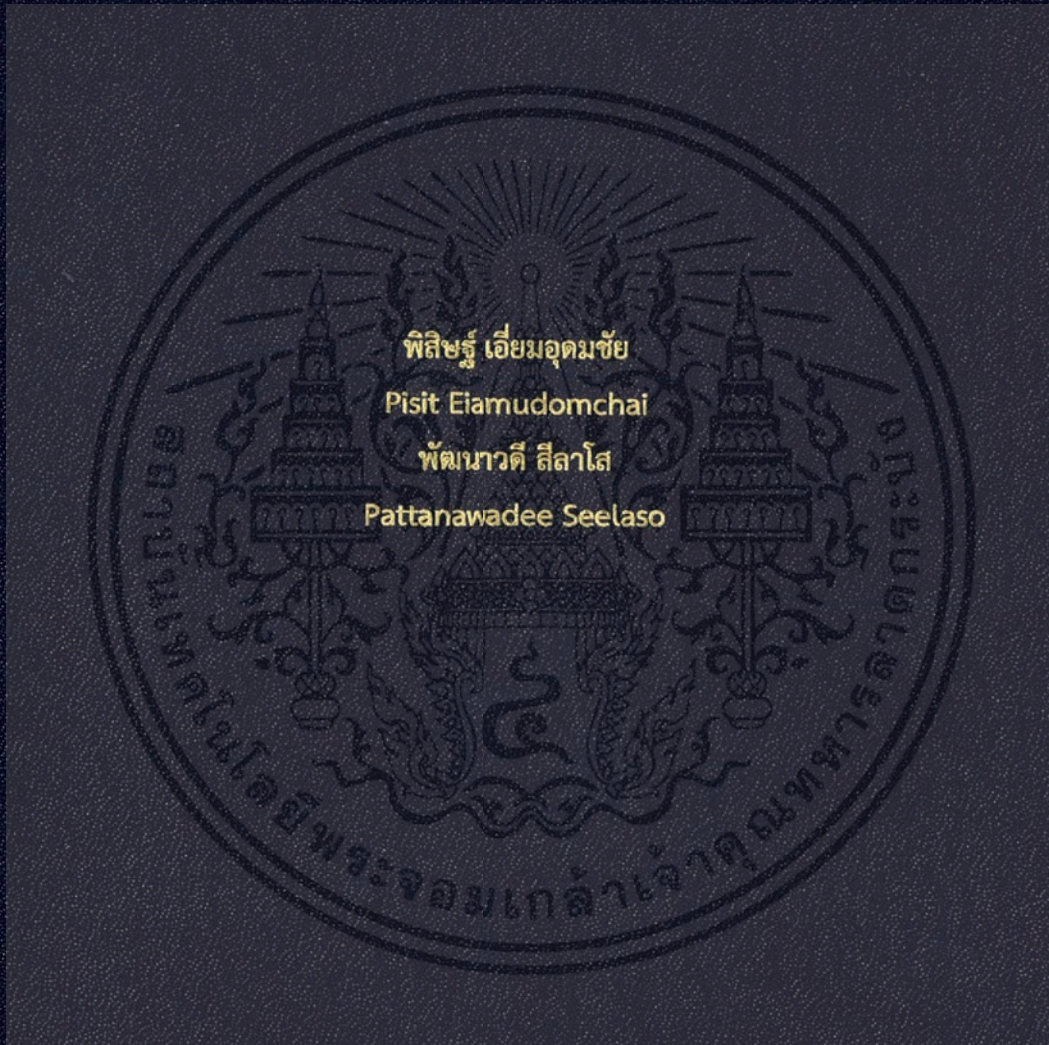


เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกในการตรวจวัดแอลกอฮอล์ด้วยกล้องอินฟราเรด

Deep Learning Technology for Drunks Detection with Infrared Camera



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกในการตรวจวัดแอลกอฮอล์ด้วยกล้องอินฟราเรด

Deep Learning Technology for Drunks Detection with Infrared Camera



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกในการตรวจวัดแอลกอฮอล์ด้วยกล้องอินฟราเรด

Deep Learning Technology for Drunks Detection with Infrared Camera



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2561
สาขาวิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
เรื่อง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกในการตรวจวัดแอลกอฮอล์ด้วยกล้องอินฟราเรด
 Deep Learning Technology for Drunks Detection with Infrared
 Camera
ผู้จัดทำ นายพิสิษฐ์ เอี่ยมอดมชัย รหัสประจำตัว 58010906
 นางสาวพัฒน์นาวิดี สีลาโส รหัสประจำตัว 58010862



รายงานนี้ผ่านการตรวจโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ

(ดร. วิบูลย์ ปิยวัฒน์เมธา)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกในการตรวจวัดแอลกอฮอล์ด้วยกล้องอินฟราเรด
ชื่อนักศึกษา	นายพิสิษฐ์ เอี่ยมอุดมชัย นางสาวพัฒน์นาดี สีลาโส
รหัสประจำตัว	58010906 58010862
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ดร.วิบูลย์ ปิยวัฒน์เมธา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อที่จะช่วยในการแก้ไขปัญหาความล่าช้าในการตรวจวัดแอลกอฮอล์และลดความเสี่ยงจากเชื้อโรคปนเปื้อนด้วยวิธีการเป่าลมหายใจ (Breath Analyzer Test) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการออกแบบระบบในการตรวจวัดแอลกอฮอล์ด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ที่ทำงานอยู่บนเซิร์ฟเวอร์ โดยระบบนี้จะประกอบไปด้วย 1) กล้องอินฟราเรดสำหรับบันทึกภาพ 2) ระบบการประมวลผลภาพเพื่อตรวจหาแอลกอฮอล์ โดยระบบดังกล่าวจะทำการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) ซึ่งทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการ iOS และผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้สามารถตรวจวัดได้จากค่าความแม่นยำของโมเดล ซึ่งเมื่อจำแนกแบบ 2 กลุ่ม คือ ปกติและดื่มเบียร์ ได้โมเดลที่มีความแม่นยำประมาณ 83.3% ในการจำแนก และถ้าหากจำแนกแบบ 4 กลุ่ม คือ ปกติ, ดื่มเบียร์ 1 แก้ว, ดื่มเบียร์ 2 แก้ว และดื่มเบียร์ 3 แก้ว ได้โมเดลที่มีความแม่นยำ 50% ในการจำแนก

Thesis Deep Learning Technology for Drunks Detection
with Infrared Camera

Student Mr. Pisit Eiamudomchai
Ms. Pattanawadee Seelaso

Student ID. 58010906
58010860

Degree Graduate of Engineering

Program Biomedical Engineering

Year 2018

Thesis Advisor Dr. Wibool Piyawattanametha

ABSTRACT

The aim of this work is to solve the problems of alcohol measurement delays and reduce the issue of contamination that arise from breath analyzer test. Therefore, we designed a novel infrared (IR) camera based alcohol detection system with deep learning technology which can operate on a mobile phone. This system consists of 2 parts. The first part is an infrared camera (FLIR) used for collecting both IR and normal images and the second part is an image processing part for alcohol detection with based on deep learning technology operating on an iPhone operating system (iOS) mobile phone. Our handheld IR based detection system achieves accuracy of 83.3% accuracy with binary identification (Sober or Drunk) and 50% with 4 level of Classifications (Sober, 1 Beer, 2 Beers, or 3 Beers).

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิบูลย์ ปิยวัฒน์เมธา ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

สุดท้ายต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ ของข้าพเจ้าที่เรียนสาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ ที่เป็นเสมือนคู่คิดและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า



พิสิษฐ์ เอี่ยมอุดมชัย
พัฒนาวดี สีลาไส

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูปภาพ.....	VII
สารบัญตาราง.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ของการวิจัย.....	2
1.5 แผนการดำเนินงานปริญญาโท.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 อุดมทฤษฎีของใบหน้า.....	4
2.2 ทฤษฎีอินฟราเรด.....	5
2.3 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning).....	12
2.4 ระบบปฏิบัติการ iOS.....	27
2.5 Xcode.....	29
2.5.1 การใช้งาน Xcode แบบเบื้องต้น.....	30
2.5.2 Swift.....	32
2.5.3 Objective-C.....	33

2.6 Core ML	34
2.7 Autodesk Inventor	34
2.8 โรคที่สามารถติดต่อได้ทางน้ำลาย.....	36
2.8.1 ไข้หวัด.....	36
2.8.2 คออักเสบ (Strep throat).....	37
2.8.3 โรคมือเท้าปาก (Hand-foot-mouth disease).....	37
2.8.4 คางทูม (Mumps).....	38
2.8.5 โรคหูดข้าวสุก (Molluscum contagiosum)	38
2.8.6 โรคเริมที่ปาก (Herpes Simplex).....	39
2.8.7 ไวรัสตับอักเสบ (Hepatitis).....	39
2.8.8 คอตีบ (Diphtheriae).....	39
2.8.9 เยื่อหุ้มสมองอักเสบ (Meningitis).....	40
2.8.10 ไข้กาฬหลังแอ่น (Meningococcal meningitis).....	40
บทที่ 3 การดำเนินงาน.....	41
3.1 การเก็บข้อมูลภาพ	42
3.2 การออกแบบอัลกอริทึมของโปรแกรมประมวลผล.....	43
3.2.1 การเตรียมข้อมูล.....	43
3.2.2 การเตรียมและสอนโมเดลที่จะใช้.....	44
3.2.3 แปลงโมเดลเพื่อนำไปใช้ในแอปพลิเคชัน	48
3.2.4 สร้าง Machine Learning บน iOS ด้วย Core ML.....	48
3.3 ฮาร์ดแวร์.....	53
บทที่ 4 ผลการทดลอง	54
4.1 การเก็บข้อมูลภาพ	54

4.2 ผลการทดสอบการประมวลผลของ CoreML บน iOS.....	56
4.3 การประกอบฮาร์ดแวร์	57
บทที่ 5 สรุปผล.....	60
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	60
5.2 ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม.....	XI
ภาคผนวก ก.....	XIV
ภาคผนวก ข.....	XVIII
ภาคผนวก ค.....	XXV
ภาคผนวก ง.....	XXXIII



สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 แสดงภาพอินฟราเรดเมื่อก่อนต้มแอลกอฮอล์ (รูปซ้าย) และหลังจากต้มแอลกอฮอล์ (รูปขวา)	4
รูปที่ 2 ภาพถ่ายจากกล้องอินฟราเรด.....	5
รูปที่ 3 รังสีอินฟราเรด	6
รูปที่ 4 ภาพถ่ายมนุษย์ในย่าน mid-infrared เป็นภาพที่เกิดจากรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจากคน	7
รูปที่ 5 ระบบการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการแผ่รังสีอินฟราเรดของวัตถุ.....	8
รูปที่ 6 การตรวจวัดผู้ที่สงสัยที่จะเป็นโรคไข้หวัดนกและไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่2009	9
รูปที่ 7 การประยุกต์ใช้งานกล้องถ่ายภาพความร้อนในอุตสาหกรรมอาหาร.....	10
รูปที่ 8 การประยุกต์ใช้งานกล้องถ่ายภาพความร้อนในอุตสาหกรรมอื่นๆ.....	10
รูปที่ 9 การประยุกต์ใช้งานกล้องอินฟราเรดกับการตรวจสอบระบบไฟฟ้า.....	11
รูปที่ 10 การประยุกต์ใช้งานกล้องอินฟราเรดกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี.....	11
รูปที่ 11 การประยุกต์ใช้งานกล้องอินฟราเรดในงานเครื่องกล.....	11
รูปที่ 12 ความแตกต่างระหว่าง Non-deep และ Deep neural network.....	12
รูปที่ 13 การเชื่อมต่อกันของเซลล์ประสาท.....	13
รูปที่ 14 การเชื่อมต่อของเซลล์ประสาท.....	14
รูปที่ 15 Artificial Neural Network.....	14
รูปที่ 16 Traditional Programming & Machine learning.....	15
รูปที่ 17 ตัวอย่างของ Deep Learning.....	16
รูปที่ 18 Deep Learning เมื่อมีหลาย Hidden Layer.....	16
รูปที่ 19 การทำงานของ Deep Learning.....	17
รูปที่ 20 ความแตกต่างระหว่าง Deep Learning และ Machine Learning	18
รูปที่ 21 ข้อแตกต่างของ Traditional Machine Learning กับ Deep Learning.....	19
รูปที่ 22 ประเภทของ Machine Learning.....	20
รูปที่ 23 การทำงานของ Supervised learning	20
รูปที่ 24 แสดงการทำงานของ Unsupervised learning.....	21
รูปที่ 25 ตัวอย่างช่วงเวลาการเข้าใช้งานของ user แบ่งตามชั่วโมง	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 26 ตัวอย่างหลังจากลดตัวแปร (เป็นรูปจำลองที่ไม่ผ่านการประมวลผลจริง).....	22
รูปที่ 27 แสดงการทำงานของ Reinforcement Learning.....	23
รูปที่ 28 Machine Learning Techniques	24
รูปที่ 29 Training Data ของหมากกับแมว.....	25
รูปที่ 30 Unsupervised Learning & Supervised Learning.....	26
รูปที่ 31 สัญลักษณ์ของระบบปฏิบัติการ iOS.....	28
รูปที่ 32 สัญลักษณ์ของ Android	28
รูปที่ 33 โปรแกรม Xcode.....	29
รูปที่ 34 คลิกที่ Create New Xcode Project	30
รูปที่ 35 รูปแบบของการตั้งค่าแอปพลิเคชัน.....	30
รูปที่ 36 ตั้งชื่อแอปพลิเคชัน.....	31
รูปที่ 37 เลือกไฟล์เดสก์ท็อปที่จะสร้างโปรเจก.....	32
รูปที่ 38 Swift Logo.....	33
รูปที่ 39 Objective – C Logo.....	33
รูปที่ 40 Core ML Logo.....	34
รูปที่ 41 โปรแกรม Autodesk Inventor.....	36
รูปที่ 42 ใช้หัวัดใหญ่.....	37
รูปที่ 43 โรคมือเท้าปาก.....	37
รูปที่ 44 แผนภาพการทำงานของระบบ.....	41
รูปที่ 45 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาพ.....	42
รูปที่ 46 วิธีการเก็บข้อมูลภาพ.....	43
รูปที่ 47 การแบ่งประเภทของรูปภาพ.....	44
รูปที่ 48 ขั้นตอนการสอนโมเดล.....	45
รูปที่ 49 เลือก Single View App.....	49
รูปที่ 50 ตั้งชื่อและเลือกภาษาที่ใช้เป็น Swift.....	49
รูปที่ 51 วาด View ใน Storyboard.....	50
รูปที่ 52 รายละเอียดของ ResnetV2.mlmodel ที่ Xcode อ่าน.....	51
รูปที่ 53 แต่ละหน้าของแอปพลิเคชันเมื่อติดตั้งลงบน iOS.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 54 CAD ตัวยัดระหว่างโทรศัพท์และกล้องอินฟราเรด.....	53
รูปที่ 55 a) filter contrast, b) filter grey, c) filter antarctic.....	54
รูปที่ 56 การทำงานของแอปพลิเคชัน Binary Classification	56
รูปที่ 57 การทำงานของแอปพลิเคชัน 4 Level of Classification.....	57
รูปที่ 58 มุมด้านหลังเมื่อประกอบตัวยัด.....	58
รูปที่ 59 มุมด้านหน้าเมื่อประกอบตัวยัด.....	58
รูปที่ 60 มุมด้านข้างเมื่อประกอบตัวยัด.....	59



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แผนการดำเนินปริญญานิพนธ์.....	3
ตารางที่ 2 แสดงค่าความแม่นยำของโมเดลสำหรับ 4 level of Classification.....	55
ตารางที่ 3 แสดงค่าความแม่นยำของโมเดลสำหรับ Binary Classification.....	55



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุบัติเหตุบนท้องถนนส่วนมากที่พบเห็นบ่อยๆ จะมีสาเหตุมาจากเมาแล้วขับ เกิดความสูญเสียเป็นจำนวนมาก ทั้งทรัพย์สินและชีวิต และสร้างความเสียหายมากมายให้กับครอบครัวหรือแม้กระทั่งคนรอบตัวที่ไม่เกี่ยวข้องเลย การตรวจวัดแอลกอฮอล์เพื่อลดอุบัติเหตุ นั้นจึงเป็นหนทางที่ดีที่สุด และผู้ขับรถทุกชนิดมีปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ตามกฎหมายของประเทศไทย โดยวิธี [1]การตรวจวัดในเลือด วิธีนี้เป็นวิธีที่น่าเชื่อถือที่สุดแต่ต้องเจาะเลือด รอผลนานและราคาแพง [2]การใช้เครื่องตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ในกระแสเลือด โดยวิธีการเป่าลมหายใจ (Breath Analyzer Test) เป็นวิธีที่นิยมที่สุดในปัจจุบัน ซึ่งมีข้อดีคือรวดเร็ว พกพาง่าย และราคาถูก แต่มีข้อเสียคือต้องเป่าผ่านหลอดเป่า หากใช้ซ้ำจะติดเชื้อโรคผ่านทางน้ำลาย เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มในการซื้อหลอดเป่า คนเมามากขาดสติ หลีกเลี้ยงและปฏิเสธที่จะให้ความร่วมมือในการตรวจวัดแอลกอฮอล์ ส่งผลให้เกิดความล่าช้า

จากปัญหาข้างต้นที่กล่าวมาคณะผู้จัดทำจึงออกแบบระบบการตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยกล้องอินฟราเรดมาเพื่อแก้ไขปัญหา โดยการทำงานของระบบดังกล่าวประกอบไปด้วยกล้องอินฟราเรดที่ถ่ายรูปภาพคนที่ต้องการตรวจวัดแอลกอฮอล์ แล้วทำการประมวลผลด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) บนแอปพลิเคชัน (iOS)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการตรวจวัดแอลกอฮอล์ด้วยกล้องอินฟราเรด
2. เพื่อสร้างระบบการประมวลผลภาพจากกล้องอินฟราเรดด้วยการเรียนรู้เชิงลึกบนแอปพลิเคชัน (iOS) ไว้สำหรับคัดกรองพร้อมทั้งระบุว่ามีปริมาณแอลกอฮอล์เกินกว่าที่กฎหมายกำหนดไว้หรือไม่
3. เพื่อสร้างแอปพลิเคชันสำหรับเชื่อมต่อระหว่างกล้องอินฟราเรดกับระบบการประมวลผลภาพ
4. เพื่อลดระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์
5. เพื่อสร้างเครื่องวัดแอลกอฮอล์โดยไม่ต้องใช้ปากเป่า
6. เพื่อป้องกันการติดโรคติดต่อจากทางน้ำลาย
7. เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์เสริม เช่น หลอดเป่า เป็นต้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

โครงการนี้ได้มุ่งเน้นการออกแบบระบบในการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยกล้องอินฟราเรด ซึ่งระบบนี้จะประกอบไปด้วย 1) กล้องอินฟราเรดสำหรับบันทึกภาพ 2) ระบบการประมวลผลภาพเพื่อให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยระบบดังกล่าวจะใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) ซึ่งทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการ iOS

1.4 ประโยชน์ของการวิจัย

1. วิธีการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้กล้องอินฟราเรด จะช่วยป้องกันการสะสมของเชื้อโรคจากการเป่าเครื่องวัดแอลกอฮอล์ สร้างความมั่นใจให้แก่ผู้ขับขี่รถ อีกทั้งยังสะดวกต่อการพกพา
2. การใช้ Deep learning ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการประมวลผลภาพ ทำให้ลดระยะเวลาในการตรวจวัดให้มีการตอบสนองที่รวดเร็วกว่าและแม่นยำขึ้น
3. มีการเก็บข้อมูลของผู้ตรวจวัด มีการเก็บสถิติผู้ใช้งานเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการทำวิจัยต่อไป
4. ลดค่าใช้จ่ายในการซื้อหลอดเป่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินงานปริญญาโท

แผนการดำเนินงานปริญญาโทแสดงในตารางที่ 1.1

ที่	แผนการ	2561					2562			
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1	ศึกษาการทำงานของกล้องอินฟราเรด	■	■							
2	ศึกษาการเขียนแอปพลิเคชัน iOS โดยใช้ภาษา Swift	■	■							
3	ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยใช้ภาษา Python	■	■	■	■	■				
4	เก็บข้อมูลภาพจากกล้องอินฟราเรด ของอาสาสมัครเมื่อตี๋มเปียร์	■	■	■	■	■	■			
5	ศึกษาการทำ CNN (Convolution Neural Network)	■	■	■	■	■	■			
6	Train Model	■	■	■	■	■	■			
7	Test Model	■	■	■	■	■	■			
8	เขียนแอปพลิเคชัน iOS เพื่อทำนายรูปภาพ	■	■	■	■	■	■	■		
9	ทดสอบซอฟต์แวร์ครั้งที่ 1	■	■	■	■	■	■	■	■	
10	ปรับปรุงซอฟต์แวร์ครั้งที่ 1	■	■	■	■	■	■	■	■	
11	ทดสอบซอฟต์แวร์ครั้งที่ 2	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12	ปรับปรุงซอฟต์แวร์ครั้งที่ 2	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13	ทดลองใช้งาน	■	■	■	■	■	■	■	■	■
14	ทำรูปเล่มวิจัย	■	■	■	■	■	■	■	■	■

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงานปริญญาโท

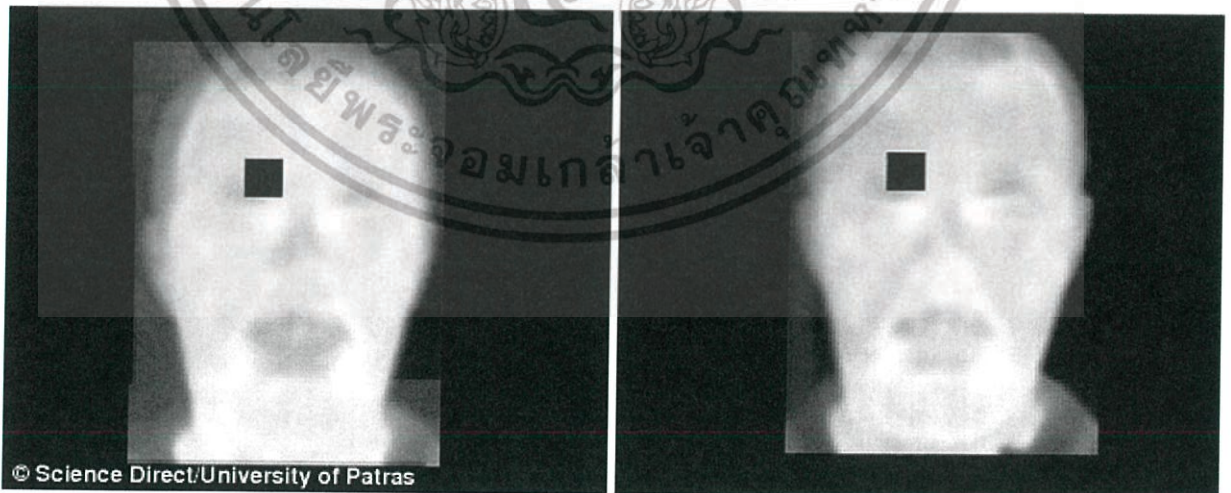
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุณหภูมิของใบหน้า

ภาพถ่ายอินฟราเรดของใบหน้า ประกอบไปด้วยข้อมูลที่บ่งบอกถึงอุณหภูมิของใบหน้า ซึ่งอุณหภูมินี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของแต่ละบุคคล จากกฎของ Wien ได้บอกไว้ว่า ใบหน้าของมนุษย์นั้นจะมีการปล่อยรังสีที่มีอุณหภูมิประมาณ 300 เคลวิน ออกมา และจะมีค่าการสะท้อนรังสี (Emissivity) อยู่ระหว่าง 0.98 และ 0.99 ซึ่งความยาวคลื่นมากที่สุดที่สามารถสะท้อนรังสีได้คือ $9.5 \mu\text{m}$ ซึ่งจากคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 7 ถึง $13 \mu\text{m}$ จึงทำให้ทราบข้อมูลต่างๆบนใบหน้าได้

จากงานวิจัยของ University of Patras พบวิธีการในการตรวจสอบคนที่มีการดื่มแอลกอฮอล์แบบใหม่ ซึ่งเป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของใบหน้า ในการตรวจสอบวิธีการแรก นั้นเป็นการตรวจสอบโดยใช้ pixels ในภาพ thermal ของใบหน้าเทียบกับระหว่างคนปกติกับคนที่ดื่มแอลกอฮอล์ เป็นสิ่งที่ใช้ในการตรวจสอบ ซึ่งพบว่าคนที่มีการดื่มแอลกอฮอล์จะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบริเวณหน้าผาก และจมูก และวิธีการที่สอง จะตรวจสอบด้วยการสังเกตเส้นเลือดบนใบหน้า ซึ่งจะมีการทำงานที่มากขึ้นเมื่อมีการดื่มแอลกอฮอล์



รูปที่ 1 แสดงภาพอินฟราเรดเมื่อก่อนดื่มแอลกอฮอล์ (รูปซ้าย) และหลังจากดื่มแอลกอฮอล์ (รูปขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีอินฟราเรด

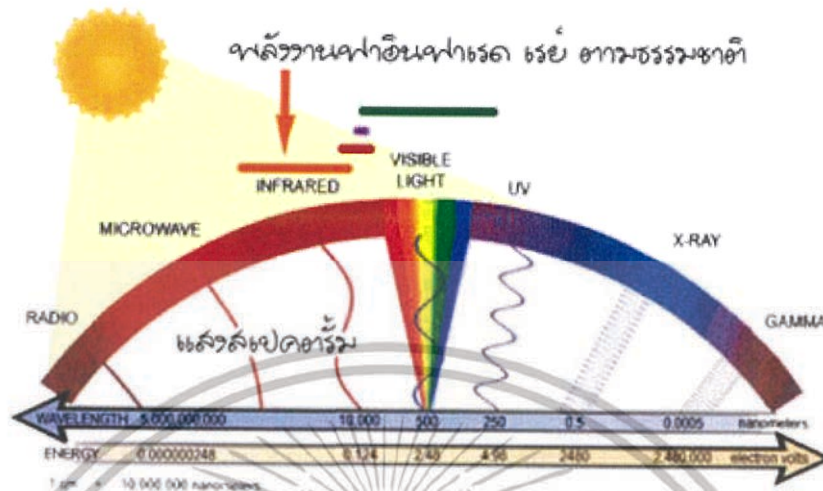
ในการวิจัยหรือค้นคว้าทางด้านฟิสิกส์ของแสงนั้นจะมีด้วยกัน 2 วิธีคือ ทฤษฎีควอนตัมและทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีคลื่น แต่ทฤษฎีควอนตัมไม่ได้เป็นที่ยอมรับกัน เนื่องจากว่าไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์การรบกวนและปรากฏการณ์ตีแฟรกชันได้อย่างชัดเจน สำหรับวิศวกรไฟฟ้าหรือช่างที่ได้เรียนวิศวกรรมแสงสว่าง ซึ่งส่วนใหญ่ได้มีการนำแสงในย่านที่สามารถมองมาประยุกต์ใช้มากกว่า ซึ่งบทความนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้แสงย่านอินฟราเรดมาใช้งาน



รูปที่ 2 ภาพถ่ายจากกล้องอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินฟราเรด คืออะไร



รูปที่ 3 รังสีอินฟราเรด

รังสีอินฟราเรด หรือ รังสีความร้อน เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งแผ่มาจากดวงอาทิตย์ รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์นั้นมีหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดนั้นมีความยาวคลื่นต่างกัน เช่น แสงที่ตามองเห็น (Visible light) มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 400 -700 นาโนเมตร, รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet radiation) มีความยาวคลื่น 1 - 400 นาโนเมตร, รังสีแกมมา (Gamma ray) มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 0.01 นาโนเมตร, รังสีเอ็กซ์ (X-ray) ความยาวคลื่น 0.01 - 1 นาโนเมตร เป็นต้น สำหรับรังสีอินฟราเรด มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร - 1 มิลลิเมตร เป็นคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่ของสีแดงลงมา มนุษย์จึงไม่สามารถมองเห็นรังสีอินฟราเรด แต่ก็รู้สึกถึงความร้อนได้ ส่วนสัตว์บางชนิด เช่น งูมีประสาทสัมผัสรังสีอินฟราเรดสามารถทราบตำแหน่งของเหยื่อได้ โดยการสัมผัสรังสีอินฟราเรดซึ่งแผ่ออกมาจากร่างกายของเหยื่อ เมื่อโลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ โลกจะแผ่รังสีสะท้อนกลับสู่บรรยากาศเรียกว่า รังสีโลก (Terrestrial radiation) ซึ่งเป็นรังสีอินฟราเรดในคลื่นยาว ซึ่งแตกต่างจากรังสีอินฟราเรดจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นช่วงคลื่นสั้น ตามปกติแล้วไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศจะมีปริมาณพอเหมาะและสามารถ ดูดซับพลังงานส่วนนี้ไว้ ทำให้ โลกเก็บความร้อนไว้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของคน สัตว์และพืช ในปัจจุบันมีการนำรังสีอินฟราเรดมาประยุกต์ใช้งานหลายอย่างด้วยกัน เช่น ใช้เป็นตัวกลางในการสื่อสารของอุปกรณ์ไร้สายหลายชนิดทั้งโทรศัพท์มือถือและ คอมพิวเตอร์ กล้องอินฟราเรดที่สามารถจับภาพได้แม้ในเวลากลางคืน ล่าสุดมีผลงานการวิจัยจาก University of Arizona

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงให้เห็นว่ารังสีหรือแสงอินฟราเรดนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้อีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจวิเคราะห์เซลล์มะเร็ง รวมไปถึงการวิเคราะห์สารปนเปื้อนในแหล่งต่าง ๆ



รูปที่ 4 ภาพถ่ายมนุษย์ในย่าน mid-infrared เป็นภาพที่เกิดจากรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจากคน

Infrared thermography / กล้องอินฟราเรด

กล้องอินฟราเรด (Infrared thermography) หรือกล้องถ่ายภาพอินฟราเรด หรือกล้องถ่ายภาพความร้อน (thermal image camera หรือ thermal imager หรือ TI - camera) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ผิวของวัตถุ ทำงานโดยอาศัยหลักการแผ่รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) ออกจากวัตถุ ซึ่งเป็นการวัดแบบไม่สัมผัสและไม่ทำลายวัตถุ และเป็นการวัดอุณหภูมิแบบพื้นที่ ส่วนประกอบสำคัญของกล้องถ่ายภาพความร้อน ประกอบด้วย เลนส์ (lens) ตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรด (Infrared detector) หรือเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด (Infrared sensor) วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic circuit) และส่วนแสดงผล (display)

หลักการทำงานมีดังนี้ ตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรด ทำหน้าที่รับรังสีอินฟราเรด (Infrared) ที่แผ่ออกจากวัตถุเป้าหมาย (Target) ผ่านเลนส์ของเครื่องมือวัด (Instrument) แล้วแปลงรังสีอินฟราเรดเหล่านี้ให้อยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้า โดยรังสีอินฟราเรดที่ตัวตรวจจับรับไปนั้นประกอบด้วยรังสีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุเป้าหมายแผ่ ออกมารวมกับรังสีที่แผ่จากวัตถุอื่นหรือจากสิ่งแวดล้อมสะท้อนออกจากผิวของ วัตถุเป้าหมาย (ตามทฤษฎีการแผ่รังสีความร้อน: Theory of thermal radiation) จากนั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่รับมาจากตัวตรวจจับและนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล ซึ่งอาจแสดงผลออกมาใน รูปแบบของตัวเลข สี หรือกราฟ หรือทั้ง 3 รูปแบบ

กล้องถ่ายภาพความร้อนประกอบด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดหลายตัว แต่ละตัวแสดงผลออกมา ในรูปแบบของสีที่แตกต่างกันตามอุณหภูมิของจุดนั้น ๆ โดยทั่วไป สีแดงแสดงผลของบริเวณที่มีอุณหภูมิ สูงและสีน้ำเงินแสดงผลของบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ หรือโทนสีสว่างแสดงผลของบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง และ โทนมืดแสดงผลของบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ผลของแต่ละจุดที่ได้จากเซนเซอร์แต่ละตัว เมื่อนำมารวมกัน จะประกอบขึ้นเป็นภาพ เรียกว่า "ภาพถ่ายความร้อน (Thermal image)" ซึ่งการแปลงรังสีอินฟราเรดที่ เซนเซอร์ตรวจจับได้ให้อยู่ในหน่วยของอุณหภูมิอาศัยกฎของ Planck (Planck's law) และ กฎของ Stefan-Boltzmann (Stefan-Boltzmann's law) ลักษณะการทำงานแสดงดังรูป



รูปที่ 5 ระบบการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการแผ่รังสีอินฟราเรดของวัตถุ

ความถูกต้อง (Accuracy) ของอุณหภูมิที่วัดได้จากกล้องถ่ายภาพความร้อนขึ้นอยู่กับ

- ชนิดและลักษณะพื้นผิวของวัตถุเป้าหมายหรือวัตถุที่ต้องการวัดอุณหภูมิ
- ระยะห่างระหว่างเครื่องมือวัดและวัตถุเป้าหมาย โดยค่าความคลาดเคลื่อน (Error) อาจเกิดจาก

การเคลื่อนที่ของรังสีผ่านตัวกลาง เช่น อากาศที่มี ไอน้ำ คาร์บอน ไดออกไซด์ หรือฝุ่นละอองกระจายอยู่ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ดูดซับพลังงานบางส่วนจากรังสีก่อนถึงตัวเครื่องมือวัด ทำให้พลังงานที่เซนเซอร์ (Sensor) ตรวจจับ ได้มีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่ทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อน

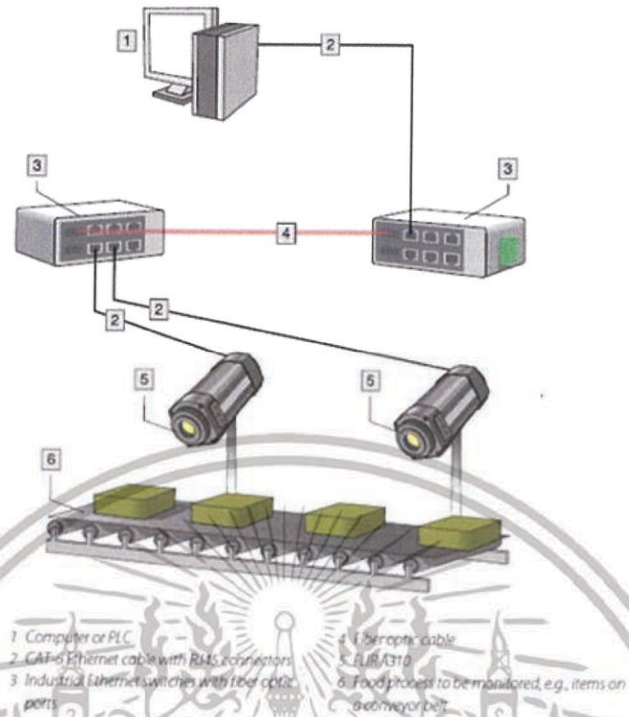
- พื้นที่การวัด หรือ ค่าขอบเขตการมองเห็นวัตถุ (Field of view : FOV) ของกล้องถ่ายภาพความร้อน

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานกล้องถ่ายภาพความร้อน



รูปที่ 6 การตรวจวัดผู้ที่สงสัยว่าจะเป็นโรคไข้หวัดนกและไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

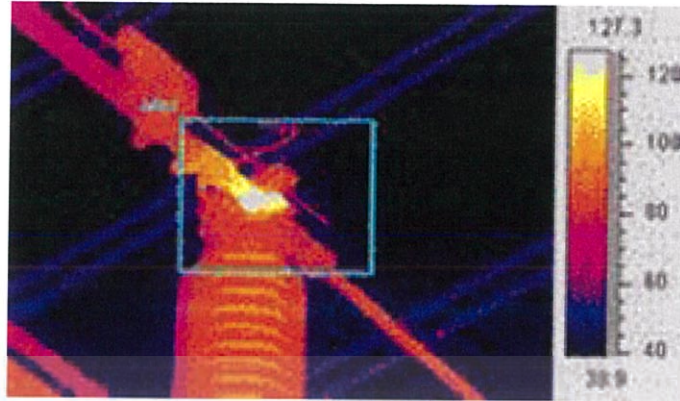


รูปที่ 7 การประยุกต์ใช้งานกล้องถ่ายภาพความร้อนในอุตสาหกรรมอาหาร



รูปที่ 8 การประยุกต์ใช้งานกล้องถ่ายภาพความร้อนในอุตสาหกรรมอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 การประยุกต์ใช้งานกล้องอินฟราเรดกับการตรวจสอบระบบไฟฟ้า



รูปที่ 10 การประยุกต์ใช้งานกล้องอินฟราเรดกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี



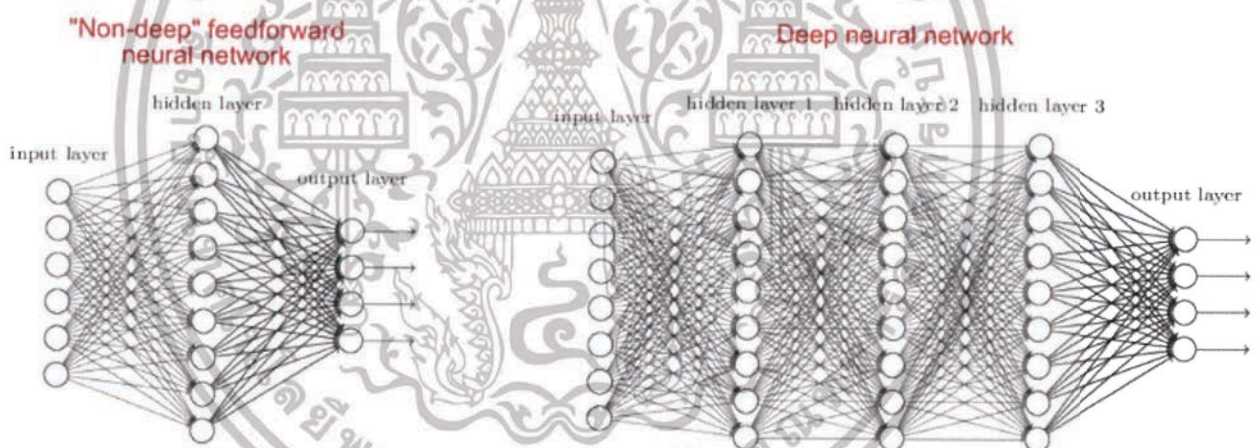
รูปที่ 11 การประยุกต์ใช้งานกล้องอินฟราเรดในงานเครื่องกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

Deep Learning คือชุดคำสั่ง (Algorithm) ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการเรียนรู้ของเครื่องจักรหรือเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยชุดคำสั่งนี้จะทำให้ตัวเครื่องจักรสามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก ด้วยการจำลองเครือข่ายประสาทแบบเดียวกับในสมองของมนุษย์ เป็นวิธีการหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่องที่พยายามเรียนรู้วิธีการแทนข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น รูปภาพหนึ่งสามารถแทนได้เป็นเวกเตอร์ของความสว่างต่อจุดพิกเซล หรือมองในระดับสูงขึ้นไป เป็นเซตของขอบของวัตถุต่างๆ หรือมองว่าเป็นพื้นที่ของรูปร่างใดๆก็ได้ การแทนความหมายดังกล่าวจะทำให้การเรียนรู้ที่จะทำงานต่างๆทำได้ง่ายขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเรียนรู้จดจำใบหน้าหรือการรู้จำการแสดงออกทางสีหน้า

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



รูปที่ 12 ความแตกต่างระหว่าง Non-deep และ Deep neural network

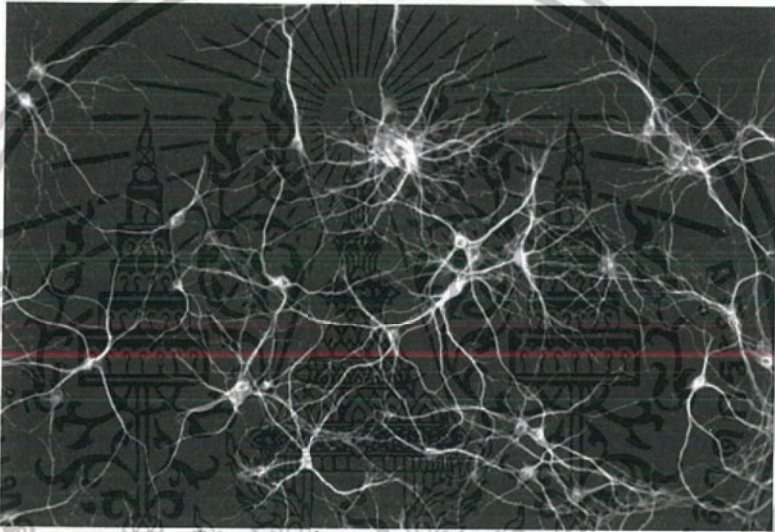
โดยโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neuron Networks) นั้นอาศัยแนวคิดและเทคนิคจากการทำงานของระบบโครงข่ายประสาทในระบบประสาทของมนุษย์ โดยจำลองการทำงานเหมือนกับกลุ่มเซลล์ประสาทที่เชื่อมโยงกันเป็นระบบประสาทที่สามารถรับรู้หลายๆ สิ่งในเวลาเดียวกัน ด้วยการประมวลผลแบบขนาน (Parallel Network) ทำให้ระบบสามารถตัดสินใจได้ใกล้เคียงกับมนุษย์

โดยหลักการของ Deep Learning ก็จะเป็น ANN ที่เป็นโหนดหลายๆชั้น และจะใช้การประมวลผลแบบขนาน (Parallel Processing) ทำให้สามารถประมวลผลได้ครั้งละจำนวนมาก ช่วยให้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียนรู้ของเครื่องสามารถให้ผลลัพธ์ในการตัดสินใจและคาดการณ์ได้ดีมากยิ่งขึ้น เปรียบได้กับการสร้างสัญญาณการมองเห็น ที่ประกอบไปด้วยหน่วยเซลล์ต่างๆ เช่น ในเรติน่าที่เป็นตัวรับและแปลสัญญาณแสงให้กลายเป็นสัญญาณประสาทหรือกระแสประสาท ซึ่งในเรติน่าจะประกอบไปด้วย เซลล์รูปแท่ง (Rod cell) และเซลล์รูปกรวย (Cone cell) เซลล์รูปแท่งทำงานในที่มืดมีแสงสลัวและทำให้เกิดการเป็นรูปตัวขาวดำ ส่วนเซลล์รูปกรวยแท่งทำให้เกิดการเห็นในช่วงกลางวันเป็นรูปสี เป็นต้น

หรือเรียกได้ว่าเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของ Machine Learning ที่เลียนแบบระบบเซลล์ประสาทในสมองของมนุษย์ (Neural Network) ดังนั้นความสามารถของมัน ในอนาคตอาจจะเหนือมนุษย์ เนื่องจากสามารถเพิ่มพลังประมวลผลได้ไม่จำกัด

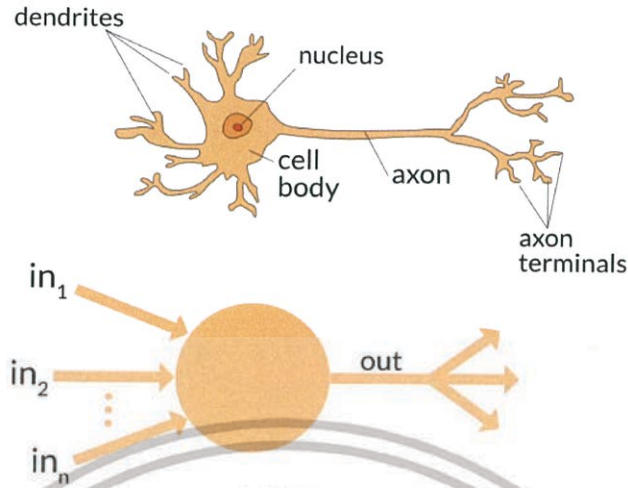


รูปที่ 13 การเชื่อมต่อกันของเซลล์ประสาท

ถ้าลองซูมเข้าไปที่เซลล์ประสาท แต่ละตัว จะสังเกตว่า มันเชื่อมต่อกับเส้นประสาทหลายๆเส้น

ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

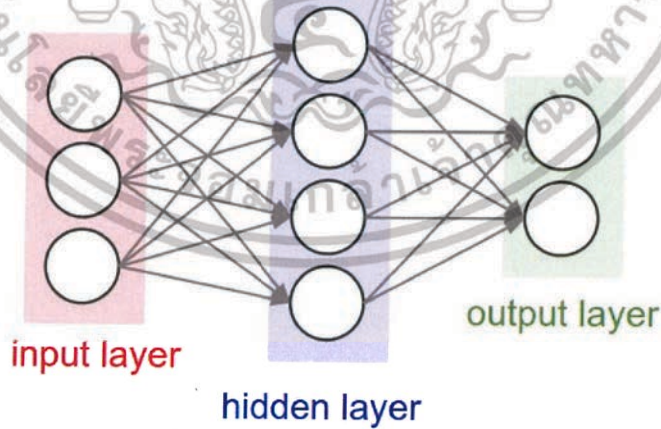


รูปที่ 14 การเชื่อมต่อของเซลล์ประสาท

สามารถจำลองมันขึ้นมาได้ โดยมี เส้นประสาทและเซลล์ประสาท (Node) ออกมาเป็น Artificial Neural Network (ANN) ลองคิดภาพการทำงานของดวงตาและสมอง “เมื่อดวงตาเห็นรูปน้องหมา รูปน้องหมาถูกนำไปประมวลผล (ซึ่งประมวลอย่างไรไม่รู้) และได้คำตอบว่า นี่คือน้องหมา”

ถ้าสร้าง ANN จำลองจุดนี้ จะได้ 3 ส่วน

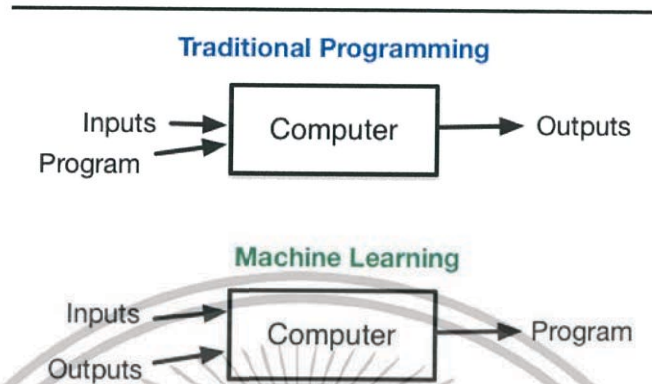
- สิ่งที่เราเห็นก็คือ input— ข้อมูลที่รับ ในที่นี้ก็คือ น้องหมาที่เห็น
- สิ่งในระบบเซลล์ประสาทในสมองประมวลผล เทียบได้กับ hidden layer
- สิ่งที่สมองตอบหลังประมวลผลว่านี่คือน้องหมา คือ output layer— ผลลัพธ์



รูปที่ 15 Artificial Neural Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น มองคนเปรียบได้ดัง Hidden Layer เชื่อมต่อระหว่าง input และ output จึงสามารถ จำลองมันขึ้นมาได้ด้วยหลักการของ Machine Learning



รูปที่ 16 Traditional Programming & Machine learning

โดยปกติแล้ว จะเขียนโปรแกรมเพื่อให้ รับ input เข้าไปแล้วได้คำตอบ output

$$\text{input} + \text{programming} = \text{output}$$

แต่หลักการของ Machine Learning คือ การใส่ Input และ Output เข้าไปเพื่อให้ได้โปรแกรม ไม่ได้ใส่โปรแกรมเข้าไปให้มันบอกคำตอบ เหมือนกลับข้างสมการ

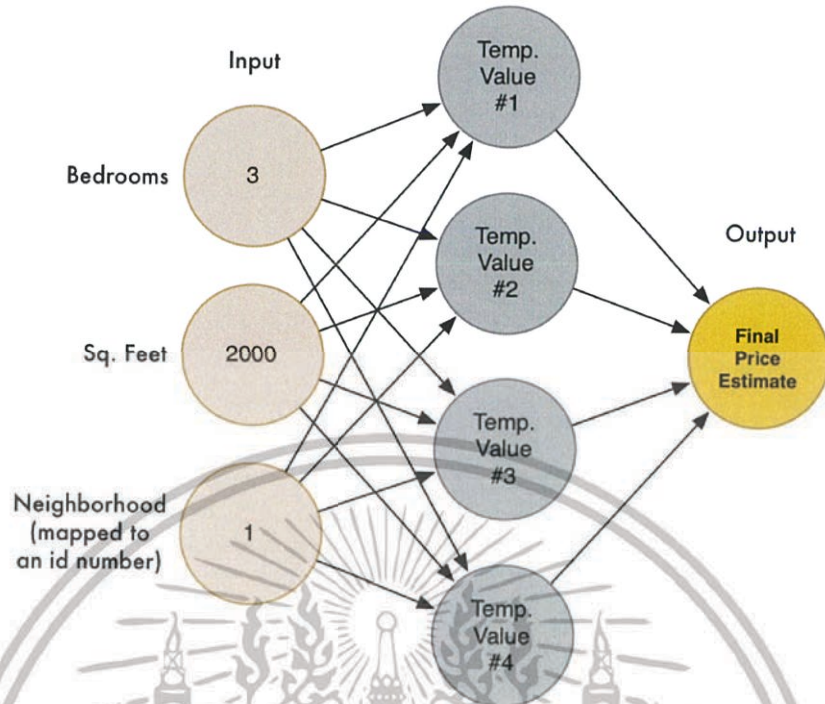
$$\text{input} + \text{output} = \text{programming}$$

เมื่อใส่ input output เข้าไปแล้ว โมเดลก็เป็นการคิดกลั่นั่นเองว่า ทำอย่างไรให้ได้คำตอบนี้

“ดังนั้น เราก็ไม่จำเป็นต้องรู้ว่าสมองทำงานอย่างไร เรามัวมันขึ้นมามีหลักการ”

