brick-red and rough	0.93
Aluminum-Anodized sheet	0.55	Brick-fireclay	0.75
Brass-Oxidized	0.60	Carbon-filament	0.53
Brass-polished	0.03	Carbon-lampblack	0.96
Chromium-polished	0.10-0.38	Cement	0.54
Copper-polished	0.02-0.05	Ceramic	0.90-0.94
Copper-heated at 600 C	0.57	Concrete	0.92-0.97
Gold-pure, highly polished	0.02	Frost crystals	0.98
Iron-polished	0.21	Glass	0.80-0.95
Iron-oxidized	0.94	Human skin	0.98
rusted iron plate	0.65	Ice	0.96-0.98
Iron-rough steel plate	0.94-0.97	Marble-polished light gray	0.90
Lead-gray and oxidized	0.28	Paints, lacquers, varnishes Black	0.90-0.95
Mercury	0.09-0.12	Paints, lacquers, varnishes aluminum paints	0.55
Nickel-polished	0.12	Paints, lacquers, varnishes flat black lacquer	0.96-0.98
Nickel-oxidized	0.37-0.85	Paints, lacquers, varnishes white lacquer	0.95
Platinum-pure polished plate	0.05-0.10	Paper	0.94
Platinum-wire	0.06-0.16	Plastic	0.84-0.94
Silver-pure and polished	0.02-0.03	Porcelain-glazed	0.92
Stainless steel-polished	0.16	Propellant-Liquid rocket engine	0.90
Stainless steel-oxidized	0.74-0.87	P.V.C.	0.91-0.93
Tin-bright	0.07-0.08	Quartz-opaque	0.75
Tungsten-filament	0.32-0.39	Rubber	0.95-0.97
Zinc-polished commercial pure	0.05	Sand	0.90
Zinc-galvanized sheet	0.23	Snow	0.96-1.00
		Soil	0.92-0.95
		Tape-Masking	0.92-0.95
		Wallpaper	0.85-0.90
		Water	0.95-0.96
		Wood-planed oak	0.82-0.89

ภาพที่ 2.20 ภาพแสดงตารางค่า Emissivity ในวัสดุประเภทต่างๆ

### 2.3.5 กล้อง Kinect [16]

กล้อง Kinect เป็นอุปกรณ์จับความเคลื่อนไหวของไมโครซอฟต์ได้รับการพัฒนาและวางจำหน่ายเมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ในฐานะอุปกรณ์เสริมของเครื่องเกมส์ Xbox 360 เป็นกล้องที่สามารถจดจำผู้เล่น (Facial Recognition) และให้ผู้เล่นควบคุมเกมส์ผ่านทาง การเคลื่อนไหวของร่างกายของผู้เล่นได้โดยตรง (3 D Motion Recognition) และสามารถจดจำเสียงของผู้เล่นได้ (Voice Recognition) ตัวกล้องมีลักษณะเป็นแท่งแบนๆ วางอยู่ในแนวระดับที่เชื่อมต่อกับฐานขนาดเล็กสามารถหมุนปรับมุมกล้องได้ด้วยมอเตอร์ ภายในแท่งประกอบด้วยกล้อง CMOS RGB 1 ตัว กล้อง IR สำหรับตรวจวัดความลึกของภาพ 1 ตัว และไมโครโฟน 4 ตัว เอาร์ทพุทของกล้อง ได้แก่ ภาพวิดีโอที่มีอัตราการแสดงภาพเคลื่อนไหว 30 เฟรมต่อวินาที ขนาดภาพเท่ากับ 640x480 พิกเซล โดยที่ 1 พิกเซลมีขนาด 8 บิต สำหรับภาพขาวดำที่เกิดจากกล้อง IR เป็นภาพขนาด 640x480 พิกเซลที่สามารถถ่ายได้ในทุกสภาวะแสงสามารถแสดงระดับความลึกของภาพได้สูงถึง 2048 ระดับ หรือ 11 บิตต่อพิกเซล มุมกล้องสามารถปรับในแนวนอนได้ถึง 57 องศา แนวตั้ง 43 องศา แสดงดังภาพที่ 2.21 นอกจากนี้ใช้ฟังก์ชัน สำหรับการเล่นเกมแล้ว ปัจจุบันไดร์เวอร์สำหรับระบบปฏิบัติการ Linux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Windows ได้ถูกพัฒนาขึ้นทำให้ผู้ใช้งานสามารถนำกล้อง Kinect มาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะนำมาใช้เพื่อความบันเทิงหรือใช้สำหรับควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์

### Kinect สำหรับ Windows

ทางบริษัท Microsoft ได้ปล่อยชุดดีเวลลอป (Software Development Kit, SDK) สำหรับ Windows 7 เมื่อวันที่ 16 มิถุนายน 2554 ซึ่งตัว SDK นี้จะมีไดร์เวอร์ต่างๆ ของ Kinect สำหรับคอมพิวเตอร์พีซีรวมอยู่ด้วย ซึ่งโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้พัฒนาแอปพลิเคชัน Kinect ได้แก่ C++ C# และ Visual Basic ส่วนพีเจอร์ต่างๆ ที่ถูกรวมไว้ใน SDK ด้วย ได้แก่

- Raw Sensor Streams สำหรับการนำข้อมูลดิบที่ได้จากเซ็นเซอร์ต่างๆ ไปใช้งาน
- Skeletal Tracking สำหรับติดตามโครงร่างของมนุษย์ ซึ่งสามารถติดตามได้สูงสุด 2 คนพร้อมกัน ความโดดเด่นของพีเจอร์นี้คือ สามารถนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันควบคุมด้วยท่าทาง (Gestures Control)
- Advanced Audio Capabilities ใช้ในการจำแนกเสียงต่างๆ ซึ่งสามารถกำจัดเสียงรบกวนต่างๆ (Noise Suppression and Echo Cancellation) และแยกเสียงของแต่ละบุคคลได้ ซึ่งพีเจอร์นี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นการควบคุมด้วยเสียง (Voice Recognition)
- โค้ดโปรแกรมตัวอย่าง และ เอกสารประกอบ

### System Requirements

- ระบบประมวลผลแบบ 32 หรือ 64 บิต
- ระบบประมวลผลขั้นต่ำ Dual-core 2.66 GHz
- ช่อง USB 2.0 (ห้ามใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่น)
- หน่วยความจำอย่างต่ำ 2 GB
- ระบบปฏิบัติการ Windows 7

การพัฒนาแอปพลิเคชันนั้นสามารถใช้ได้ทั้ง Kinect ที่มาพร้อมกับเครื่อง Xbox 360 หรือจะใช้ Kinect สำหรับ Windows โดยราคาของ Kinect สำหรับ Xbox นั้นจะมีราคาถูกกว่ามาก หากใช้ Kinect ที่มาพร้อม Xbox รุ่นที่เป็น Xbox 360 (slim + Kinect) หรือ Xbox 360 (slim) ต้องใช้อุปกรณ์เสริมคือ Kinect Power Cable เพราะไม่มีแถมมาให้ แต่ถ้าเป็น Xbox 360 รุ่นเก่าก็จะมาพร้อมสาย USB และ สาย Power ซึ่งพร้อมใช้งานได้ทันที

ส่วนความแตกต่างระหว่างของเวอร์ชันสำหรับ Xbox กับ Windows คือ Kinect สำหรับ Windows นั้นสามารถนำไปพัฒนาเพื่อธุรกิจได้ และระบบ Near Mode นั้นจะใช้ได้แต่ในรุ่นที่เป็น Windows เท่านั้น เพราะรุ่น Windows สามารถใช้งานได้ระยะไกลที่สุดคือ 40 เซนติเมตร แต่รุ่น 360 ใช้ได้ไกลที่สุดที่ 80 เซนติเมตร ส่วนฮาร์ดแวร์อื่นๆ นั้นแตกต่างกันเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

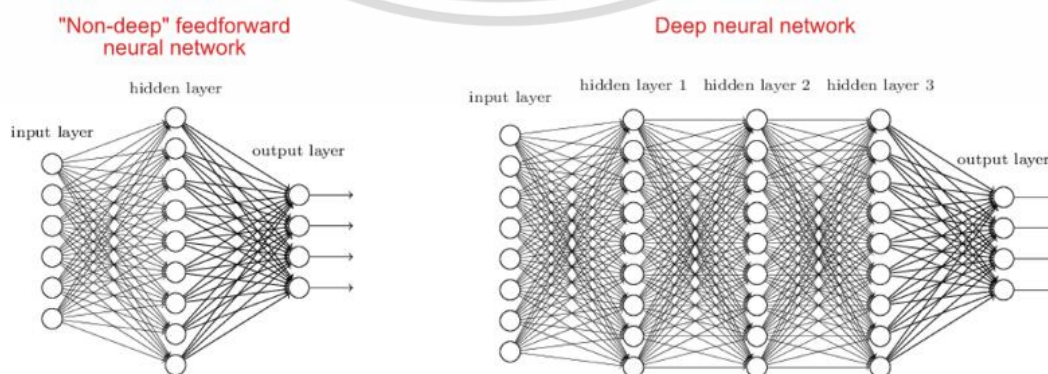


ภาพที่ 2.21 กล้อง Kinect

## 2.4 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) [17]

Deep Learning คือชุดคำสั่ง (algorithm) ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการเรียนรู้ของเครื่องจักรหรือเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยชุดคำสั่งนี้จะทำให้ตัวเครื่องจักรสามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก ด้วยการจำลองเครือข่ายประสาทแบบเดียวกับในสมองของมนุษย์ เป็นวิธีการหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่องที่พยายามเรียนรู้วิธีการแทนข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น รูปภาพหนึ่งสามารถแทนได้เป็นเวกเตอร์ของความสว่างต่อจุดพิกเซล หรือมองในระดับสูงขึ้น เป็นเซตของขอบของวัตถุต่างๆ หรือมองว่าเป็นพื้นที่ของรูปร่างใดๆ ก็ได้ การแทนความหมายดังกล่าวจะทำให้การเรียนรู้ที่จะทำงานต่างๆ ทำได้ง่ายขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเรียนรู้จดจำใบหน้าหรือการรู้จำการแสดงออกทางสีหน้า โดยภาพที่ 2.22 ความแตกต่างระหว่าง Non-deep และ Deep neural network

ซึ่งจริงๆ แล้ว Deep Learning ก็คือ ANN: Artificial Neuron Networks นั่นเอง โดย Deep Learning และ ANN เป็นอัลกอริทึมที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการเรียนรู้ของเครื่อง แต่ความแตกต่างระหว่าง Deep Learning กับ ANN ก็คือระดับ hidden layer ที่ใน Deep Learning มี hidden layer มากกว่าใน ANN



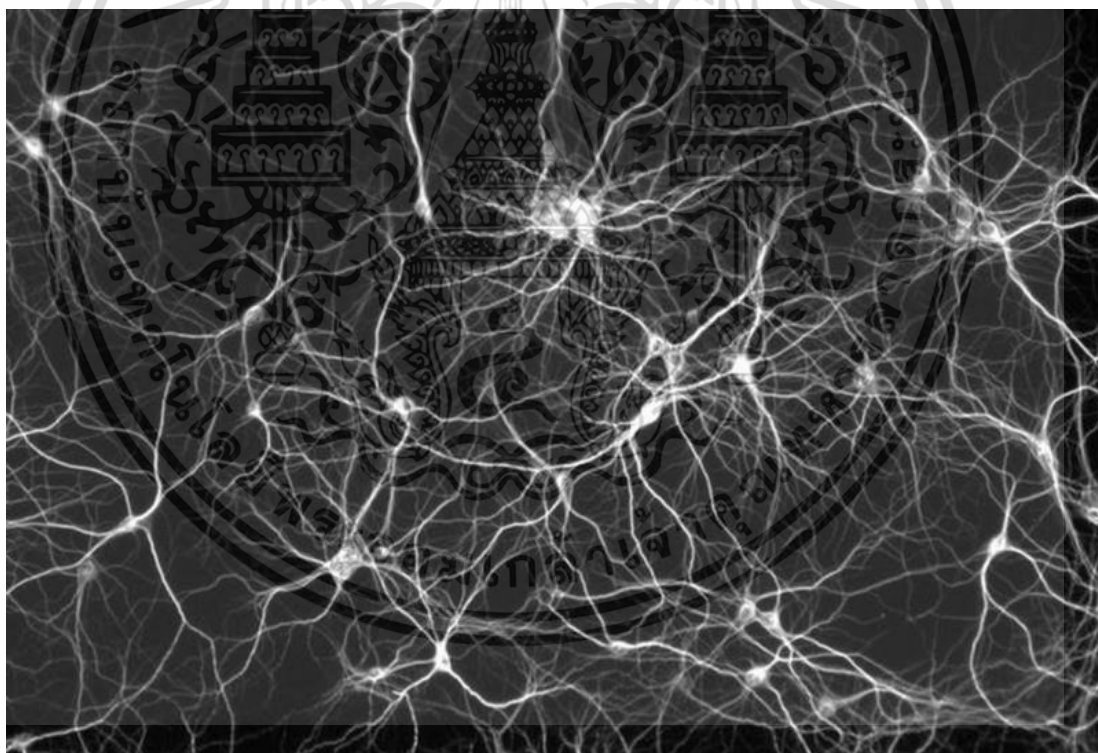
ภาพที่ 2.22 ความแตกต่างระหว่าง Non-deep และ Deep neural network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโครงข่ายใยประสาทเสมือน (Artificial Neuron Networks) นั้นอาศัยแนวคิดและเทคนิคจากการทำงานของระบบโครงข่ายใยประสาทในระบบประสาทของมนุษย์ โดยจำลองการทำงานเหมือนกับกลุ่มเซลล์ประสาทที่เชื่อมโยงกันเป็นระบบประสาทที่สามารถรับรู้หลายๆ สิ่งในเวลาเดียวกัน ด้วยการประมวลผลแบบขนาน (Parallel Network) ทำให้ระบบสามารถตัดสินใจได้ใกล้เคียงกับมนุษย์ โดยภาพที่ 2.23 แสดงการเชื่อมต่อกันของเซลล์ประสาท

โดยหลักการของ Deep Learning ก็จะเป็น ANN ที่เป็นโหนดหลายๆชั้น และจะใช้การประมวลผลแบบขนาน (Parallel Processing) ทำให้สามารถประมวลผลได้ครั้งละจำนวนมาก ช่วยให้การเรียนรู้ของเครื่องสามารถให้ผลลัพธ์ในการตัดสินใจและคาดการณ์ได้ดีมากยิ่งขึ้น เปรียบได้กับการสร้างสัญญาณการมองเห็น ที่ประกอบไปด้วยหน่วยเซลล์ต่างๆ เช่น ในเรติน่าที่เป็นตัวรับและแปลสัญญาณแสงให้กลายเป็นสัญญาณประสาทหรือกระแสประสาท ซึ่งในเรติน่าจะประกอบไปด้วย เซลล์รูปแท่ง (Rod cell) และเซลล์รูปกรวย (Cone cell) เซลล์รูปแท่งทำงานในที่มืดแสงสลัวและทำให้เกิดการเป็นรูปตัวขาวดำ ส่วนเซลล์รูปกรวยแท่งทำให้เกิดการเห็นในช่วงกลางวันเป็นรูปสี เป็นต้น

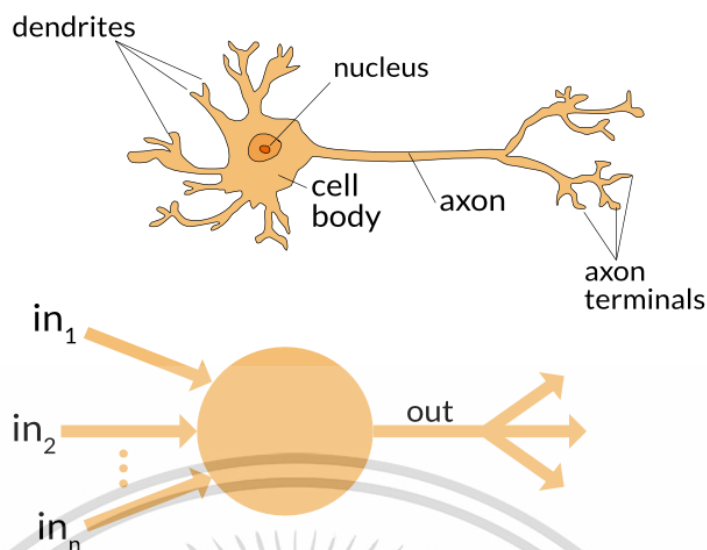
หรือเรียกได้ว่าเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของ Machine Learning ที่เลียนแบบระบบเซลล์ประสาทในสมองของมนุษย์ (Neural Network) ดังนั้นความสามารถของมัน ในอนาคตอาจจะเหนือมนุษย์ เนื่องจากสามารถเพิ่มพลังประมวลผล ได้ไม่จำกัด



ภาพที่ 2.23 การเชื่อมต่อกันของเซลล์ประสาท

ถ้าเราลองซูมเข้าไปที่เซลล์ประสาทแต่ละตัว จะสังเกตเห็นว่ามันเชื่อมต่อกับเส้นประสาทหลายๆเส้น ดังภาพที่ 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

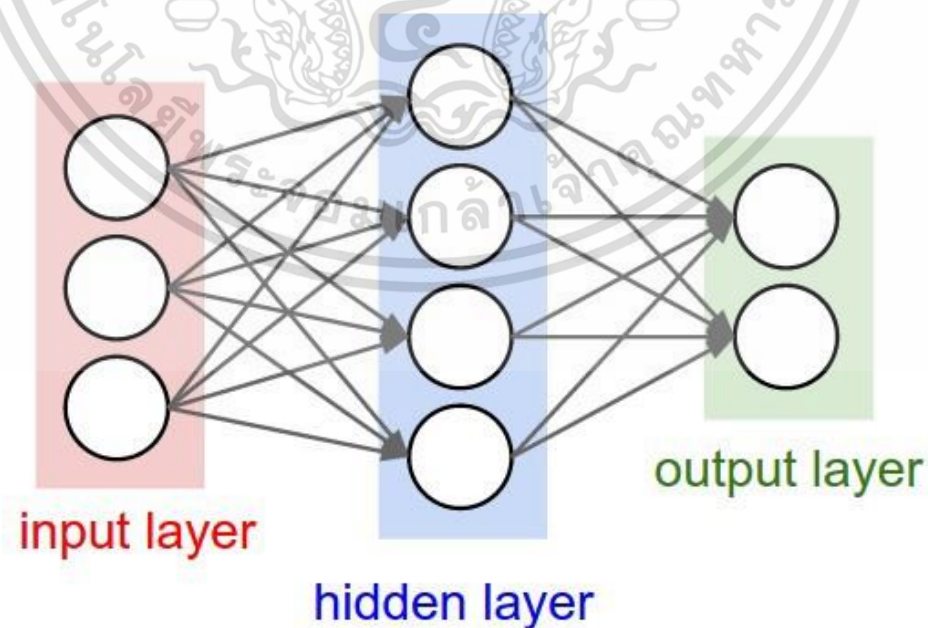


ภาพที่ 2.24 การเชื่อมต่อของเซลล์ประสาท

เราก็สามารถจำลองมันขึ้นมาได้ โดยมี เส้นประสาทและเซลล์ประสาท (เราเรียกว่า Node) ออกมาเป็น Artificial Neural Network (ANN) ลองคิดภาพการทำงานของดวงตาและสมอง “เมื่อ ดวงตาเห็นรูปร่างหมา รูปร่างหมาถูกนำไปประมวลผล (ซึ่งประมวลอย่างไรไม่รู้) และได้คำตอบว่า นี่ คือหมา”

ถ้าเราสร้าง ANN จำลองจุดนี้ จะได้ 3 ส่วน ดังภาพที่ 2.25

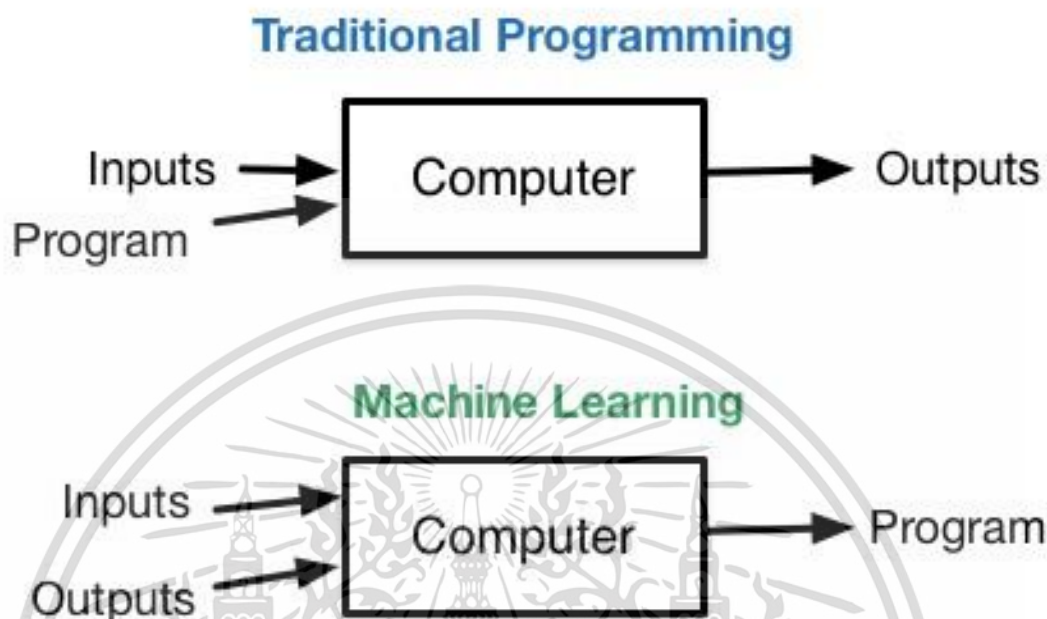
- สิ่งที่เราเห็นก็คือ input—ข้อมูลที่รับ ในที่นี้ก็คือ น่องหมาที่เห็น
- สิ่งในระบบเซลล์ประสาทในสมองประมวลผล เทียบได้กับ hidden layer
- สิ่งที่สมองตอบหลังประมวลผลว่านี่คือน่องหมา คือ output layer—ผลลัพธ์



ภาพที่ 2.25 Artificial Neural Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

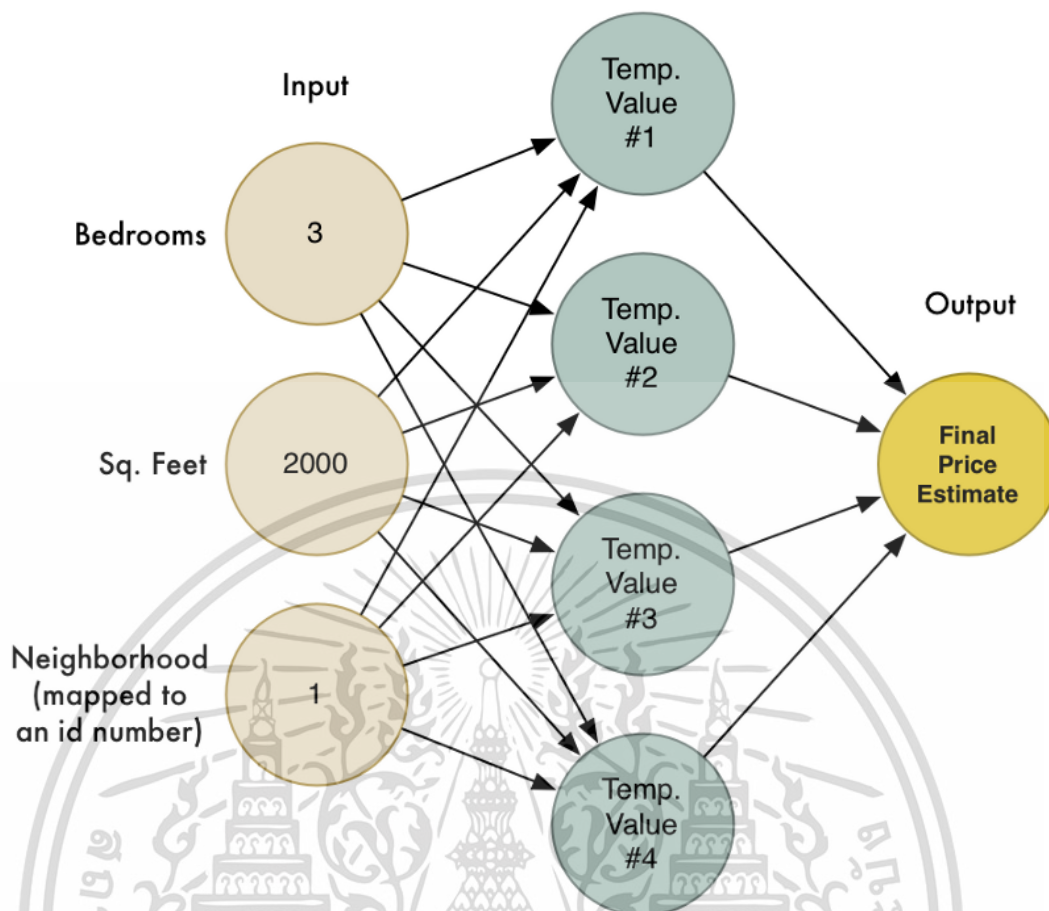
ดังนั้น สมองคนเปรียบได้ดั่ง Hidden Layer เชื่อมต่อระหว่าง input และ output เราจึงสามารถจำลองมันขึ้นมาได้ด้วยหลักการของ Machine Learning



ภาพที่ 2.26 Traditional Programming & Machine learning

โดยปกติแล้ว เราเขียนโปรแกรมเพื่อให้ รับ input เข้าไปแล้วได้คำตอบ output เช่น  $input + programming = output$  แต่หลักการของ Machine Learning คือ การใส่ Input และ Output เข้าไปเพื่อให้ได้โปรแกรม ไม่ได้ใส่โปรแกรมเข้าไปให้มันบอกคำตอบ เสมือนกลับข้างสมการ  $input + output = programming$  แสดงดังภาพที่ 2.26 เมื่อใส่ input และ output เข้าไปแล้ว โมเดลก็เป็นการคิดกลับนั่นเองว่า ทำอย่างไรให้ได้คำตอบนี้ เราเพียงแค่จำลองมันขึ้นตามหลักการที่กล่าวไปด้านบนใส่ Input และ Output เข้าไป โมเดลจะถูกทดลอง Trial and Error หาตัวเลขที่เหมาะสมสำหรับแต่ละ Node และความสัมพันธ์ของแต่ละ Node ไปเรื่อยๆ ให้มันคูณหารบวกลบกัน โดยฟังสมการ ไว้ในแต่ละวงกลม รูปด้านล่างจะเห็นภาพมากขึ้น ว่า วงกลมชั้น Hidden Layer รับข้อมูลจาก Input มาคำนวณได้ค่าหนึ่ง แล้วเก็บไว้เป็น Temp Value ก่อนจะถูกส่งไปคิดออกมาเป็นคำตอบอีกที