เพียงแค่ จำลองมันขึ้น ตาม concept ที่กล่าวไปด้านบน ใส่ Input และ Output เข้าไป โมเดล จะถูกทดลอง Trial and Error หาตัวเลขที่เหมาะสมสำหรับแต่ละ Node และความสัมพันธ์ของแต่ละ Node ไปเรื่อยๆ ให้มันคุณหาบวกลบกัน โดยฝั่งสมการไว้ในแต่ละวงกลม รูปที่ 17 จะเห็นภาพมากขึ้นว่า วงกลมชั้น Hidden Layer รับข้อมูลจาก Input มาคำนวณได้ค่าค่าหนึ่ง แล้วเก็บไว้เป็น Temp. Value ก่อนจะถูกส่งไปคิดออกมาเป็นคำตอบอีกที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



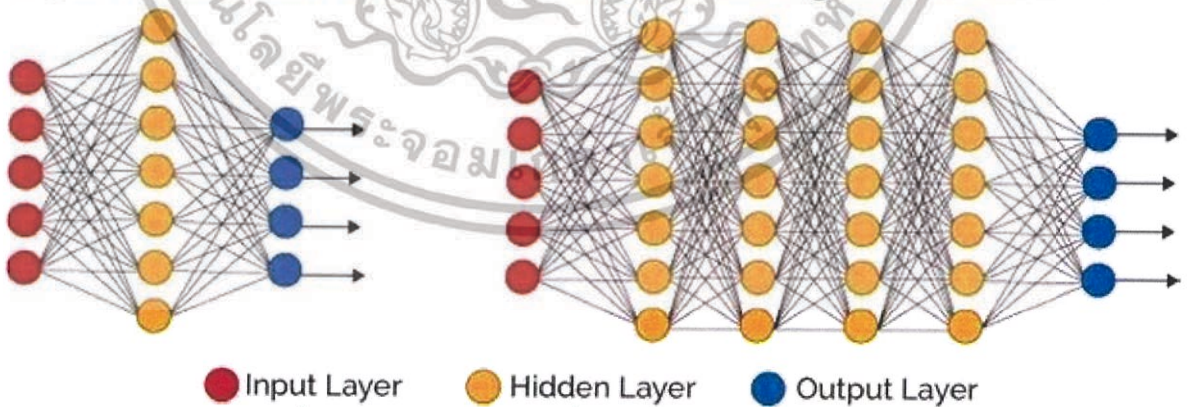
รูปที่ 17 ตัวอย่างของ Deep Learning

แต่ในชีวิตจริง สมอลคนซับซ้อนกว่านี้มาก ดังนั้นจะต้องเพิ่ม Hidden Layer เข้าไปเรื่อยๆ ให้มันคิดต่อกันไปเรื่อยๆ เรียกว่า Deep Learning

Deep Learning คือ ANN ที่มี Hidden Layer หลายชั้นนั่นเอง เพื่อความสามารถในการคิดที่มากกว่าปกติ และสะท้อนสมอลคนได้ดีขึ้น

Simple Neural Network

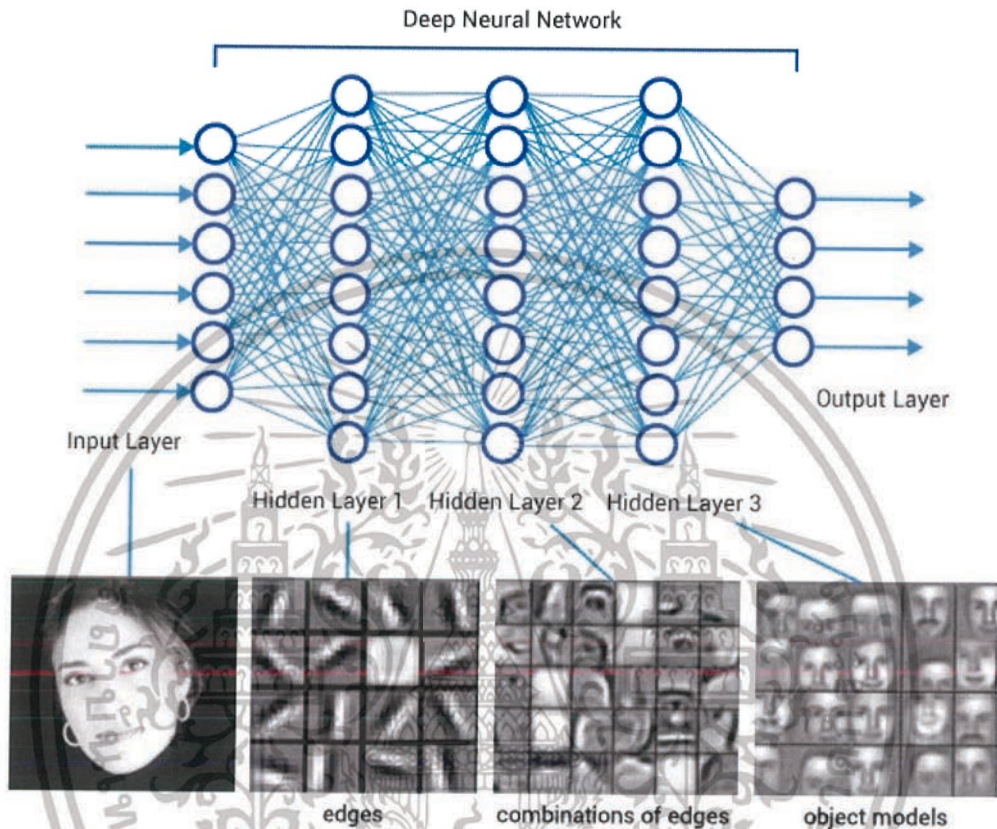
Deep Learning Neural Network



รูปที่ 18 Deep Learning เมื่อมีหลาย Hidden Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Deep Learning มีหลาย Hidden Layer ทำให้มันสามารถคำนวณอะไรที่ซับซ้อนได้เยอะมาก และยังสามารถใช้เทคนิคต่างๆได้มากขึ้นด้วย ที่สำคัญที่สุดคือ มันค่อยๆ คิดอย่างเป็นขั้นเป็นตอนได้ ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 การทำงานของ Deep Learning

ข้อดีของ Deep Learning

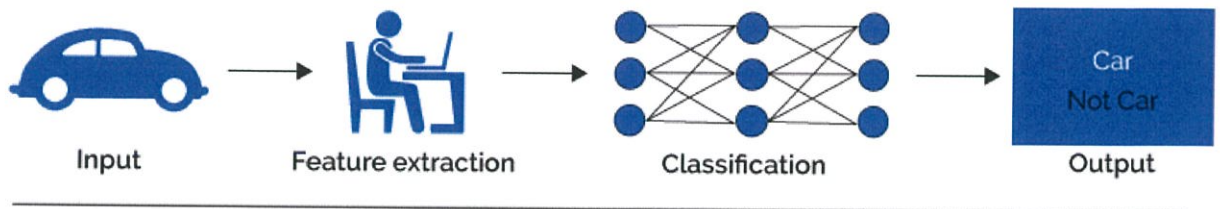
ที่เหนือกว่า Machine Learning ทั่วไปนั้น จะชัดเจนมากกับ Data ที่เยอะมากๆ เพราะเครือข่ายสมองกลนี้เป็นคนประเมินเองว่าจะเลือกใช้ data ตัวไหนบ้าง

ข้อเสียของ Deep Learning

1. ความสามารถในการประมวลผลยังจำลองได้ไม่เหมือนสมองมนุษย์ 100 %
2. ในด้านข้อมูลยังมีความผิดพลาดสูงอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Machine Learning



Deep Learning



รูปที่ 20 ความแตกต่างระหว่าง Deep Learning และ Machine Learning

ประโยชน์ของ Deep Learning

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

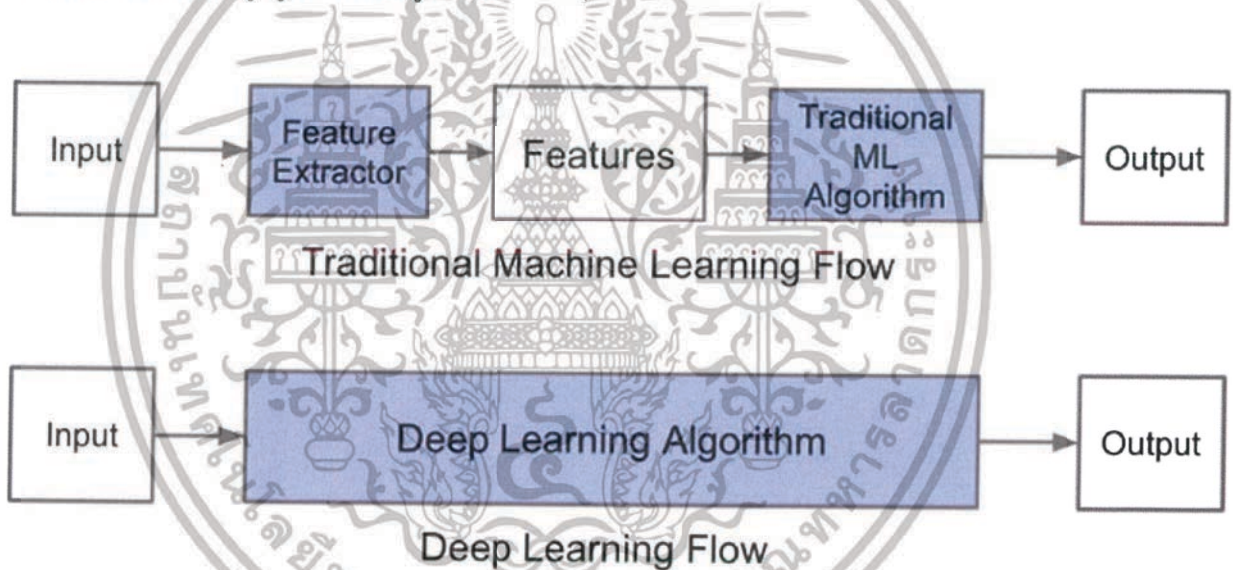
- การแยกคน : เป็นการแยกแยะใบหน้าของแต่ละคน เช่น การติดแท็กใน Google+ และ Facebook
- การแยกวัตถุที่ไม่ใช่คน : เป็นการแยกแยะสิ่งมีชีวิต เช่น แยกแมวออกจากสุนัข การแยกสิ่งไม่มีชีวิต เช่น แยกโต๊ะออกจากเก้าอี้
- แยกเสียง : เป็นการแยกแยะสำเนียงภาษาพูดให้เป็นภาษาเขียนและแปลภาษา
- แยกการแต่งกาย : เป็นการแยกได้ว่าใครแต่งตัวในสไตล์เดียวกันบ้าง แล้วเสนอข้อมูลว่ามีเสื้อผ้าแนวไหนอยู่ที่บ้าน

ข้อแตกต่างของ Traditional Machine Learning กับ Deep Learning

กระบวนการของ Machine Learning เมื่อป้อน Input เข้าไป โปรแกรมจะทำการสกัด (Extract) ข้อมูลต่าง ๆ ออกมาจากข้อมูลที่ทำการ Input เข้าไป เพื่อให้โปรแกรมสามารถนำข้อมูลไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไปซึ่งก็คือขั้นตอนการสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction) โดยขั้นตอนนี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ได้คุณลักษณะเด่นของข้อมูล input และลดทรัพยากรของข้อมูล input เพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผลต่อไป หลังจากขั้นตอน Feature Extraction ประมวลผลเสร็จเรียบร้อยแล้วชุด Model ของข้อมูลที่ input เข้ามาใหม่ โดยข้อมูลชุดนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลเดิมที่มีอยู่ เพื่อทำการจัดแยกกลุ่มของข้อมูลและนำข้อมูลไปจัดเก็บสำหรับใช้ทำนายหรือตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลชุดต่อไป 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