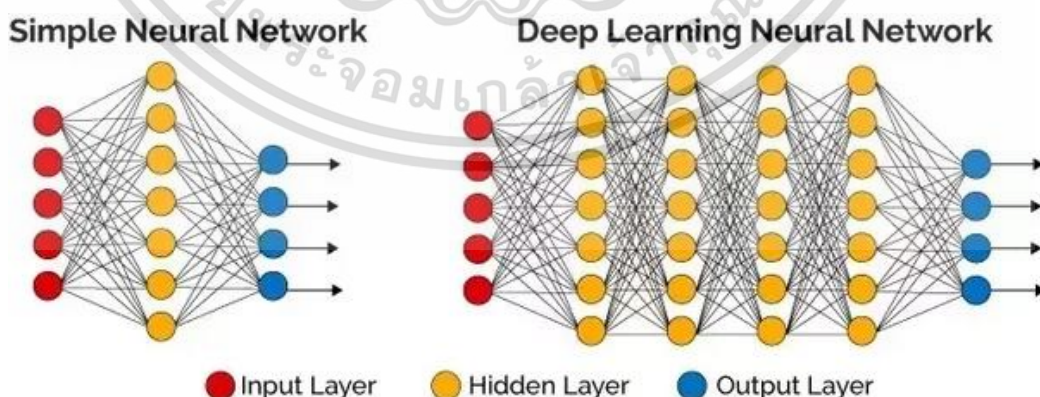
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.27 ตัวอย่างของ Deep Learning

แต่ในชีวิตจริง สมอลคนซับซ้อนกว่านี้มาก ดังนั้นจะต้องเพิ่ม Hidden Layer เข้าไปเยอะๆ ให้มันคิดต่อกันไปเรื่อยๆ เราเรียกว่า Deep Learning ตัวอย่างดังภาพที่ 2.27

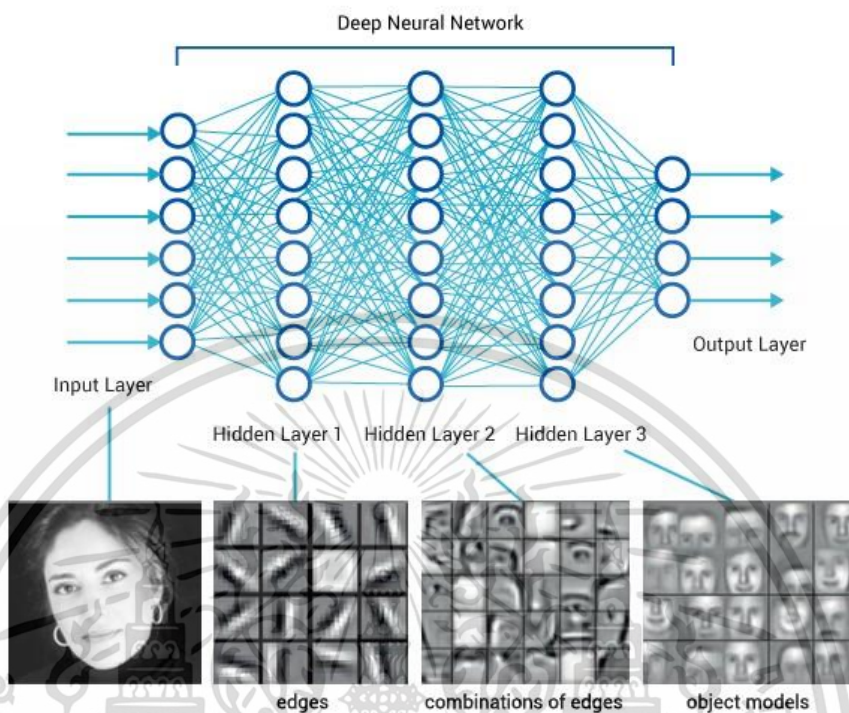
Deep Learning คือ ANN ที่มี Hidden Layer หลายชั้น ดังภาพที่ 2.28 เพื่อความสามารถในการคิดที่มากกว่าปกติ และสะท้อนสมอลคนได้ดีขึ้น



ภาพที่ 2.28 Deep Learning เมื่อมีหลาย Hidden Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Deep Learning มีหลาย Hidden Layer ทำให้มันสามารถคำนวณอะไรที่ซับซ้อนได้เยอะมาก และเรายังสามารถใช้เทคนิคต่างๆ ได้มากขึ้นด้วย ที่สำคัญที่สุดคือ มันค่อยๆ คิดอย่างเป็นขั้นตอนได้ ดังภาพที่ 2.29

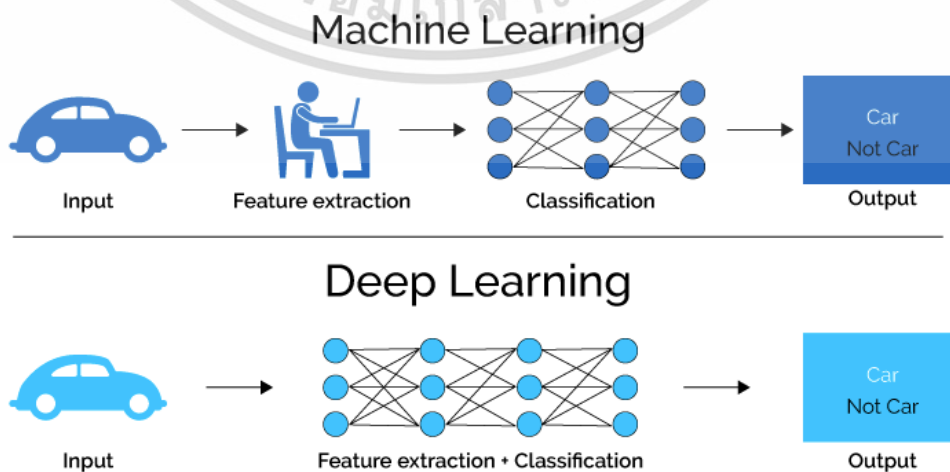


ภาพที่ 2.29 การทำงานของ Deep Learning

**ข้อดีของ Deep Learning** ที่เหนือกว่า Machine Learning ทั่วไปนั้น จะชัดเจนมากกับ Data ที่เยอะมากๆ เพราะเราให้เครื่องช่วยสมองกลนี้ ทำหน้าที่ประเมินเองว่าจะเลือกใช้ชุดใดบ้าง ความแตกต่างระหว่าง Deep Learning และ Machine Learning แสดงดังภาพที่ 2.30

**ข้อเสียของ Deep Learning**

- (1) ความสามารถในการประมวลผลยังจำลองได้ไม่เหมือนสมองมนุษย์ 100 %
- (2) ในด้านข้อมูลยังมีความผิดพลาดสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารภาพที่ 2.30 ความแตกต่างระหว่าง Deep Learning และ Machine Learning ด้านการคำนวณ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Deep Learning มีประโยชน์อย่างไร

เทคโนโลยี Deep Learning ทำให้ซอฟต์แวร์ด้านการจดจำภาพและเสียงของเครื่องจักรพัฒนาขึ้นมาก จนสามารถนำไปต่อยอดทำเป็นแอปพลิเคชัน อุปกรณ์ หรือบริการออนไลน์ ที่สามารถเลียนแบบความเป็นมนุษย์ มองมนุษย์คิดอะไรได้ จดจำอะไรได้ แยกแยะอะไรได้ Deep Learning ก็จำทำได้ไม่ต่างจากสมองของมนุษย์ สิ่งที่จะได้จาก Deep Learning ได้แก่

- การแยกคน : เป็นการแยกแยะใบหน้าของแต่ละคน เช่น การติดแท็กใน Google+ และ Facebook

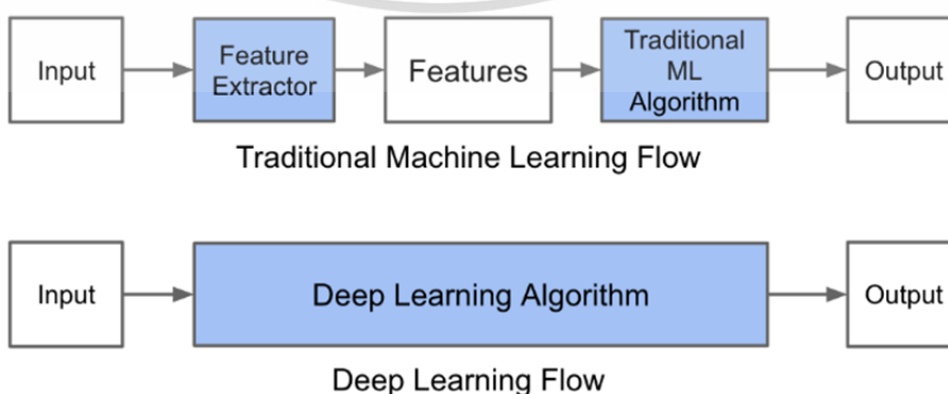
- การแยกวัตถุที่ไม่ใช่คน : เป็นการแยกแยะสิ่งมีชีวิต เช่น แยกแมวออกจากสุนัข การแยกสิ่งไม่มีชีวิต เช่น แยกโต๊ะออกจากเก้าอี้

- แยกเสียง : เป็นการแยกแยะสำเนียงภาษาพูดให้เป็นภาษาเขียนและแปลภาษา

- แยกการแต่งกาย : เป็นการแยกได้ว่าใครแต่งตัวในสไตล์เดียวกับเราบ้าง แล้วเสนอข้อมูลว่ามีเสื้อผ้าแนวไหนอยู่ที่บ้าน

## ข้อแตกต่างของ Traditional Machine Learning กับ Deep Learning ดังภาพที่ 2.31

กระบวนการของ Machine Learning เมื่อป้อน Input เข้าไป โปรแกรมจะทำการ Extract (การสกัด) ข้อมูลต่าง ๆ ออกมาจากข้อมูลที่ทำการ Input เข้าไป เพื่อให้โปรแกรมสามารถนำข้อมูลไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไปซึ่งก็คือขั้นตอน Feature Extraction (การสกัดคุณลักษณะ) โดยขั้นตอนนี้จะทำให้ได้คุณลักษณะเด่นของข้อมูล input และลดทรัพยากรของข้อมูล input เพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผลต่อไป หลังจากขั้นตอน Feature Extraction ประมวลผลเสร็จเรียบร้อยแล้วจะนำชุด Model ของข้อมูลที่ input เข้ามาใหม่ โดยข้อมูลชุดนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลเดิมที่มีอยู่เพื่อทำการจัดแยกกลุ่มของข้อมูลและนำข้อมูลไปจัดเก็บสำหรับใช้ทำนายหรือตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลชุดต่อไป ส่วน Deep Learning Network นั้นเป็นหนึ่งในอัลกอริทึมของ Machine Learning ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจะคล้ายกับ Machine Learning เพียงแต่ Deep learning Network ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องกำหนดรูปแบบอัลกอริทึม และสอนอัลกอริทึมให้กับคอมพิวเตอร์ เพียงแค่ทำการเตรียมข้อมูลภาพตัวอย่างที่ต้องการใช้งานเอาไว้ แล้วนำภาพเหล่านั้นป้อนเข้ากระบวนการของ Machine Learning และโปรแกรมจะทำการประมวลผลโดยอัตโนมัติ แต่หากผู้ใช้ต้องการที่จะทำนายรูปภาพ ก็เพียงแค่ป้อนรูปภาพที่ต้องการทำนายเข้าไป โปรแกรมก็จะทำการประมวลผลเพื่อเปรียบเทียบรูปภาพที่ต้องการทำนายกับข้อมูลรูปภาพที่มีอยู่เพื่อแสดง output ออกมา



ภาพที่ 2.31 ข้อแตกต่างของ Traditional Machine Learning กับ Deep Learning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ Lu Xia, Chia-Chih Chen และ J. K. Aggarwal [5] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจจับโครงร่างมนุษย์จากการใช้ข้อมูลเชิงความลึกของภาพ โดยใช้กล้อง Kinect ซึ่งสามารถตรวจจับภาพได้ทั้งแบบสองมิติ (2D) และสามมิติ (3D) ของผิววัตถุ และแยกโครงร่างมนุษย์ออกจากสภาพแวดล้อม รวมถึงการทดสอบการติดตาม (Tracking) โครงร่าง โดยใช้ขั้นตอนวิธีการตรวจจับภาพจากสีสามสี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน (หรือ RGB) ซึ่งจากการวิจัยสามารถตรวจจับท่าทางของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยของ Jagdish L. Raheja, Ankit Chaudhary และ Kunal Singal [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจจับจุดกึ่งกลางฝ่ามือและปลายนิ้วด้วยกล้อง Kinect ในขณะที่มีการเคลื่อนที่ของฝ่ามือซึ่งสามารถตรวจจับมือข้างเดียวหรือทั้งสองข้างได้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ โดยปราศจากเครื่องตรวจจับเครื่องหมายหรือสีใดๆ การตรวจจับนั้นได้ใช้ต้นแบบ OpenNI และ NITE [7] เพื่อตรวจจับข้อมูลความลึกของภาพซึ่งสามารถปรับการทำงาน โดยใช้ภาษา C++ ภาพจะถูกแบ่งออกเป็น ส่วน โดยใช้ความลึกและสีของมือ จากนั้นจะแยกแยะระหว่างนิ้วมือกับฝ่ามือออกเป็น ส่วน เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Ting Wan, Yujun Wang และ Junke Li [8] ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับระบบจดจำการเคลื่อนไหวของมือ โดยใช้กล้อง Kinect งานวิจัยนี้ได้ใช้หลักการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือโดยการคำนวณคู่อันดับคาร์ทีเซียนแบบสามมิติตามเวลาจริง ดังนั้นสามารถตรวจจับได้ทุกขณะไม่ว่าจะเป็นการเริ่มเคลื่อนไหวหยุดเคลื่อนไหว เคลื่อนไหวซ้าย-ขวา หรือหน้า-หลังก็สามารถตรวจจับได้อย่างถูกต้อง

## บทที่ 3

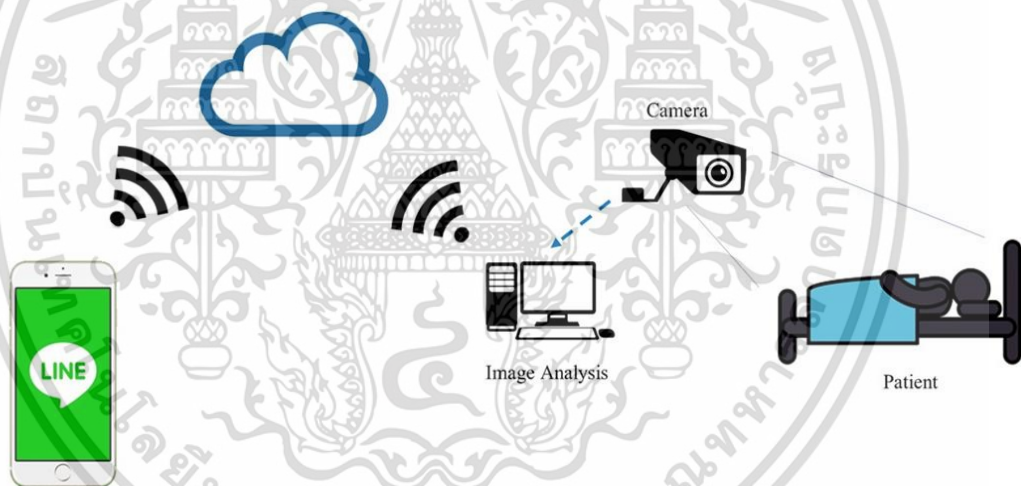
### วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยของโครงการได้แบ่งออกเป็น 3 ระบบ ดังนี้

- การแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียง
- การแจ้งเตือนคนเข้ามาที่บ้าน
- ระบบตรวจจับคนล้มภายในบ้าน

#### 3.1 การแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียง

ภาพรวมของระบบ ดังภาพที่ 3.1 ประกอบด้วย 2 ส่วนได้แก่ กล้องบันทึกภาพ และส่วนประมวลผลภาพ



ภาพที่ 3.1 ภาพรวมของระบบ

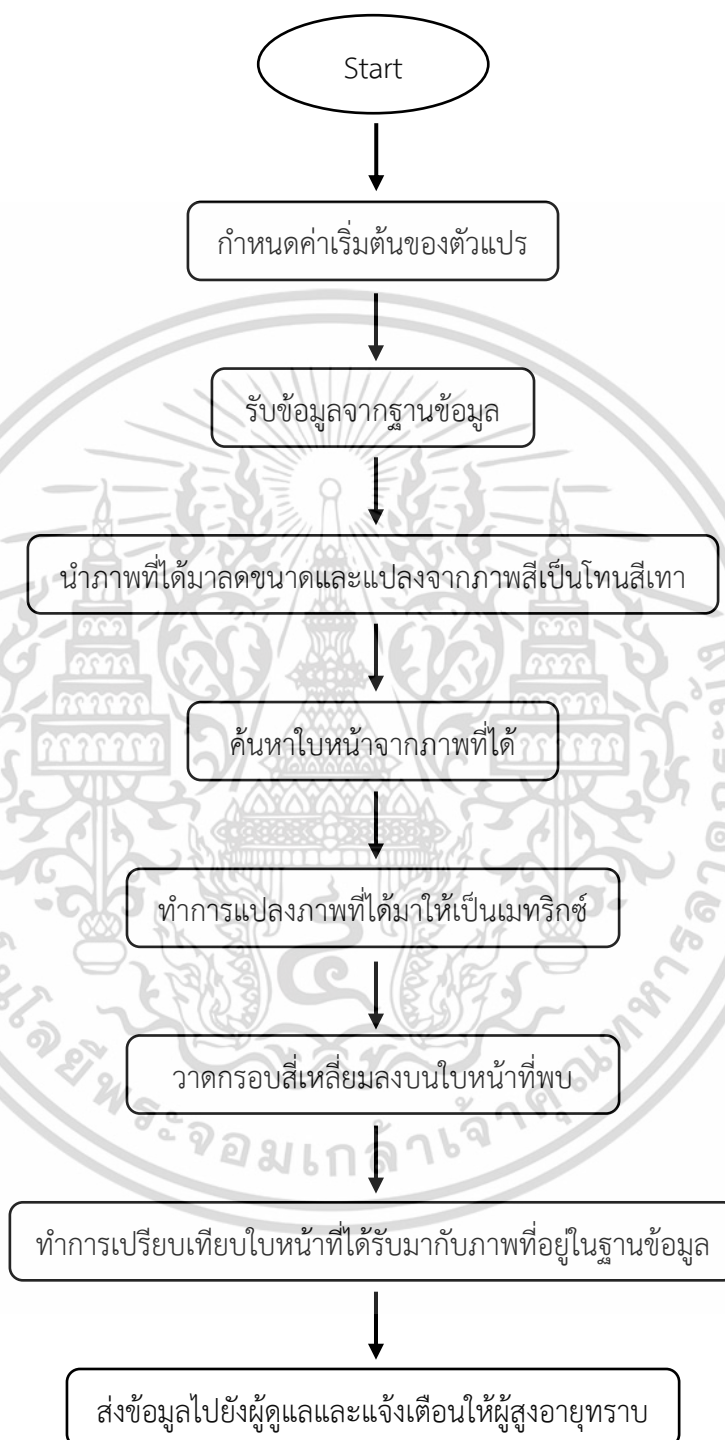
3.1.1 กล้องบันทึกภาพ ติดตั้งเหนือเตียงของผู้ป่วย และทำหน้าที่ส่งข้อมูลภาพไปยังส่วนประมวลผลภาพ

3.1.2 ส่วนประมวลผลภาพ ส่วนนี้ทำหน้าที่รับภาพจากกล้อง นำมาประมวลผล โดยการสร้างกรอบของเตียงไว้ เมื่อผู้ป่วยออกจากกรอบที่กำหนดไว้ ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลทันที ในส่วนการส่งข้อความทำได้หลายวิธี เช่น ส่งเป็นข้อความสั้น (SMS) หรือส่งไปยังแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เช่น แอปพลิเคชันไลน์ (LINE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 แจ้งเตือนคนเข้ามาที่บ้าน

ขั้นตอนการทำงานของระบบ แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ผังการทำงานของระบบแจ้งเตือนคนเข้ามาที่บ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในยุคสังคมสมัยใหม่โดยทั่วไปมักจะปล่อยให้ผู้สูงอายุอาศัยอยู่ที่บ้านเพียงลำพัง โดยในแต่ละวันอาจจะมีผู้คนที่เข้ามาหาที่บ้าน เช่น เพื่อน ญาติ คนแปลกหน้า หรือแม้แต่เซลล์ขายสินค้า แต่ในบางครั้งคนเหล่านี้ก็อาจจะกลายเป็นมิจฉาชีพเข้ามาขโมยทรัพย์สินหรือทำร้ายร่างกายผู้สูงอายุก็เป็นได้ ระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น คือ ระบบบันทึกใบหน้าผู้ที่เข้ามาหาผู้สูงอายุที่บ้านแล้วส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์ของผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันต่างๆ เช่น แอปพลิเคชันไลน์ แอปพลิเคชันแอสเซนเจอร์ เป็นต้น โดยที่ระบบจะทำการตรวจสอบใบหน้าต่างๆ ว่าเป็นคนที่มักเข้ามาเป็นปกติหรือไม่ โดยให้ผู้ดูแลนำภาพใบหน้าของบุคคลเข้ามาเก็บไว้ในระบบ ระบบจะทำการประมวลผลโดยใช้วิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) แล้วส่งภาพพร้อมชื่อไปยังแอปพลิเคชันของผู้ดูแล พร้อมทั้งแจ้งเตือนให้ผู้สูงอายุทราบว่าใครกำลังเข้ามา กรณีทราบชื่อระบบจะแสดงผลเป็นชื่อ แต่ถ้าไม่ทราบชื่อระบบจะแสดงผลเป็น “บุคคลไม่ทราบชื่อรอกอยู่ที่หน้าบ้าน” ซึ่งจะทำให้ผู้สูงอายุได้รู้ก่อนว่าใครมาหา ทำให้ช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นได้

### 3.4 ระบบตรวจจับคนล้มภายในบ้าน

อุบัติเหตุที่ถือว่ารุนแรงในผู้สูงอายุคือ การล้ม เนื่องจากโครงสร้างกระดูกและกล้ามเนื้อของผู้สูงอายุได้เริ่มเสื่อมลง ทำให้การล้มในแต่ละครั้งมักจะรุนแรงมากกว่าคนในวัยอื่นๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบตรวจจับการล้มในผู้สูงอายุขึ้นมา โดยใช้กล้อง Kinect แสดงดังภาพที่ 3.3 บันทึกภาพและวิเคราะห์ลักษณะท่าทางของผู้สูงอายุ

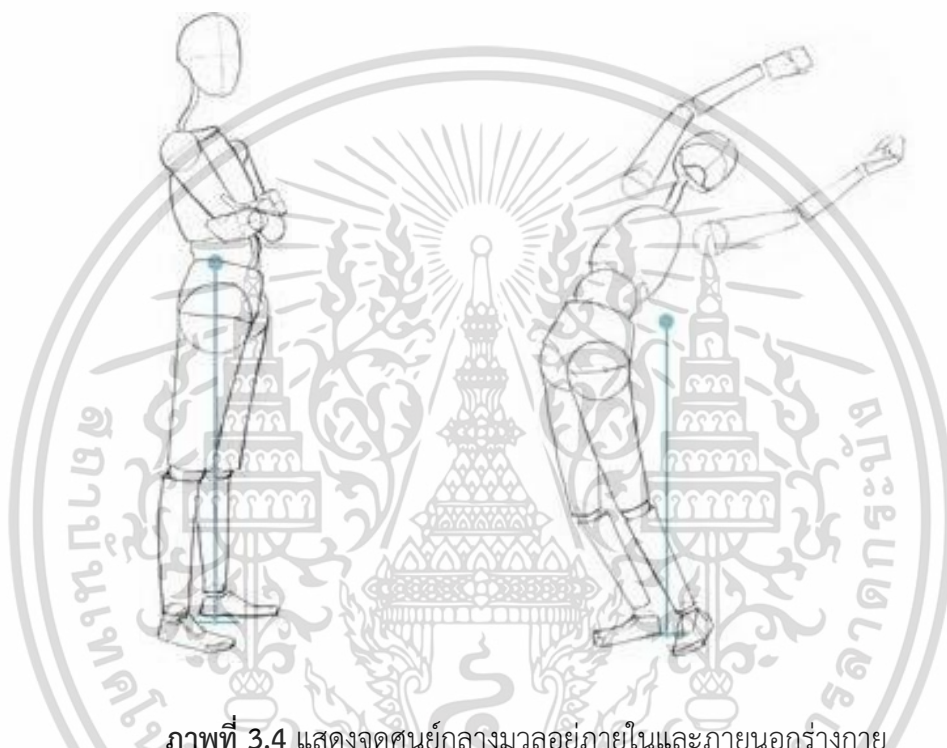


ภาพที่ 3.3 กล้อง Kinect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### จุดศูนย์กลางมวลของร่างกายมนุษย์

จุดศูนย์กลางมวลของร่างกายมนุษย์ (Center of Mass of a Human Body) (Arthur Chapman, et.al 2008) ใช้หลักการเดียวกันกับจุดศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วงที่สามารถบ่งบอกถึงความสมดุลของวัตถุได้ โดยที่จุดศูนย์กลางมวลของร่างกายมนุษย์ขึ้นอยู่กับท่าทางของมนุษย์ที่แสดงออกมา ณ ขณะนั้น ถ้าหากร่างกายโน้มเอียงไปยังข้างใดข้างหนึ่ง จะมีผลทำให้จุดศูนย์กลางมวลอยู่บริเวณนอกร่างกาย ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แสดงจุดศูนย์กลางมวลอยู่ภายในและภายนอกร่างกาย

การคำนวณจุดศูนย์กลางมวลในวัตถุชิ้นใดๆ สามารถทำได้แม้ว่าวัตถุนั้นจะมีทิศทางการวางตัวไปในทิศทางใดก็ตาม เนื่องมาจากจุดศูนย์กลางดังกล่าวจะไม่มี การเคลื่อนตำแหน่งแม้ว่าวัตถุนั้นจะหมุนไปในทิศใด โดยจุดศูนย์กลางมวลจะอยู่ที่  $r_{cm}^{\rightarrow}$  ดังสมการ 3.1

$$r_{cm}^{\rightarrow} = \sum_{i=1}^n \frac{r_i^{\rightarrow} m_i}{m_{tot}} \quad (3.1)$$