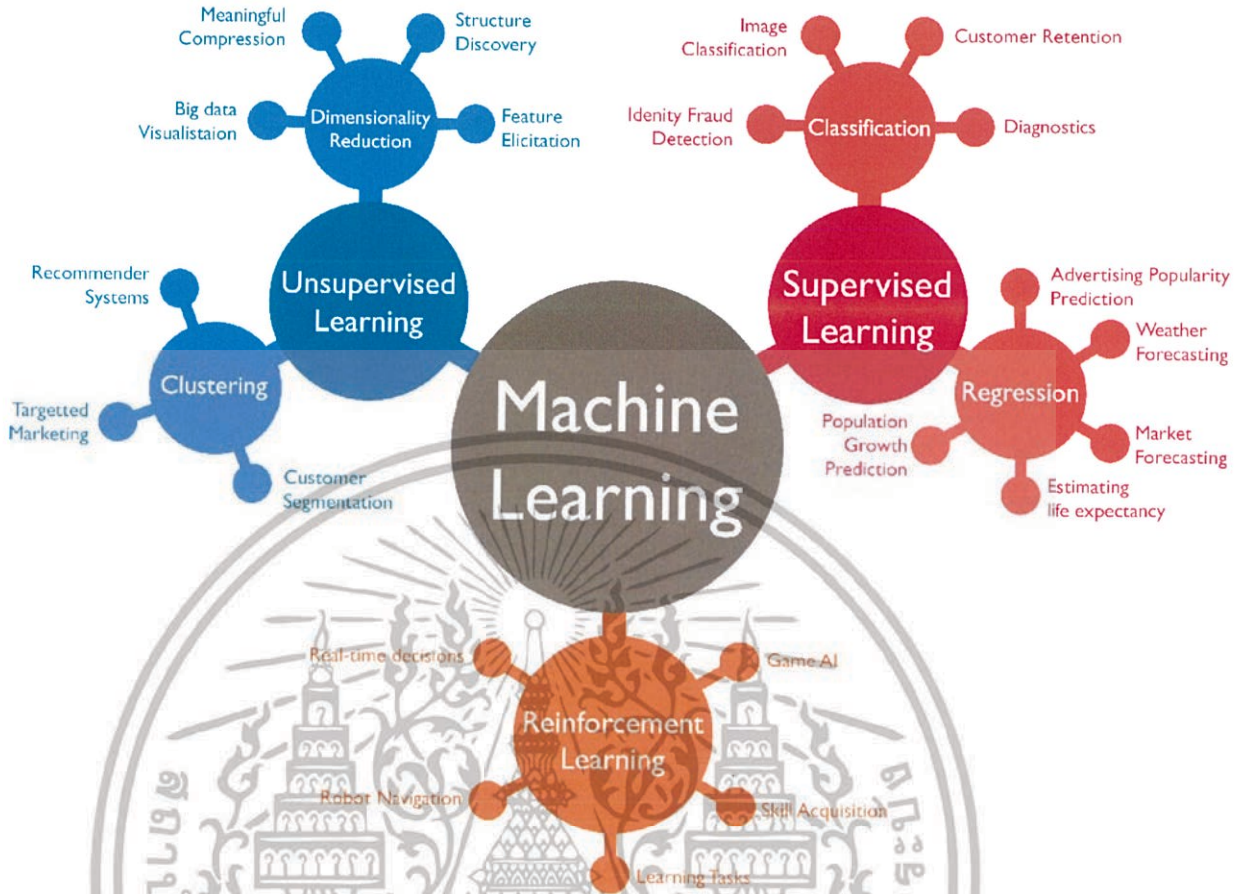


รูปที่ 21 ข้อแตกต่างของ Traditional Machine Learning กับ Deep Learning

ประเภทของ Machine Learning

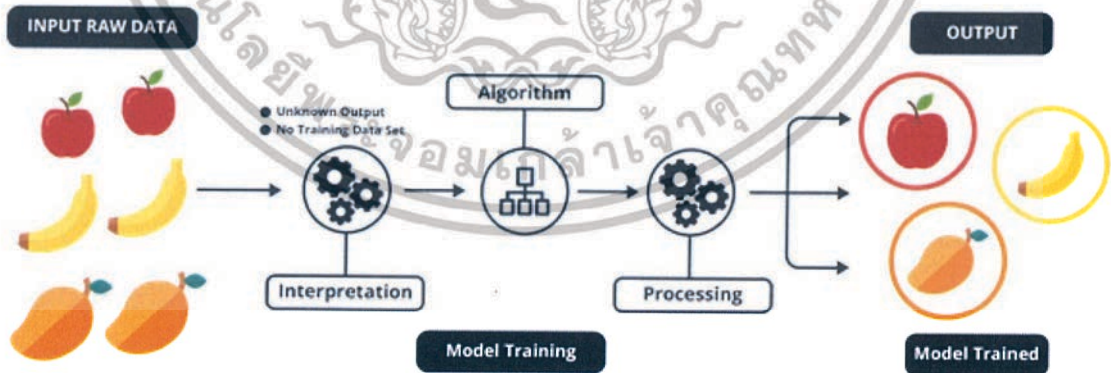
สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆคือ supervised learning , unsupervised learning และ reinforcement learning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22 ประเภทของ Machine Learning

1) Supervised learning เรียนรู้โดยมี data มาสอน



รูปที่ 23 การทำงานของ Supervised learning

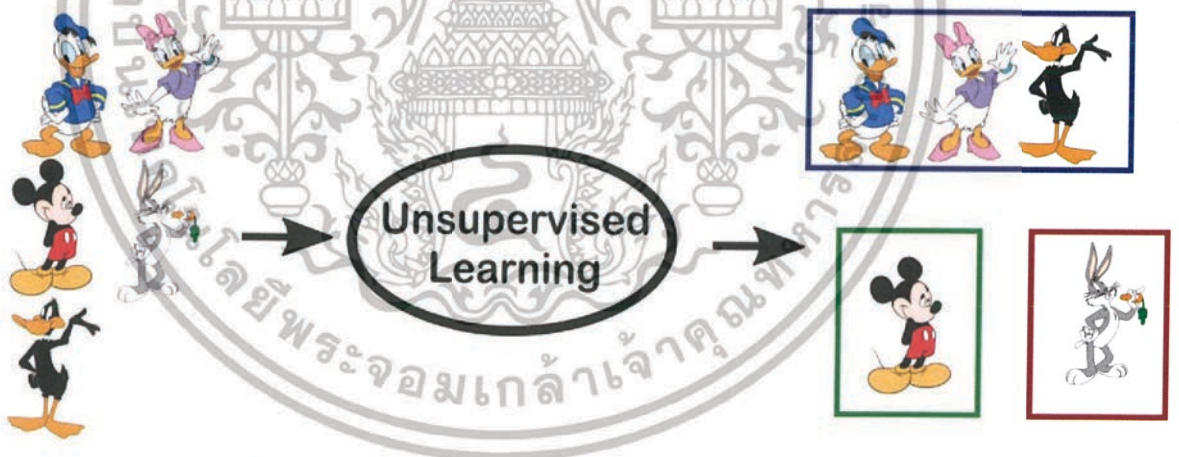
supervised learning เป็นกลุ่มของ algorithm ที่เน้นสอน computer โดยการศึกษาจากข้อมูล ตัวอย่าง เช่น ต้องการให้ computer แยกภาพหมาออกจากภาพสัตว์ชนิดอื่น ๆ ต้องมีข้อมูลภาพตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของหมาป้อนให้ computer รู้ว่าถ้ารูปภาพมีลักษณะดังนี้แสดงว่าเป็นภาพหมา หรือ ถ้าต้องการให้ computer ประมวลผลว่าคนที่มาขอสินเชื่อควรได้รับการอนุมัติหรือไม่ ต้องทำการหากลุ่มตัวอย่างเพื่อมาสอน computer ว่าคนที่มีลักษณะแบบนี้ มีประวัติการเงินแบบนี้ ควรอนุมัติหรือถ้ามีประวัติการเงินแบบนี้ ไม่ควรอนุมัติ สรุปคือมีรูปแบบการประเมินชัดเจนว่าถ้าทำงานแล้วผลลัพธ์ได้แบบนี้คือถูกหรือผิด อ้างอิงจากตัวอย่างที่ได้ทำการสอนไป ซึ่งจะเรียกผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ใช้ในการสอนว่า label

โดยส่วนใหญ่ในการใช้ supervised learning ในชีวิตจริงมักถูกนำไปใช้แทนการทำงานแบบ rule base คือมีกฎหรือรูปแบบการทำงานที่ตายตัวหรือสามารถอธิบายเหตุผลออกมาได้อย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่นในกรณีการขอสินเชื่อ โดยปกติแล้วแต่ละธนาคารจะมีข้อกำหนดหลักๆ ในการพิจารณาอยู่แล้วว่าถ้ามีประวัติการเงินแบบนี้ อายุประมาณนี้ เงินเดือนแบบนี้ จะสามารถปล่อยสินเชื่อในวงเงินได้ไม่เกินเท่าไร จริงๆถ้ามองดีๆจะพบว่าได้มีการใช้ supervised learning กันมาอย่างยาวนาน อย่างเวลาเด็กจบใหม่เข้าทำงานที่สาขาของธนาคารในส่วนงานที่เป็นงานลักษณะ rule base พนักงานธนาคารหน้าเคาน์เตอร์ พวกที่ทำงานมาก่อนหรือ senior ก็จะต้องมาอธิบายหรือสอนว่าถ้ามีลูกค้ามายื่นคำร้องว่าจะฝากเงินหรือถอนเงินจะต้องทำขั้นตอนตามนี้ 1 2 3 ตามนี้ถ้ากรอกข้อมูลแล้วได้ผลลัพธ์แบบนี้ถือว่าการฝากหรือถอนนั้นเสร็จสมบูรณ์ นี่ก็คือตัวอย่างหนึ่งของการทำงานแบบ supervised learning จากคนสู่คน

2) Unsupervised learning เรียนรู้โดยไม่มี data สอน



รูปที่ 24 แสดงการทำงานของ Unsupervised learning

unsupervised learning เป็นกลุ่ม algorithm ที่ไม่มี label หรือการสอนอย่างชัดเจนว่าถ้าทำงานแล้วได้ผลลัพธ์แบบนี้หมายถึงถูกหรือผิด ตัวอย่างเช่น ถ้ามีคน 100 คนในห้องแล้วทำการแบ่งกลุ่ม 100 คนนั้นเป็น 2 กลุ่ม ในกรณีนี้ไม่มีกฎชัดเจนว่าต้องแบ่งตามเพศ, อายุ, สีเสื้อหรืออื่นๆ แค่แบ่งออกมาให้ได้ 2 กลุ่มซึ่งอาจจะแบ่งว่าใครอยู่กลุ่มห้องส่วนหน้าคือกลุ่ม 1 ส่วนใครอยู่ครึ่งห้องหลังคือกลุ่ม 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีก 1 ตัวอย่างของ algorithm ในกลุ่ม unsupervised learning คือการลดรูปตัวแปร ตัวอย่างเช่นมีข้อมูลของการเข้าใช้งาน website ของ user แบ่งตามชั่วโมงการเข้าใช้งานในรูปแบบ tabular ดังนี้

	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00
1	0	1	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	2	0	0	0	0
3	0	0	0	3	0	5	0	0
4	0	2	0	4	0	0	0	0
5	0	0	2	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	2	0	0
7	0	4	0	0	2	0	0	0
8	0	0	4	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	2	0	0
10	0	0	1	0	0	0	5	0
11	0	2	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	5	0	0	0
13	3	0	0	0	0	0	5	0
14	0	3	2	0	0	0	0	0
15	0	0	3	0	3	3	3	0

รูปที่ 25 ตัวอย่างช่วงเวลาการเข้าใช้งานของ user แบ่งตามชั่วโมง

ถ้าต้องการ plot ข้อมูลดังกล่าวในรูปแบบของ scatter plot จำเป็นต้องลดตัวแปรจาก 24 ตัว (ตามหลายชั่วโมง 00:00–23:00) ให้เหลือแค่ 2 ตัวแปรคือแกน x กับ y เพื่อใช้งานการ plot ผลที่ได้ก็จะออกมาตามดังนี้

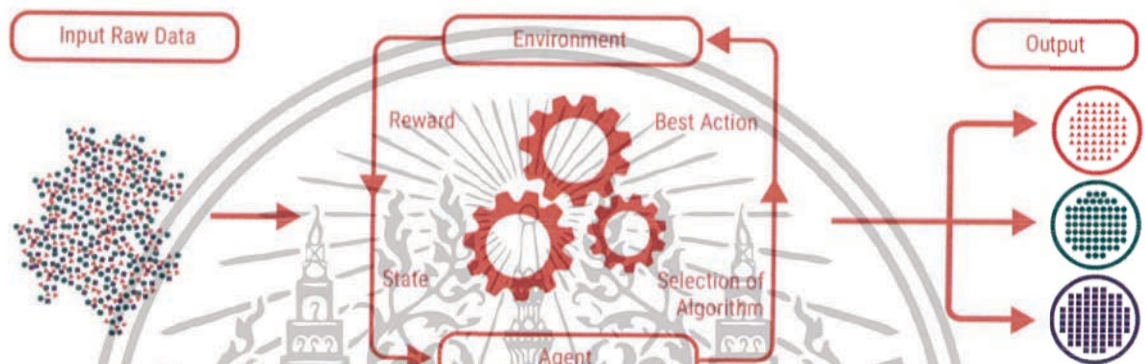
	x	y
1	5	37
2	-21	-6
3	45	-37
4	-15	-45
5	34	-3
6	-19	-39
7	-9	30
8	26	-9
9	1	-38
10	50	-10
11	-45	-38
12	39	43
13	-44	-46
14	-23	-24
15	46	8