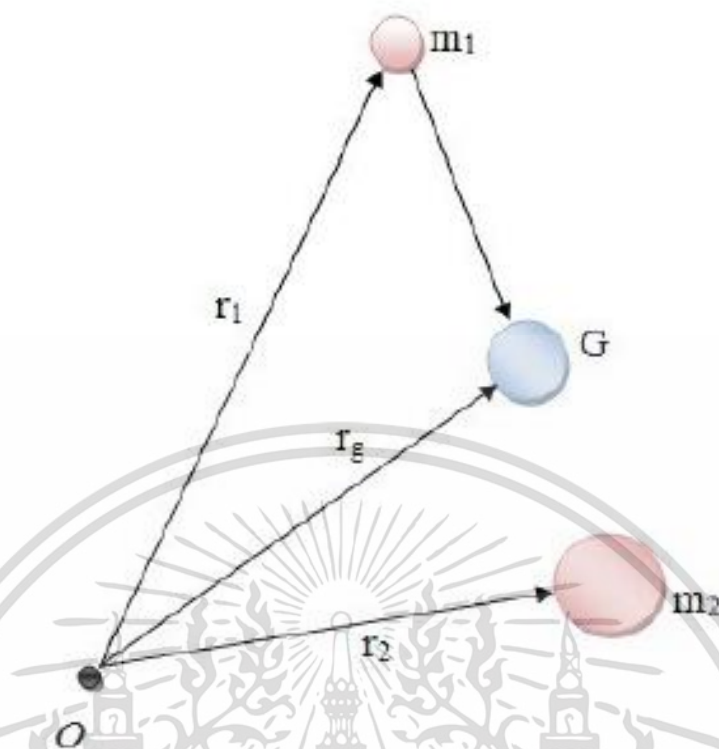
โดยที่  $r_i$  คือ ตำแหน่งเวกเตอร์ของมวลที่  $i$

$m_i$  คือ มวลของวัตถุชิ้นที่  $i$

$m_{tot}$  คือ ผลรวมของมวลทั้งหมดในระบบ

$n$  คือ จำนวนของจุดมวลทั้งหมดในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลระหว่างมวลสองตำแหน่ง

จากภาพที่ 3.5 แสดงถึงระบบที่มีมวล 2 ตำแหน่ง ได้แก่  $m_1$  และ  $m_2$  โดยที่มวลของ  $m_1$  มีขนาดน้อยกว่า  $m_2$  จึงทำให้ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล  $G$  ใกล้ไปทางมวล  $m_2$  ที่มีของมวลที่มากกว่า ในขณะที่เวกเตอร์  $r_1$  และ  $r_2$  ต่างกันเวกเตอร์ที่มีจุดเริ่มต้นอ้างอิงในแกนเดียวกันในระบบ

#### เครื่องมือในการวัดประสิทธิภาพ

วิธีวิเคราะห์ความถูกต้อง ในงานวิจัยนี้จะวัดประสิทธิภาพของผลการทดลองโดยพิจารณาจากค่า Accuracy ดังสมการที่ 3.2 Specificity ดังสมการที่ 3.3 และ Sensitivity ดังสมการที่ 3.4

ค่า Accuracy

$$accuracy = \frac{TP+FN}{TP+TN+FP+FN} \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Specificity

$$\text{specificity} = \frac{TN}{TN+FP} \quad (3.3)$$

ค่า Sensitivity

$$\text{sensitivity} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3.4)$$

โดยที่

- TP = True Positive
- TN = True Negative
- FN = False Negative
- FP = False Positive

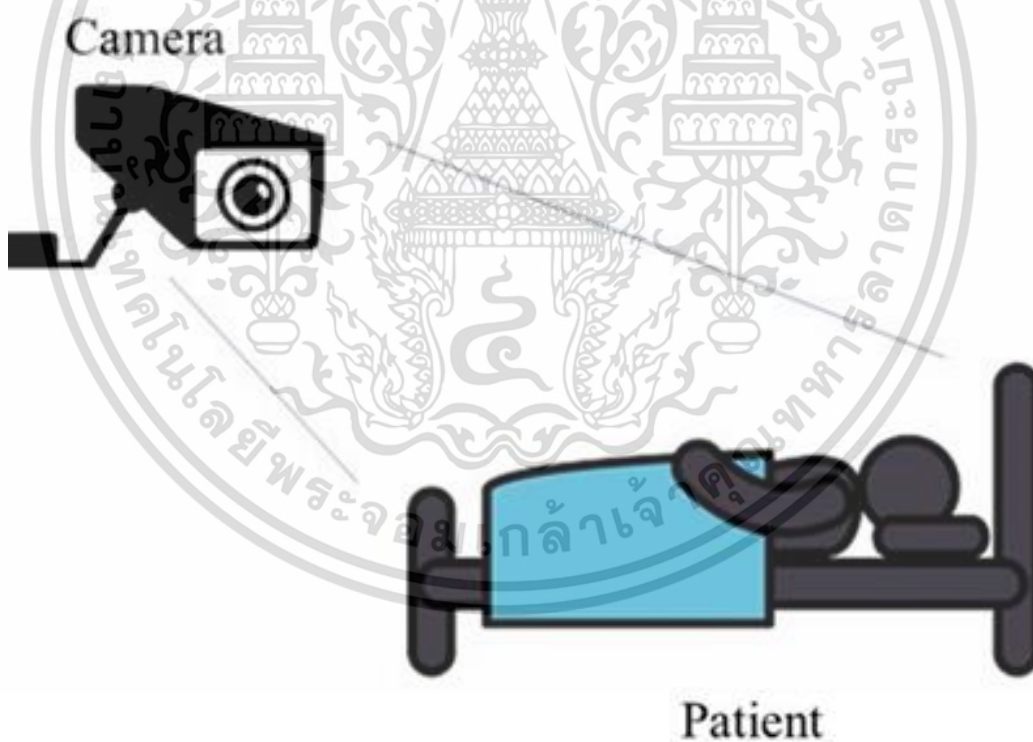
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 การแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียง

ในปัจจุบันพบว่าพยาบาลหรือผู้ดูแลไม่สามารถดูแลผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุได้ตลอดเวลา จึงทำให้เกิดปัญหาขึ้น โดยได้แบ่งปัญหาออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีเกิดขึ้นภายในโรงพยาบาล เช่น ผู้ป่วยพยายามลุกออกจากเตียงเอง ซึ่งอาจจะทำให้ตกจากเตียงได้ และกรณีเกิดขึ้นภายในบ้านเมื่อผู้ดูแลไม่ได้อยู่กับผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุ เช่น ผู้ป่วยตกเตียง หรือผู้ป่วยต้องการความช่วยเหลือ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบกล้องสำหรับเตือนเมื่อผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุลุกออกจากเตียงหรือตกเตียง โดยการติดตั้งกล้องไว้ที่ฝ้าเพดานหันกล้องมายังเตียงผู้ป่วย ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งกล้องจะทำหน้าที่บันทึกภาพผู้ป่วย จากนั้นจะส่งภาพไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อไม่พบผู้ป่วยอยู่บนเตียงระบบจะส่งข้อความไปยังพยาบาลหรือผู้ดูแลให้รับรู้ทันที และผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งการติดตั้งกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ผลการทดลองตรวจจับผู้ป่วยคนเดียว

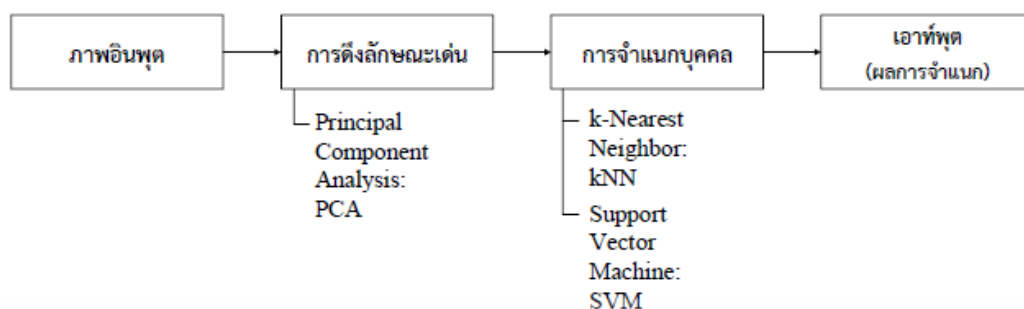
#### 4.2 แจ็งเตือนคนเข้ามาที่บ้าน

ระบบวิเคราะห์ใบหน้าถือว่าเป็นหนึ่งในระบบที่ใช้ในการพิสูจน์ยืนยันตัวตนบุคคลโดยใช้คุณลักษณะจำเพาะทางสรีระ (BIOMETRIC) โดยระบบรู้จำใบหน้าจะทำงานโดยการเปรียบเทียบใบหน้าจากภาพถ่ายดิจิทัลหรือภาพจากกล้องวิดีโอของบุคคลที่เราสนใจกับฐานข้อมูลใบหน้าที่มีอยู่ และเมื่อเปรียบเทียบเสร็จก็จะแสดงผลใบหน้าที่อยู่ในฐานข้อมูลที่มีใบหน้าเหมือนกับภาพที่นำมาเปรียบเทียบออกมา ระบบรู้จำหน้านั้นได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลามากกว่าสิบปีมาแล้ว และพัฒนากันอย่างมากมายจนทำให้มีการพัฒนาอัลกอริทึมในการทำงานของระบบออกมามากมายหลายรูปแบบแตกต่างกันไป ซึ่งการพัฒนาอัลกอริทึมก็แตกต่างกันไปตามยุคสมัยด้วย อันเนื่องมาจากปัจจัยด้านองค์ความรู้และเทคโนโลยีของอุปกรณ์ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นให้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ใน ระบบจึงทำให้ต้องออกแบบอัลกอริทึมใหม่ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ใหม่ๆ ด้วยในปัจจุบันระบบรู้จำใบหน้าได้มีการพัฒนาไปอย่างมาก ทำให้ระบบรู้จำใบหน้ามีความน่าเชื่อถือมากขึ้น จนมีการนำระบบรู้จำใบหน้ามาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ หลายๆ ประเทศได้มีการนำระบบรู้จำใบหน้ามาติดตั้งในสนามบินเพื่อป้องกันคนร้ายหนีเข้าออกนอกประเทศ และมีระบบรู้จำใบหน้าสำหรับการยืนยันตัวตนคนร้ายในคดีต่างๆ ด้วย

#### การรู้จำภาพใบหน้าบุคคลด้วยวิธีการทั่วไป

การรู้จำภาพใบหน้าบุคคลโดยทั่วไปแล้วจะมีการทำงานของระบบดังนี้ เริ่มจากภาพอินพุตจากนั้นเข้าสู่กระบวนการดึงลักษณะเด่น และกระบวนการจำแนกบุคคลตามลำดับ สุดท้ายจะได้เอาท์พุตซึ่งเป็นคำตอบที่ได้จากการทำงานของระบบรู้จำภาพใบหน้าบุคคล โดยการทำงานของระบบรู้จำภาพใบหน้าบุคคลวิธีการโดยทั่วไปนั้นจะพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา C++ ร่วมกันกับไลบรารี OpenCV ในการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมา ซึ่งภาพรวมของระบบแสดงดังภาพที่ 4.3

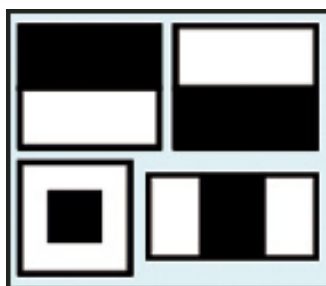
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ระบบรู้จำใบหน้าบุคคลด้วยวิธีการทั่วไป

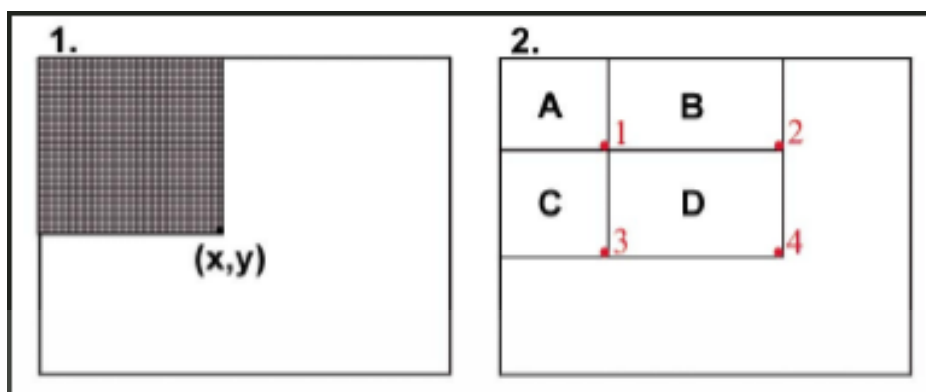
ในงานวิจัยนี้จะขอยกตัวอย่างวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้าที่มีความสามารถในการประมวลผลได้รวดเร็วและมีอัตราความถูกต้องในการตรวจหาสูงซึ่ง Paul Viola และ Michael J. Jones ได้คิดค้นและตีพิมพ์ ในปี ค.ศ. 2001 โดยทั่วไปมักจะเรียกว่า Viola-Jones method ซึ่งอัลกอริทึมที่ได้นำเสนอนั้นมีการนำเสนอวิธีการแทนรูปภาพที่ เรียกว่า "Integral Image" ซึ่งช่วยให้การคำนวณ feature ทำได้รวดเร็วขึ้นและได้มีการปรับปรุงอัลกอริทึมการเรียนรู้โดยมีพื้นฐานจาก AdaBoost ซึ่งเลือกเอาเฉพาะ critical features ที่ให้ classifiers ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ยังได้อธิบายถึงการรวม classifiers แบบ cascade ซึ่งช่วยให้ส่วนพื้น หลังของภาพถูกปฏิเสธได้เร็วและเน้นการคำนวณไปที่บริเวณที่มีลักษณะคล้ายวัตถุที่สนใจมากขึ้น

หลักการพื้นฐานของอัลกอริทึมของ Viola-Jones คือการสแกน sub-window เพื่อตรวจหาใบหน้าที่จากรูปภาพอินพุต การประมวลผลภาพแบบทั่วไปจะใช้การปรับขนาดภาพขาเข้าแตกต่างกันหลายๆ ขนาด และใช้ตัวตรวจหา (Detector) ที่มีขนาดคงที่ค้นหาวัดดู ซึ่งวิธีนี้กินเวลาในการคำนวณมากเนื่องมาจากการคำนวณบนรูปภาพที่มีขนาดแตกต่างกัน Viola-Jones ได้เสนอวิธีใหม่โดยการปรับขนาดตัวตรวจหาแทนที่จะปรับขนาดภาพขาเข้า และใช้ตัวตรวจหาค้นหาวัดดูหลายๆรอบ (แต่ละรอบใช้ขนาดแตกต่างกัน) ซึ่งทั้ง สองวิธีน่าจะใช้เวลาในการคำนวณไม่ต่างกันมากนัก แต่ Viola-Jones ได้คิดค้นตัวตรวจหาที่ใช้จำนวนครั้งในการคำนวณคงที่แม้จะมีขนาดของภาพแตกต่างกัน โดยตัวตรวจหาดังกล่าวนี้สร้างขึ้นโดยใช้ features ของ Haar wavelets (ภาพที่ 4.4) และ Integral Image (ภาพที่ 4.5)



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างของ Haar feature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 The Integral Image tric

### Principal Component Analysis (PCA)

PCA หรือ Principal Component Analysis หรือภาษาไทยเรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักคือเทคนิคในการผสมลักษณะเด่นในเวกเตอร์นำเข้าไปเพื่อสร้างเวกเตอร์ใหม่ที่อยู่ในปริภูมิ (subspace) ที่มีมิติต่ำกว่าเวกเตอร์เดิมโดยการผสมที่เราใช้นั้นจะเป็นการผสมเชิงเส้นตรง หรือ linear combination นั่นคือการเอาลักษณะเด่นมาคูณค่าคงที่บางอย่างแล้วค่อยบวกกัน การนำ PCA มาใช้ในการพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าก็จะทำได้โดยการแปลงภาพถ่ายใบหน้าบุคคลสองมิติไปเป็นเวกเตอร์หนึ่งมิติ และเก็บไว้ในฐานข้อมูล และเมื่อต้องการนำรูปถ่ายใบหน้าบุคคลที่สนใจมาเปรียบเทียบกับจะทำการแปลงภาพถ่ายหน้านั้นเป็นเวกเตอร์หนึ่งมิติด้วย แล้วนำเวกเตอร์ไปเปรียบเทียบกับภาพในฐานข้อมูลเพื่อหาผลลัพธ์



ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างใบหน้าของไอเกน (Eigen face)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Linear Discriminant Analysis (LDA)

LDA นั้นก็จะมีวิธีการทำงานที่คล้ายกับ PCA ซึ่งใน PCA เราต้องหาปริภูมิย่อยที่เมื่อฉาย (project) ข้อมูลลงไปแล้ว มีการกระจายตัวสูงสุด แต่ใน LDA เราต้องการปริภูมิย่อยที่เมื่อฉายข้อมูลลงไปแล้ว ข้อมูลจาก class เดียวกันเข้าใกล้กันมากขึ้น และข้อมูลจากต่าง class กันจะอยู่ห่างกันมากขึ้นดังในภาพที่ 4.7 แต่ละบล็อกคือคลาสหรือภาพบุคคลที่มีความแตกต่างกันน้อยจะถูกจัดให้อยู่ในคลาสเดียวกัน



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างของคลาสที่ถูกจัดกลุ่ม (Classified) โดยใช้ LDA

### Elastic Bunch Graph Matching (EBGM)

EBGM ตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่ารูปใบหน้าของคนเรานั้นมีส่วนที่ไม่เป็นเชิงเส้นอยู่มาก (non-linear) และไม่สามารถที่จะวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการเชิงเส้นอย่างวิธีที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ได้อย่างเช่นในเรื่องของแสงที่ตกกระทบใบหน้า, ตำแหน่งของใบหน้า และการแสดงอารมณ์โดย EBGM จะใช้ Gabor Wavelet และ Gabor filter ในการประมวลผลและสร้างภาพใบหน้าโดยการกำหนดจุดที่สนใจบนใบหน้าหลังจากนั้นก็เก็บภาพใบหน้าที่สร้างขึ้นไว้เป็นฐานข้อมูลเมื่อต้องการที่จะทำการรู้จำก็นำภาพหน้าเข้ามาผ่านกระบวนการเดียวกันและเปรียบเทียบระยะห่างของแต่ละจุดของทั้งสองภาพว่ามีความใกล้เคียงเพียงพอที่จะเป็นรูปคนเดียวกันหรือไม่ซึ่งความยากของวิธีการนี้คือการกำหนดจุดที่สนใจบนใบหน้าต้องมีความแม่นยำเป็นอย่างมาก ตัวอย่างดังภาพที่ 4.8

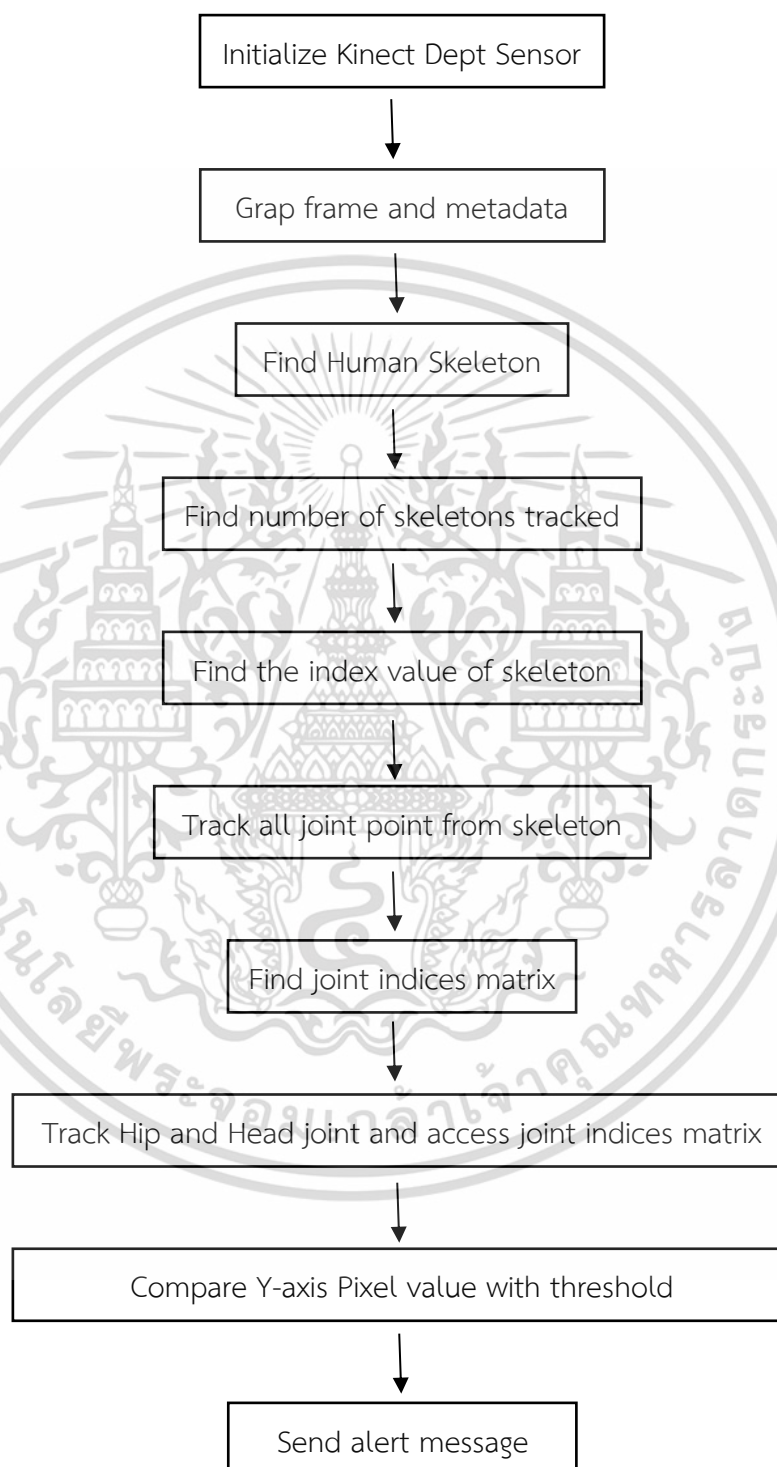


ภาพที่ 4.8 แสดงตัวอย่าง Elastic Bunch Map Graphing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ระบบตรวจจับคนล้มภายในบ้าน

ผังการทำงานของระบบตรวจจับคนล้มภายในบ้าน แสดงดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ผังการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองตรวจจับคนล้ม แสดงดังภาพที่ 4.10 เป็นการตรวจจับคนล้มที่แสดงผลเป็นภาพสี และภาพที่ 4.11 เป็นการตรวจจับคนล้มที่แสดงผลเป็นภาพโครงกระดูก



ภาพที่ 4.10 แสดงภาพคนล้มในรูปแบบภาพสี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ภาพที่ 4.11 แสดงภาพคนล้มในรูปแบบโครงกระดูก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

โครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการดูแลผู้สูงอายุและผู้ป่วยด้วยวิธีการต่างๆ ที่มีการนำเทคโนโลยีของกล้องถ่ายภาพชนิดต่างๆ เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวเข้ามาใช้ในการพัฒนางานวิจัยประกอบด้วย การพัฒนาระบบเฝ้าระวังผู้สูงอายุลูกออกจากเตียงหรือป้องกันการตกเตียง โดยการติดตั้งกล้องสำหรับบันทึกภาพเตียง แล้วใช้วิธีการประมวลผลภาพมาตรวจจับรูปแบบของการลุกออกจากเตียงหรือตกเตียงในผู้สูงอายุ ถ้าพบว่ามีโอกาสตกเตียงหรือกำลังลุกออกจากเตียง ระบบจะแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลทันที วิธีนี้จะช่วยให้ผู้ป่วยที่ตกเตียงได้รับการช่วยเหลือได้เร็วขึ้น การแจ้งเตือนคนเข้ามาที่บ้าน โดยการติดตั้งกล้องไว้ที่บ้านประตู จากนั้นภาพจะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลภาพ แล้วเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบใบหน้า โดยทำการเทรนใบหน้าของผู้ที่รู้จักมาก่อน หลังจากนั้นเมื่อกล้องตรวจพบภาพคนที่ผ่านการเทรนแล้ว ระบบจะแจ้งเตือนให้ทราบว่าใครกำลังเดินมาที่บ้าน จากนั้นจะส่งภาพไปยังผู้ดูแลเพื่อแจ้งเตือน และผู้สูงอายุที่อยู่ในบ้านได้ทราบ วิธีนี้จะช่วยลดอันตรายให้กับผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่บ้านเพียงลำพังได้ และระบบตรวจจับคนลี้มภายในบ้าน เป็นระบบที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่บ้านเพียงลำพัง โดยเมื่อกล้องตรวจพบผู้สูงอายุเกิดการลี้ม ระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลทันที ทำให้ผู้ดูแลสามารถเข้ามาช่วยเหลือผู้สูงอายุได้อย่างรวดเร็วลดความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้ โดยสรุประบบที่พัฒนาขึ้นมา มีจุดประสงค์เพื่อช่วยลดภาระการดูแลผู้สูงอายุของผู้ดูแล และช่วยให้ผู้สูงอายุอาศัยอยู่บ้านได้อย่างสบายใจมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

ผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย ในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถพัฒนาต่อเพื่อนำไปใช้จริงได้ ประกอบไปด้วย

- ระบบแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียง
- ระบบแจ้งเตือนคนเข้ามาที่บ้าน
- ระบบตรวจจับคนล้มภายในบ้าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมกิจการผู้สูงอายุ. สถิติผู้สูงอายุในประเทศไทย 77 จังหวัด. จากเว็บไซต์: [http://www.dop.go.th/download/knowledge/th1533055363-125\\_1.pdf](http://www.dop.go.th/download/knowledge/th1533055363-125_1.pdf)
- [2] ธนภณ เกียรติสมาน. การวัดแรงกดของเท้าโดยใช้กล้องดิจิทัล. ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2558.
- [3] <https://www.figma.com/dictionary/bitmap/>
- [4] <https://www.stickeryou.com/blog/post/vector-vs-bitmap>
- [5] Xia L., Chen C., and Aggarwal J.K., The University of Texas at Austin, Department of Electrical and Computer Engineering, “Human Detection Using Depth Information by Kinect”, 2012.
- [6] Jagdish L., Chaudhary R.A, Singal K., Punjab Engineering College, Chandigarh, PilaniRajasthan, INDIA “Tracking of Fingertips and Centres of Palm using KINECT”, 2012.
- [7] NITE, The PrimeSense NiTE [Online], Available: <http://www.openni.org/files/nite>.
- [8] Wah T., Wang Y. and LI J., Department of Computer and information Science, Southwest University, Chongqing, China, “Hand Gesture Recognition System Using Depth Data”, 2012.
- [9] <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/latest-blogs/what-is-arduino-ch1.html>
- [10] <https://poundxi.com/arduino-คืออะไร/>
- [11] <https://www.scimath.org/article-technology/item/9104-raspberry-pi>
- [12] <https://www.watashi.co.th/blogs/smart-security-1>
- [13] <http://www.cctvpool.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539898656>
- [14] <https://www.factomart.com/th/factomartblog/thermal-camera/>
- [15] <https://www.beartai.com/feature/256510>
- [16] <https://kinectasia.wordpress.com/2012/04/04/kinect/>
- [17] Deep Learning คืออะไร [ออนไลน์]. 2560 [ค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2561]. จาก <https://blog.finnomena.com/deep-learning-คืออะไร-อาชีพไหนจะตกงานบ้าง-499c250784a1>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย					รวม รายจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		งบบุคลากร	งบดำเนินงาน			งบลงทุน		
						ดอกเบีย รับ	ค่าจ้าง ชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่า สาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	งบประมาณที่ได้รับการอนุมัติ (ตามแผน)		3,263,400										
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 1 = 85%)		2,773,890		2,773,890								
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 2 = 15%)		489,510		3,263,400								
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 3)												
	หัก ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 1)			35,000	3,228,400								35,000
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 2)			2,489,400	739,000					2,489,400			2,489,400
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 3)			739,000	0				739,000				739,000
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 4)												
	งบประมาณคงเหลือ		3,263,400		0								3,263,400
	<b>รายละเอียดค่าใช้จ่าย</b>												
<b>ครั้งที่ 1</b>													
13/ธ.ค./60	เครื่องคอมพิวเตอร์	1712-06											35,000
	<b>รวมครั้งที่ 1</b>												<b>35,000</b>
<b>ครั้งที่ 2</b>													
19/เม.ย./61	cable	2874								6,634			6,634
	Flexible Lightweight Lapped Screen Braid PVC cable									9,630			16,264
	2-Core OFC Figure-of Eight Loudspeaker cable									6,013			22,277
	Pro Grade Classic XKE Single Pair install cable									8,442			30,720
	Miniature Multicore cable , Red Series Plasma Grade									4,515			35,235
	Belden Digital Coax CTF100									9,095			44,330
	AlphaWire Polyethy Dielectric RG58 type Coaxial									8,025			52,355
	RG316/U Silver -plated copper clad steel conductor7/0.17mm									8,004			60,359
	Twist & Flat Speedbloc IDC Ribbon cables									9,801			70,160
	Amphenol Loose Pair Round Jacketed Twist N -Flat cable									7,083			77,243
	Type CW1128 External Unarmoured									2,975			80,218
	Molex Powercat Cat5e Trunk 4 pair UTP cable designed to support high speed data									7,618			87,836
	Solid Core Trunk Cable PE 24 awg Solid Conduction									4,408			92,245
	Ideal Stripmaster Wire Stripper Grips and Strips all in one motion									7,062			99,307

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการรับ	รายการจ่าย					รวม รายการจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		งบบุคลากร	งบดำเนินงาน			งบลงทุน		
						ดอกเบี้ย รับ	ค่าจ้าง ชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่า สาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	VDE 0812/DIN 47100 UL -Style 2560 Shielded Liycy									6,195			105,502
	UTP/STP Data Cable Stripper Outer jacket									7,918			113,420
	Actuaator -Sensor Interface ASI in a two wire									6,784			120,204
	DEFSTAN (61.12 Pt 4 and 5 ulicore- Screened									6,013			126,217
	H07RN-F Harsh Environment Cable Highly Flexible									5,511			131,728
	TWIN & EARTH and General Wiring Harmonised Core colours 6424 YH									9,309			141,037
	PRYSMIAN Flexible Fire Resistant and LSZH FP200 Gold Fire Performance cable									6,313			147,350
	Steel Wire Armoured Accessories Joint kit									5,864			153,213
	Constant Wattage Trace Heating Tape for Frost Protection									6,623			159,837
	Junction Boxes and Accessories Raychem JB16-02									9,149			168,985
	Control Cable VDE 0250 Unshuedled NYSLYO 24x0.2 mm									4,676			173,661
	Rigid Solid conductor type BU 28A green									5,971			179,632
	Tri-Rated Switchgear a pair copper with a pvc Sheath class 5Copper 4 mm									7,597			187,229
	Zerohal Type 100G wire a dual wall Combination of Formulated polymer blend									5,521			192,750
	UL1061 Listed and CSA AWN1 A/B FT1 Certified Hook-up									3,724			196,473
	Braided Earth Leads High grade tinned copper M8									4,077			200,550
	General Application IP68PG Round Top Gland									4,815			205,365
	IP68 Metric Skintop Click Strain Relief Gland									4,441			209,806
	Armoured BW Indoor (SWA) PVC Gland kit									6,805			216,611
	Blanking Plug -PG threaded grey									7,383			223,994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการรับ	รายการจ่าย					รวม รายการจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน
							ค่าจ้างชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าสาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	Skintop Nickel plated Brass Enlargers - Metric									6,869			230,863
	Open Ended Metric Spanner set for Glands									6,698			237,561
	HellermannTyton General Applications Mixed PVC Grommer kit									5,778			243,339
	Edging / Grommet Strip 1.2-3.2 mm									3,478			246,817
	Cord Grip Cable Bushes Temperature range 20-100 degree									5,222			252,039
	Rubber Membrane Cable grand/Grommet IP67 rated (EPDM)									5,029			257,068
	Conclamp cable Bush with terminal Block no36022									5,072			262,139
	Stainless Steel Marking Systems M1011 Metal Tape Embosser									5,628			267,768
	IDXPERT continuous Vinyl Markers for Indoor & Outdoor Application									9,277			277,044
	BRADY nylon Cloth Cartridge Labels									7,490			284,534
	Woven polymer Expandable braided sleeving with high flexibility no.3832									8,432			292,966
	Standard green/yellow PVC Earth Sleeving									7,083			300,049
	Heatshrink Tubing Dispensers and Kits									5,008			305,057
	Adhesive Lined - Flame Retardent Sleeving Kit 3:1 (coloured)									5,414			310,471
	Spiral Wrap Hose Protector rigid PVC Spiral									6,613			317,084
	Speedy Tie Heavy Duty Reusable cable Tie									6,163			323,247
	High Profile Screw Fix Mounting Bases MB2									5,393			328,640
	TY-Grip Fasteners Rolled Hook and Loop no.299									9,373			338,013
	Self Adhesive Open Arm ClipS for Ribbon Cables 14mm									5,521			343,534
	Distance Saddle Steel BS4568 25mm									4,537			348,071
	Equal T-Piece black High ShockResistant Push-in Fifings 32mm									6,677			354,748
	Dado & Skirting Cableline trunking square no.									5,564			360,312
	Emergy Chain-E2 Medium width 25mm									8,902			369,214
	High Performance MCB S800S-C 1 pin 50KA									7,875			377,089

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับใช้ในงานเฉพาะกิจเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการรับ	รายการจ่าย					รวม รายการจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน
							ค่าจ้างชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าสาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	ABB System Pro M.3 and 4 Pole MCBs Type B Triple Pole 6KkA Pro m compact									9,716			386,805
	Circuit Protection D-Type Tripolar from 36 kA -S800 Series									10,293			397,098
	Moeller MCB 6kA Breaking Capacity PLS6Z series									8,186			405,284
	Safety Relay for emergency stop circuits and mobile PNOZ 11									10,582			415,866
	Colour Coded 1.27mm (0.05) Pitch UL Recognised Style 20462									4,387			420,253
	Pro Power Multicore to defStan 91-12 Part 4 Unscreened									6,805			427,058
	Crabtree Surface Moulded Boxes PL12877									5,992			433,050
	Single Socket with RF Control and Transmitter PL 11565									6,420			439,470
	Flexible Stranded of UL-1007 24 AWG Wire Cable Yellow/Blue/Red/Black 10M 300V									9,095			448,565
	Density Insulated Expandable Wire Protector Organizer Cable Sleeve Cord Winder									8,025			456,590
	10Yard Aluminum Wire Soft DIY J Craft Versatile Painted Aluminium Wire									9,758			466,349
	FT- 5m/16.40ft 30/28/26/24/22/20 AWG Stranded Silicone Electric Wire									9,416			475,765
	Silicone Braided High Temp Wire Glass Fiber Insulation Cable White Red & Black									10,272			486,037
	10M PTFE FEP Wire Silver Plated OFC Copper Cable 300V High Temperature									9,095			495,132
	20pcs 2.8mm Terminal Female Male Wire Sealed Plug Car Automotive Connectors									4,815			499,947
	50 Pcs Self-Locking Nylon Plastic Cable Ties Wrap Wire Cord Zip Tie									3,210			503,157
	Equipment Automotive Stranded Wire Cable UL1571 26/28/30/32AWG Flexible Cable									8,025			511,182
	22 GAUGE 8M Red Black ZIP Wire AWG Stranded Tinned copper C9Z2									8,828			520,009
22/พ.ค./61	Cross roller bearing case GRY-344-3	2995								4,954			524,963

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการรับ	รายการจ่าย					รวม รายการจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		งบบุคลากร	งบดำเนินงาน			งบลงทุน		
						ดอกเบี้ย รับ	ค่าจ้าง ชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่า สาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	Roller fixed radial force with moment stand still 32n									3,681			528,644
	HD flex spline with integrated support mech									6,934			535,578
	Circular spline assy CF 14-50									7,704			543,282
	Axial force C P assy with fitting kit									2,568			545,850
	Old ham with disc coupling high speed ES-443 max. 6000rpm									7,533			553,383
	Old ham with disc coupling high Torque EF-3r max. 85 Nm									7,918			561,301
	Ball slide assorted mixed size 10 -120 # 4									10,968			572,268
	Positioner with micro meter and scaling outer ring									4,655			576,923
	Low friction slide mech assy # 44 per DWG 32_6-19									2,247			579,170
	Mechanical parts per DWG #565 with assort fitting									24,824			603,994
	Wave generator mech assy OEM									17,495			621,488
	Carriage and parallel to line motion									6,420			627,908
	Assy mech. for circular movement RE-300 ver 02									5,810			633,718
	Aluminum alloy base with hinge small - medium size set with 3d model									15,622			649,340
	High load wiper mech assy with auto adj centering mech.									9,630			658,970
	Reciprocating parts with parts sub assembly kit									24,182			683,152
	Aluminium 5000 grade construction frame hinge and mounting with assy#34									8,828			691,980
	Mounting kit with kinematic link parts for projects									16,318			708,297
	High consistency mech alloy parts for high temp and stress									6,827			715,124
	Eco ball screw and double rail with assembly kit and mounting set									5,778			720,902
	End Types- Spherical, Flat with Corner Break, Ground, Chamfer parts and sub assy									24,075			744,977

บันทึกการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการรับ	รายการจ่าย					รวม รายการจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		ดอกเบี้ยรับ	งบดำเนินงาน					
								งบบุคลากร	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ		ค่าสาธารณูปโภค
	Knurls, Grooves, Trunions, Undercuts, Plating, and Coatings plate base parts									6,795			751,771
	Mast Guid & Carriage RollersChain SheavesToothless Sprockets kit set									8,346			760,117
	Slotted Head SealedCH-LW Handdle and parts									5,457			765,574
	S-Slotted HeadS—L Slotted Head SealedS mech parts									8,266			773,840
	slide guides lubricated sealed lithium soap base lubricant									8,988			782,828
	standard product the n1 and n2									16,318			799,146
	stainless steel assy units and fitting IP66									14,124			813,270
	High accuracy and rigidity crossed roller unit and sub assy									16,157			829,427
	SEB and SER types, special-length guide rails special preload									8,400			837,826
	Dust protection wiper as standard and Extra wide type									9,823			847,649
	Four-point contact to carry load and moment assy and parts									27,820			875,469
	Open Source Bionic Robot Mechanical Hand assy kit									35,150			910,618
	Gripper min motor and mech part and assy									6,998			917,616
	Vacuum finger for robotic kit									10,112			927,727
	460 Robot Mechanical Arm 4DOF Palletizing Manipulator edu kit									30,388			958,115
	ZF 6HP19 6HP21 Valve Body to case Sleeve Seal kit									10,005			968,120
	6hp19 Mechatronic Seal and Sleeve KIT (6 pc) GAS6P19Z auto transmission									5,832			973,951
	Mechatronic Seal Valve Body Seal Sleeve Drain Plug									4,655			978,606
	02-05 Mechatronic Seal KIT 7 pcs Valve Body Sealing Sleeve Drain Plug									8,924			987,530
	VWA DSG 02E Mechatronic Solenoid Valves tubing and fitting set									7,276			994,806
	Structure component and main frame dsign									5,723			1,000,529
	Servo recorder with interface card and accessories									26,215			1,026,744

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการรับ	รายการจ่าย					รวม รายการจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		งบบุคลากร	งบดำเนินงาน			งบลงทุน		
						ดอกเบี้ย รับ	ค่าจ้าง ชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่า สาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	Mini screw jack with safety switch both end 50N									8,988			1,035,732
	Biped Walking Humanoid Robot Parts									23,701			1,059,433
	Robot Mechanical Alloy multi tasking Robotics kit set									37,825			1,097,257
	Rotary step actuators with multistroke sensor end limit and safety clutch size 25									23,861			1,121,118
	Screw jack acme type with holding stop									10,379			1,131,497
	High freq module Rx and Tx with remote power									16,532			1,148,029
	Solder Ring Tee Fittings									5,564			1,153,593
	Telemetry data transceiver kit and RF meter									23,326			1,176,919
	Mach ER11 Chuck 500W Spindle Motor 52mm Clamps									9,758			1,186,677
	Power Supply Speed Governor programmable unit									9,839			1,196,516
	Assorted engineering plastic parts gears dampers rods hollow shafts									5,832			1,202,347
	Flexible linkage and mounting system									10,015			1,212,362
	Various magnet type and size									26,001			1,238,363
	Telescopic mech movement and motion parts and assy									11,663			1,250,026
4/มิ.ย./61	Sony digital camera Cyber-shot lens style camera QX10 black DSC-QX10 / B	2839								36,380			1,286,406
	Alpha a6400 Mirrorless Digital Camera with 16-50mm Lens and Acc. Kit									32,635			1,319,041
	COOLPIX P900 Digital Camera 83x Optical Zoom Built-In Wi-Fi Japan New									27,820			1,346,861
	Power WiFi Hunting Camera Infrared Waterproof PR500W Hunter Cam									19,260			1,366,121
	Outdoor Waterproof WiFi PTZ Pan Tilt 1080P HD Security IP IR Camera Night Vision									16,050			1,382,171
	Casio Exilim Ex-TR150 digital Camera,PK Pink,NIB,China#93018B1(D)									18,190			1,400,361
	Guppy Pro F-125B camera									28,890			1,429,251
	Original 1220mAh AHDBT-501 Battery for Gopro Hero 5 hero 6 7 Black Action Camera									9,630			1,438,881