รูปที่ 26 ตัวอย่างหลังจากลดตัวแปร (เป็นรูปจำลองที่ไม่ผ่านการประมวลผลจริง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าการทำงานแบบ unsupervised learning จะเป็นการทำงานแบบไม่มี label หรือ กฎที่ตายตัว จากตัวอย่าง 2 ตัวอย่างข้างต้นจะเห็นว่าทั้งการแบ่งคนในห้องเป็น 2 กลุ่มหรือการลดรูป ข้อมูลจาก 24 columns มาเป็น 2 columns เกิดจากการกำหนดตัวเลขขึ้นมาเองตามที่คุณสร้างเห็นว่า เหมาะสมทั้งสิ้น

3) Reinforcement learning เรียนรู้ตามสภาพแวดล้อม



รูปที่ 27 แสดงการทำงานของ Reinforcement learning

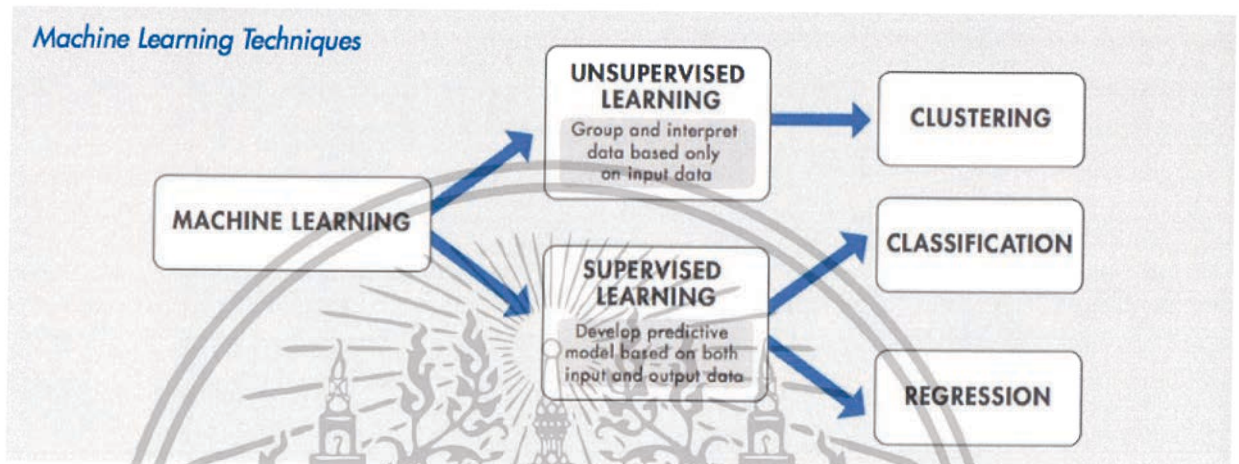
Reinforcement learning เป็นกลุ่ม algorithm ที่มีรูปแบบที่ซับซ้อนกว่า 2 แบบแรกมาก โดยหลักของ Reinforcement learning จะเป็นรูปแบบของการประมวลผล action ในทุก ๆ การเคลื่อนไหวของ computer อย่างเช่น Alphago ที่มีการคำนวณทางเลือกในแต่ละครั้งที่เดินหมาก base จากข้อมูลที่เคยเรียนรู้มา หรือ การทำงานของ robot ที่ประมวลผลเลือกกระทำ action จากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป

ตามหลักของ Reinforcement learning จะมีการ set goal หรือ reward ของ computer เอาไว้ว่าต้องการจะให้ computer ตัวนี้ทำงานอะไรหรือแต่ละ action มีค่า reward เท่าไร จากนั้นก็ทำการให้มันเรียนรู้ตามสภาพแวดล้อมซึ่งอาจจะมาจาก sensor หรือ input ในรูปแบบต่างๆว่า ถ้าเกิด input เข้ามาแบบนี้แล้วเลือก action แบบนี้จะทำให้เข้าใกล้ goal หรือได้รับ reward เป็นค่าเท่าไร เพื่อหา base choice ของ action ตามสถานะการนั้นๆ

ตัวอย่างง่ายๆในชีวิตประจำวันที่น่าจะใกล้เคียงกับการทำงานของ reinforcement learning คือ ให้นึกภาพว่าเดินเข้าห้องในบ้านตอนกลางคืนที่มีดสนิทเพื่อเดินไปเปิดไฟ โดยเปรียบเทียบการเปิดไฟเป็น goal ส่วนมือและขาเป็น sensor เพื่อรับ input จากสิ่งที่อยู่รอบตัวที่เดินก้าวเข้าไปในห้อง ทุกๆก้าวที่เดินเข้า

ไปมือและขาจะสัมผัสสิ่งต่างๆในห้องเพื่อให้รู้ว่าเดินถูกทางที่นำไปยัง switch ไฟแล้วหรือไม่ จากนั้นก็ประมวลผล action ในก้าวถัดไปว่าควรเดินต่อหรือเปลี่ยนทิศทาง

Supervised Vs Unsupervised Learning



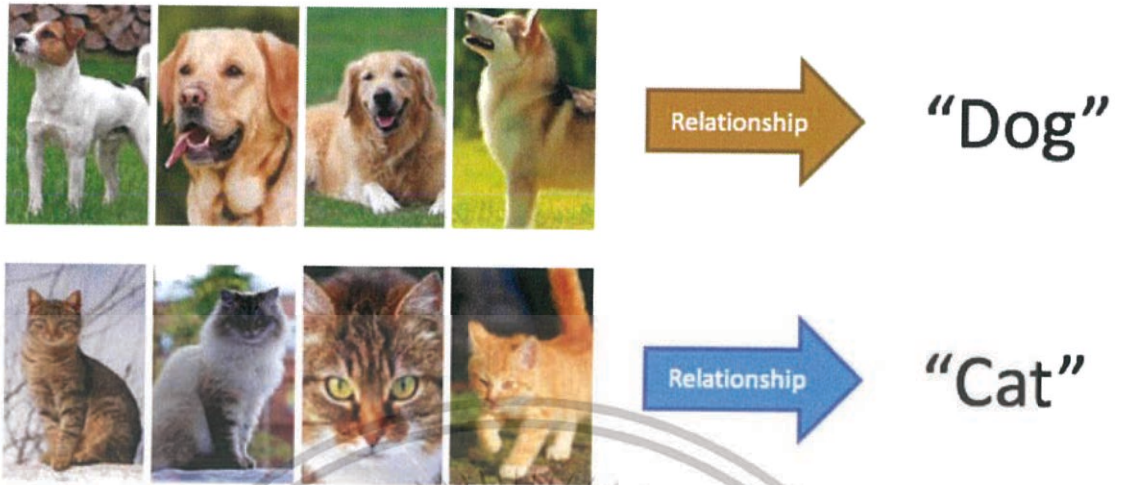
รูปที่ 28 Machine Learning Techniques

โดยปกติแล้วการเรียนรู้ของเครื่องจะถูกแบ่งออกเป็น 2 การเรียนรู้ยอดนิยม ได้แก่

1. การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)

เป็นการเรียนรู้ของเครื่องที่พูดได้ว่าเป็นการเรียนรู้แบบจับมือสอน เพราะต้องเอาความรู้ที่มีทั้งคำถามและคำตอบ ให้เครื่องหาความสัมพันธ์ระหว่างคำถามและคำตอบ ยกตัวอย่างเช่น สอนเครื่องให้รู้จักหมากับแมว จะทำการสอนด้วยชุดข้อมูลสอน (Training Data) โดยมีรูปหมา 4 รูป และรูปแมว 4 รูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 29 Training Data ของหมากับแมว

การสอนก็จะเอารูปที่เป็นคำถาม และคำตอบที่บอกว่าเป็นหมาหรือแมว
เริ่มสอน

รูปที่ 1 นี่เป็นหมา เครื่องก็จะตอบว่า OK

รูปที่ 2 นี่เป็นหมา เครื่องก็จะตอบว่า OK

รูปที่ 3 นี่เป็นหมา เครื่องก็จะตอบว่า OK

รูปที่ 4 นี่เป็นหมา เครื่องก็จะตอบว่า OK

รูปที่ 5 นี่เป็นแมว เครื่องก็จะตอบว่า OK

รูปที่ 6 นี่เป็นแมว เครื่องก็จะตอบว่า OK

รูปที่ 7 นี่เป็นแมว เครื่องก็จะตอบว่า OK

รูปที่ 8 นี่เป็นแมว เครื่องก็จะตอบว่า OK

ในระหว่างที่สอนเครื่อง เครื่องก็การหาความสัมพันธ์ระหว่างคำถามกับคำตอบ ซึ่งในการเรียนรู้
ต้องบอกเครื่องด้วยว่าจะให้เรียนจากคุณลักษณะใดบ้างของรูป เช่น ขนาดของจมูกและปากของสัตว์สอง
ชนิดนี้ จากคุณลักษณะ 2 ตัวนี้ เครื่องก็จะรู้ความสัมพันธ์ระหว่าง คำถามกับคำตอบว่า สัตว์ที่มีจมูกและ
ปากใหญ่คือหมา สัตว์ที่มีจมูกและปากเล็กคือแมว

ดังนั้นเมื่อนำการเรียนรู้ของเครื่องที่ได้ ไปใช้งานโดยการป้อนภาพที่ไม่ได้อยู่ใน Training Data
เครื่องก็จะตอบคำถามได้ เพราะดูจากความสัมพันธ์ของคุณลักษณะของสัตว์สองชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียนรู้แบบ Supervised learning นั้นจะถูกแบ่งออกเป็น “regression” และ “classification”

Regression problem เป็นการพยายามที่จะทำนายค่าตอบที่เป็น continuous output หรือค่าตอบที่ต่อเนื่องกัน เช่นทำนายราคาบ้านในอนาคต จากทำเล ขนาดบ้าน เป็นตัวเลขออกมาเป็น 1 ล้าน 2 ล้าน 3 ล้านก็ว่าไป

ส่วน Classification problem เป็นการพยายามที่จะทำนายค่าตอบที่เป็น discrete output หรือค่าตอบที่ไม่ต่อเนื่องกันเช่น ตอบคำถามว่าเป็นหมาหรือแมวดังตัวอย่างข้างบนที่ได้ยกตัวอย่างไป

ตัวอย่างที่ 1 : สมมุติว่ามีข้อมูลจริงของขนาดบ้านจากตลาดอสังหาริมทรัพย์ ต้องการที่จะทำนายราคาของบ้านเหล่านี้ โดยราคาเป็นฟังก์ชันของขนาดบ้าน ผลลัพธ์ที่ได้เป็นตัวเลขที่วิ่งตามขนาดของบ้าน ดังนั้นนี่จึงเป็น Regression Problem แต่ก็สามารถทำให้ตัวอย่างนี้เป็น Classification problem ได้ด้วยการตั้งคำถามใหม่ โดยต้องการทำนายว่า “จะขายได้มากหรือน้อยของราคาที่ถูกถาม”

ตัวอย่างที่ 2 :

(a) Regression เช่นให้รูปภาพบุคคล เพื่อให้เครื่องทำนายอายุของบุคคลในภาพ

(b) Classification เช่นให้ลักษณะเนื้องอกของผู้ป่วย เพื่อให้เครื่องทำนายว่าเป็นเนื้องอกที่เป็นมะเร็งหรือไม่

2. การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)



รูปที่ 30 Unsupervised Learning & Supervised Learning

การเรียนรู้แบบ Unsupervised Learning นี้จะตรงกันข้ามกับ Supervised Learning ก็คือเครื่องสามารถเรียนรู้ได้โดยไม่มีการสอน (ไม่มีคำตอบให้) มีเพียงชุดข้อมูลที่ประกอบไปด้วยคุณลักษณะเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังภาพด้านบนจะเห็นว่า Supervised Learning มีข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute หรือบางที่เรียก Feature) 2 ตัวได้แก่ X1 และ X2 และมีคำตอบ (Target Attribute หรือบางที่เรียก Label) เป็น O กับ X จากตัวอย่างข้างบนที่เป็นเรื่องแยกหมากกับแมวจะเห็นว่า X1 เป็นขนาดจุก X2 เป็นขนาดของปาก และ Target Attribute O เป็นแมวเพราะมีขนาดจุกและปากเล็ก และ Target Attribute X ก็คือหมานั้นเอง

ส่วนภาพด้านขวาที่เป็น Unsupervised Learning นั้นจะ Attributes เหมือนกันกับ Supervised Learning เลยแต่ไม่มี Target Attribute คำตอบที่ได้จากการเรียนรู้แบบนี้คือลักษณะโครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล เช่นถ้าเอาข้อมูลตัวอย่างภาพหมากกับแมวที่มีแค่ Attribute ขนาดของปากและขนาดของจุก แต่ไม่ได้บอกว่าเป็นภาพไหนคือหมาหรือแมว Unsupervised Learning ก็จะทำให้คำตอบได้เช่นกัน แต่จะเป็นคำตอบที่บอกว่า มีกลุ่มข้อมูลอยู่ 2 กลุ่ม กลุ่มแรก ปากและจุกใหญ่ กลุ่มที่สองปากและจุกเล็ก