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการรับ	รายการจ่าย					รวม รายการจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		งบบุคลากร	งบดำเนินงาน			งบลงทุน		
						ดอกเบีย รับ	ค่าจ้าง ชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่า สาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	camera ScoutGuard SG880MK-14mHD 2-Way Talk GPRS/MMS Wireless									25,680			1,464,561
	Portable Hunt Camera 12MP Wildlife Monitor Night Vision For Scouting Waterproof									8,988			1,473,549
	Wifi Auto Tracking 5MP Humanoid Recognition PTZ Speed Dome Camera 20 X Zoom CA									28,890			1,502,439
	1080P 3G 4G GSM Wireless IP Camera Night Vision CCTV Camera Video Surveillance									40,660			1,543,099
	Ricoh THETA V 360 4K Spherical VR Camera Built-In 4-Channel Microphone 19GB									47,080			1,590,179
	Ubiquiti Unifi Video Camera G3 DOME UVC-G3-DOME Unifi video dome camera 1080p									31,458			1,621,637
	UGREEN USB 2.0 A Male to Mini 5 Pin B Data Charging Cable Adapter DS PC CAMERA									3,745			1,625,382
	10X PTZ HD 2MP Wireless 4G SIM Card IP Camera Security CCTV SONY307 Star Light									25,038			1,650,420
	ESP32 ESP32-CAM WiFi Bluetooth Module Camera Module Development Board OV2640 NU									8,988			1,659,408
	1 Female to 2 3 4 5 8 Male Splitter Plug Cable DC Power for Security camera CCTV									9,630			1,669,038
	IP66 Security POE 5MP PTZ Camera 5 Megapixels Pan Tilt 20X Zoom Audio In IR 100M									28,890			1,697,928
	Wanscam HW0054 1080P 2.0MP Wireless IP WiFi Camera Middle Speed Dome PTZ HD S7R7									23,540			1,721,468
	Eyes.sys Outdoor HD 1080P 6x 2MP Audio IP WIFI Camera 8CH NVR CCTV Home KIT HDD									19,795			1,741,263
	13MP Box USB Camera CMOS Sony IMX214 Ful HD Webcams w/ 75 degree Auto Focus Lens									22,256			1,763,519

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย					รวม รายจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		ดอกเบี้ย รับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน
							ค่าจ้าง ชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่า สาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	4CH Wireless Wi-Fi 1080P IP Camera HDMI NVR Outdoor Home Security IR CCTV System									18,618			1,782,137
	Dahua NVR2108HS-8P-4KS2 8CH 4K NVR IPC-HDW4631C-A 6MP Built-in MIC IP Camera Kit									28,890			1,811,027
	Full HD 1080P Solar Power IP camera wireless 2MP Waterproof Outdoor solar panel									24,717			1,835,744
	1080P Mini WIFI HD IP Camera Hidden Wireless DIY Module DV DVR NVR Nanny Cam									5,050			1,840,795
	Camera Interface Connectors a Simple Connector direct connect RJ11									3,852			1,844,647
	CCTV BNC and Power Cables Combined Power and Video Leads									6,688			1,851,334
	Contains a Microphone and a pre- amp with Adjustable Controls									9,844			1,861,178
	Single Channel Passive Video to cat 5 Balun Full Motion at distances up to 330m									4,815			1,865,993
	Defender Clip Type Passive Balun with Power Video and Data RJ45									3,852			1,869,845
	HUMBUG Ground Loop iSolate									6,955			1,876,800
	500m Wireless Video C transmission - 2.4GHzcamera									14,178			1,890,978
	Y-Cam PoE Dongle Enables Power Over Ethernet Connectivity SR08461									7,062			1,898,040
	Vision Day/Night Zoom Camera with 27X high Resolution Optical Zoom SR07698									29,960			1,928,000
	Monochrome Convert Camera in Junction box 3.6mm lens									8,988			1,936,988
	Large wall Brackets a Range of Security 185mm-240mm									11,556			1,948,544
	Power Pack 12V 1A Inline CCTV Power Supply Particularly for Camera and Led									9,844			1,958,388
	High Grade Plug & Play Cable 40 meter for Camera Requiring up to 1000mp SR07111									11,770			1,970,158

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการรับ	รายการจ่าย					รวม รายการจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน
							ค่าจ้างชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าสาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	SONY IMX335 Mini 5.0MP Wireless IP Camera WIFI security onvif P2P Indoor CamHi									8,667			1,978,825
	iOS Android PC 8LED WiFi Endoscope Borescope Inspection HD 1200P Camera IP68									10,165			1,988,990
	2TB 30X Auto Tracking 1200TVL Outdoor PTZ Speed Dome Camera 3D Controller US									29,960			2,018,950
	Mini USB Flash Drive Pinhole Hidden Camera U-Disk HD DVR Video Recorder Cam									4,815			2,023,765
	Dahua IPC-HFW4431R-Z 4MP Bullet IP POE Camera 2.7~12mm VF Lens Zoom 80m IR									26,964			2,050,729
	1000X Zoom 8 LED USB Microscope Digital Magnifier Endoscope Camera Video Stand									7,490			2,058,219
	52-67mm UV Filter Lens protector for Camera Canon SONY Nikon									4,815			2,063,034
	Smallest mini screw 1000TVL HD CCTV color spy hidden pinhole micro camera TT									7,276			2,070,310
	Dahua IPC-EW4431-ASW 4MP POE WIFI 1.6mm H.265 Panorama Fisheye Wireless Camera									13,482			2,083,792
	10 15 20 25 30 35 40 45cm Aluminium OD 15mm Rod Tube fr Rail System Camera Rig B									6,848			2,090,640
	1 Set Wireless Reversing Camera Recorder Rear View for TFT LCD Monitor									5,564			2,096,204
	Camera Grip for Nikon F, Nikon F Photomic, Nikon F Photomic FTN, Vintage Nikon F									3,831			2,100,034
17/ก.ย./61	Mitutoyo AT111 + Signal Interface PSU-200 + SENSORAY 626 G Digital I/O PCI card	3006								23,540			2,123,574
	4 Axis E-Cut USB MACH3 Motion Control Card CNC Interface Breakout Driver Board									9,309			2,132,883

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการรับ	รายการจ่าย					รวม รายการจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		งบบุคลากร	งบดำเนินงาน			งบลงทุน		
						ดอกเบี้ย รับ	ค่าจ้าง ชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่า สาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	Engraving Machine Accessories Rdc6442Gs Control Card Control System Motherb R3J3									10,165			2,143,048
	XHC MACH3 6 Axis Ethernet Motion Control Card CNC Breakout Board for Engraver									16,585			2,159,633
	6 Axis 2000KHz USB CNC Motion Control Card Breakout Board A B C X Y Z Axis PWM									19,260			2,178,893
	Advantech PCL-839 Rev.A1 3-Axis Stepping Motor Control Card 16-Bit ISA with DB37									14,445			2,193,338
	ERO ELECTRONIC PROCESS CONTROL EQUIPMENT TKS932123000									18,190			2,211,528
	Pro -Signal SCI2897 Gertmount Raspberry PI									11,770			2,223,298
	USB to TTL Level Serial UART Converter cable SCI2825									5,778			2,229,076
	Aluminium Instrument Arduino Housing B1-080Si									5,350			2,234,426
	ISO-TECH GFG-8216A Combined 150MHz Frequency Counter and 3 MHz Function									18,725			2,253,151
	Fluke 1577 & 1587 Insulation Multimeter									24,557			2,277,708
	FPGA and CPLD Cyclone II Starter development Kit SCI3252									9,630			2,287,338
	ALTERA USB Blaster Download Cable to Program and Configure Device									11,235			2,298,573
	Star real-time debugging and analysis tools with interface card									11,770			2,310,343
	Xenus Plus XML-230-18 Servo Drive Copley Controls									29,960			2,340,303
	Proxistor High Power DC Sensor Test Unit and Alignment Devices									6,987			2,347,290
	E3X Series Programmable Fibre Optic Amplifiers and E32 Sensing Heads									8,474			2,355,764
	Workbench Ideal Solution for Real- Time Computing Main Card									9,202			2,364,966
	iHawk is Concurrent's High- Performance Cpu Main Card									5,778			2,370,744
	Data Acquisition and Process Control High Sampling Rate with Probes									5,136			2,375,880

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการรับ	รายการจ่าย					รวม รายการจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		งบบุคลากร	งบดำเนินงาน			งบลงทุน		
						ดอกเบีย รับ	ค่าจ้าง ชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่า สาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	High Freq Cable Shield Multi Channels with Filter and Compensation Unit									4,120			2,380,000
	Back Plane for High Speed Computing Cards with all Conector and Cables									8,464			2,388,464
	Concurrent's ImaGen Visual Server Board									6,292			2,394,755
	Flexible, Multi-Channel Graphics Card with Cabling and Noise Immune Unit									6,848			2,401,603
	iHawk Advanced CPU and Sdk Open-Source, Real-Time os									7,832			2,409,436
	Programmable Signal Conditioning and Fault Insertion Card and Software									10,165			2,419,601
	Interfacing MCU Massive Parallel Processing									5,628			2,425,229
	Concurrent PCIe and Aata Acquisition I/O Cards									11,984			2,437,213
	Data Acquisition Card High Update Rate 10mhz Cable all Accessories									12,840			2,450,053
20/ก.ย./61	Arduino Uno R3 พร้อมสาย USB	20180008								7,500			2,457,553
	Switching Power Supply 220V to 5V HLK-5M05 Power 5 W									3,400			2,460,953
	สายไฟ สายแพ ผู้ผู้ ยาว 20 ซม. 40 เส้น									750			2,461,703
	สายไฟ สายแพ ผู้เมีย ยาว 20 ซม. 40 เส้น									750			2,462,453
	สายไฟ สายแพ เมีย-เมีย ยาว 20 ซม. 40 เส้น									750			2,463,203
	OLED Display 1.3" 128x64 สีขาว									4,000			2,467,203
	บอร์ดทดลอง สีขาว Breadboard 830 holes									3,000			2,470,203
	Bluetooth Module HC-05 master/slave mode									7,200			2,477,403
	Bipolar Stepper Motor 12 V 0.4 A Nema17									2,800			2,480,203
	TB6560 3A Stepper Motor Driver Board									2,800			2,483,003
	ESP32 Wifi Bluetooth Dual Core Development Board									4,200			2,487,203
	บริการรับปรีน 3D ด้วยวัสดุพลาสติก PLA/ABS									2,197			2,489,400
	<b>รวมครั้งที่ 2</b>												<b>2,489,400</b>
<b>ครั้งที่ 3</b>	ค่าจ้างเหมาสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ									355,000			355,000
	ค่าจ้างเหมาออกแบบระบบฐานข้อมูล									94,000			449,000
	ค่าจ้างเหมาติดตั้งอุปกรณ์									150,000			599,000
	ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูล									55,000			654,000
	ค่าจ้างเหมาวิเคราะห์ข้อมูล									85,000			739,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ A118-0261-008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน  
 ชื่อโครงการ : ระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยและผู้สูงอายุด้วยกล้อง  
 ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ ดอกเบี้ยรับ	รายจ่าย					รวม รายจ่าย
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		งบบุคลากร ค่าจ้างชั่วคราว	งบดำเนินงาน		งบลงทุน		
							ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่า สาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	รวมครั้งที่ 3											739,000

ลงชื่อหัวหน้าโครงการ ..... วันที่.....



## ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

### ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายดุสิต สุขสวัสดิ์

ตำแหน่งปัจจุบัน

### ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อ ปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.บ.	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง	2538
วศ.ม.	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง	2550

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- การวิเคราะห์ ออกแบบและประยุกต์ใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าในงานระบบไฟฟ้ากำลัง
- ระบบพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงานในภาคโรงงานอุตสาหกรรม
- การประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ ในการพัฒนานวัตกรรมเครื่องมือทาง  
การแพทย์
- ระบบรถไฟฟ้า แบตเตอรี่ และแบตเตอรี่ชาร์จเจอร์
- ระบบการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ในรูปแบบของ STEM

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2560	ทุนวิจัยมุ่งเป้า เรื่อง ระบบลู่วิ่งเพื่อความปลอดภัยของผู้พิการทางสายตา	สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเสนอผลงานวิชาการ

- C. Boonseng, **D. Suksawat**, K. Kularbphetong, “Design and Control of DC Microgrids (DCMG) Systems for Improving Reliability and Stability of Data Centers,” 2019 5th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST), 2019, Laos.
- C. Boonseng, B. Rapeepornpat, **D. Suksawat**, N. Nilnimitr, W. Inwanna, A. Manee, T. Juntasorn, V. Kinnares, Chai Chompo-Inwai, Chow Chompo-Inwai, “Design and Installation of Passive Power Filter for Grid-connected Solar Rooftop Applications at Industrial Plants,” 2019 IEEE PES GTD Grand International Conference and Exposition Asia (GTD Asia), 2019, Thailand.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้