2.4 ระบบปฏิบัติการ iOS

ระบบปฏิบัติการไอโอเอส (iOS) มีชื่อเดิมว่า iPhone OS เริ่มต้นด้วยการเปิดตัวของ iPhone เมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2550 ระบบปฏิบัติการไอโอเอส (iOS) เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับสมาร์ทโฟน (Smartphone) ของแอปเปิล โดยเริ่มต้นพัฒนาสำหรับใช้ในโทรศัพท์ iPhone และได้พัฒนาต่อใช้สำหรับ iPod Touch และ iPad โดยระบบปฏิบัติการนี้สามารถเชื่อมต่อไปยัง AppStore สำหรับการเข้าถึงถึงแอปพลิเคชัน (Application) มากกว่า 300,000 ตัว ซึ่งมีการดาวน์โหลดไปมากกว่าห้าพันล้านครั้ง แอปเปิลได้มีการพัฒนาปรับปรุงสำหรับ iPhone, iPad และ iPod Touch ผ่านทางระบบ iTunes คือโปรแกรมฟรี สำหรับ Mac และ PC ใช้ดูหนังฟังเพลงบนคอมพิวเตอร์ รวมทั้งจัดระเบียบและ sync ทุกๆ อย่าง และเป็นร้านขายความบันเทิงบนคอมพิวเตอร์, บน iPod touch, iPhone และ iPad ที่มีทุกอย่างสำหรับคุณ ในทุกที่และทุกเวลา พัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยให้มีความเป็นเลิศ ซึ่งนี่คือข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับคู่แข่ง

เปรียบเทียบการใช้งานระหว่างระบบปฏิบัติการ iOS กับ Android

iOS เป็นระบบปฏิบัติการที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Apple ซึ่งใช้ในผลิตภัณฑ์ของบริษัท Apple เป็นผู้ผลิต อุปกรณ์สื่อสารภายใต้ยี่ห้อ Apple เช่น iPod, iPad และ iPhone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 31 สัญลักษณ์ของระบบปฏิบัติการ iOS

ข้อดี คือ มี Application หลากหลาย มีบริการ App Store และโปรแกรม iTunes สนับสนุนการจัดการอุปกรณ์มีเมนูการใช้งาน รวดเร็วและเข้าใจง่าย โปรแกรม Web Browser (Safari) ตอบสนองได้รวดเร็ว

ข้อเสีย คือ ผู้ใช้งานไม่สามารถออกแบบปรับเปลี่ยนหน้าจอได้ตามความต้องการ ไม่สามารถทำงานได้พร้อมกันหลายอย่าง เช่น ไม่สามารถฟังเพลงพร้อมเปิด Web Browser เพื่อใช้งานอินเทอร์เน็ตได้

Android เป็นระบบปฏิบัติการที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Google ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการแบบ Open Source ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการแบบเปิดหรือแบบฟรีนั่นเอง ดังนั้นผู้ผลิตโทรศัพท์เคลื่อนที่และ Tablet จึงนิยมนำ Android ไปใช้เป็น OS เช่น HTC, Samsung ในตระกูล Galaxy



รูปที่ 32 สัญลักษณ์ของ Android

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี คือ เป็นมาตรฐานเปิดทำให้เกิดความหลากหลายและมี Application ให้เลือกใช้มากมาย และสามารถเชื่อมต่อกับบริการต่างๆของ Google ได้สะดวก เช่น Gmail, Google Talk, Google Maps และ Google Search Engine

ข้อเสีย คือ ไม่คล่องตัวเท่า iOS และการที่เป็นระบบเปิดทำให้มีอุปกรณ์ที่ใช้ระบบมีหลายยี่ห้อหลายขนาดหน้าจอทำให้ Application ต่างๆ ต้องพัฒนาออกมาสามารถใช้งานได้ เฉพาะรุ่นเท่านั้น เนื่องจากอาจติดปัญหาเรื่อง ความกว้างของหน้าจอ เป็นต้น

2.5 Xcode



รูปที่ 33 โปรแกรม Xcode

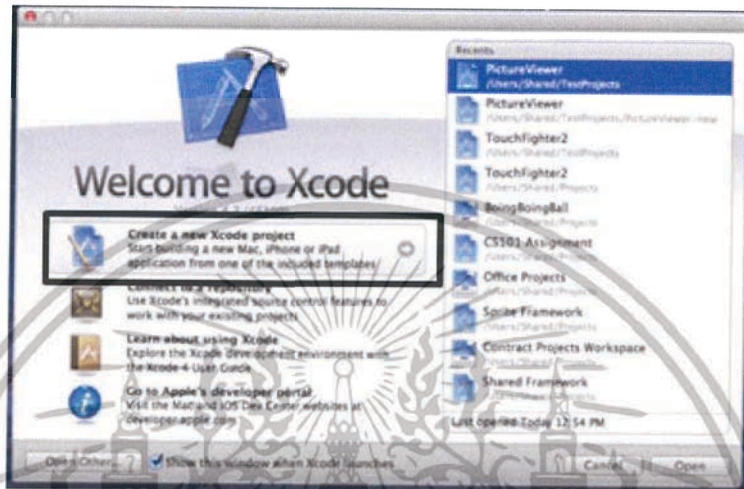
Xcode เป็นเครื่องมือสำหรับนักพัฒนาโปรแกรม และแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์ม OS X และ iOS บนสมาร์ตโฟนที่รู้จักกันดีอย่างแอปพลิเคชันบน iPhone สำหรับนักพัฒนาที่ต้องการจะพัฒนาแอปพลิเคชันบน iOS นั้นจำเป็นต้องมี XCode IDE ติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อน นอกจากนั้นแล้วต้องติดตั้ง iOS SDK อีกด้วยดาวน์โหลด XCode ได้ที่ <https://developer.apple.com> เมื่อทำการติดตั้งดูแล้วลองเปิดตัวโปรแกรม Xcode IDE ขึ้นมา จะเห็นหน้าต่างเริ่มต้นให้เลือกพัฒนาแอปพลิเคชัน ได้หลากหลายรูปแบบ แอปพลิเคชันที่จะพัฒนาได้นั้น จะมีตั้งแต่ Cocoa บน Mac OSX และแพลตฟอร์มของ iOS ที่ใช้พัฒนาแอปพลิเคชันบน iPhone และ iPad ซึ่งรูปแบบแอปพลิเคชันเริ่มต้น จากเดิมที่มีคือ Single View Application นั้นก็ยังใช้พัฒนาได้ปกติ เพียงแค่จะมีส่วนของ Master Detail Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้นมาซึ่งข้อดีของ Master Detail Application บน Xcode 4.3 นั่นก็คือเส้นทางลัดที่นักพัฒนาสามารถสร้างแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องเขียนโปรแกรม

2.5.1 การใช้งาน Xcode แบบเบื้องต้น

1. ติดตั้งโปรแกรม Xcode



รูปที่ 34 คลิกที่ Create New Xcode Project



รูปที่ 35 รูปแบบของการตั้งค่าแอปพลิเคชัน

2. ในช่อง iOS ให้กด Application : ด้านขวาจะให้แบบงานทั้ง 7 แบบ ดังนี้

2.1) Master-Detail Application > สำหรับออกแบบแอป Master-Detail แสดงไอเท็มรายการ

-> รายละเอียด

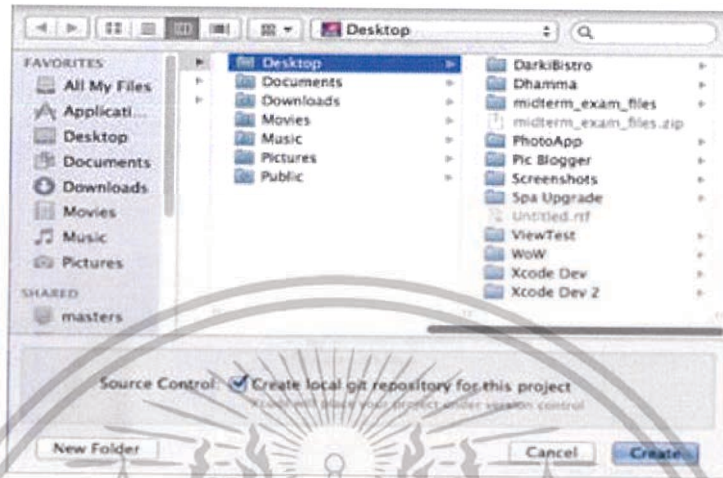
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.2) OpenGL Game > สำหรับสร้างแอปในรูปแบบของ Game ภาพเคลื่อนไหวที่มีชีวิต
- 2.3) Page-Based Application > สร้างแอปที่สามารถเปลี่ยนได้หลายๆหน้า คล้ายกับการอ่านหนังสือ
- 2.4) Single View Application > แอปที่จะแสดงผลทุกอย่างภายในหน้าจอเดียว
- 2.5) Tabbed Application > แบบที่จะแสดงผลหลายหน้าจอ โดยจะใช้ Tab เป็นตัวกำหนด
- 2.6) Utility Application > แบบที่จะเปลี่ยนหน้าจอโดยการ Flip View ไปอีกหน้าหนึ่ง
- 2.7) Empty Application > แบบว่าง เป็นแบบที่สามารถเลือกแบบงานที่ต้องการได้
- หลังจากที่ได้แบบที่ต้องการแล้ว กด Next



รูปที่ 36 ตั้งชื่อแอปพลิเคชัน

3. เลือก Local ให้กับโปรเจกต์แล้วกด Create



รูปที่ 37 เลือกโฟลเดอร์ที่จะสร้างโปรเจกต์

4. เสร็จสิ้นการสร้าง Project

ภาษาที่ใช้พัฒนาบน Xcode มี 2 ภาษาคือ Swift และ Objective-C

2.5.2 Swift

ภาษาโปรแกรม “Swift” เป็นภาษาโปรแกรมใหม่ที่ Apple ได้สร้างและออกแบบมาใหม่เพื่อให้ นักพัฒนาใช้พัฒนาโปรแกรมบน Mac OS X และ iOS โดยในอดีตจนถึงปัจจุบันภาษาที่ใช้คือ Objective-C และ Swift เป็นภาษาที่ออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงและง่ายต่อการพัฒนาโดยนำข้อดีของภาษา สมัยใหม่เข้ามามากมาย เช่น Type Inference, Clean Syntax, No semicolons, Closures, Generics ซึ่งคุณสมบัติที่กล่าวมาบางอย่างก็มีอยู่แล้วในภาษา Objective-C แต่ใน Swift นั้นจะสะดวกมากขึ้น ภาษา Swift ยังถูกออกแบบให้มีความปลอดภัยในการเขียนโปรแกรมมากขึ้น ทั้งนี้ไม่ใช้การเขียนโปรแกรม ขณะขับรถแล้วจะไม่เกิดอุบัติเหตุบนถนน แต่เป็นความปลอดภัยในเชิงของการพัฒนา ทำให้ลด ข้อผิดพลาดของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ยกตัวอย่างเช่น

- ไม่อนุญาตให้มีตัวแปรที่ไม่ได้ถูกกำหนดค่าในโปรแกรม
- ไม่ต้องเขียนสัญลักษณ์ * (Asterisk) ขณะประกาศตัวแปร Pointer
- ตรวจสอบการใช้งานค่าต่ำสุดและสูงสุดของตัวเลขจำนวนเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จะต้องเขียนวงเล็บปีกกาครอบส่วนของโปรแกรมที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขใดๆ



รูปที่ 38 Swift Logo

2.5.3 Objective-C

ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี (อังกฤษ: Objective-C หรือ Obj-C) เป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุและมีสมบัติการสะท้อน โดยแรกเริ่ม ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี พัฒนาขึ้นจากภาษาซีโดยยังคงคุณลักษณะของภาษาซีไว้ครบทุกประการเพียงแต่เพิ่มระบบส่งข้อความ (Messaging) แบบเดียวกับภาษาสมอลล์ทอล์กเข้าไปเท่านั้น (Objective-C runtime) ปัจจุบันภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซีมีคุณสมบัติอื่นๆเพิ่มเติมจากการพัฒนาภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี 2.0 โดยบริษัทแอปเปิล

ในภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี ส่วนอินเทอร์เฟซ (interface) และอิมพลีเม้นเทชัน (implementation) จะถูกแยกออกจากกัน ในทางปฏิบัติมักเก็บส่วนอินเทอร์เฟซไว้ในแฟ้ม .h และส่วนอิมพลีเม้นเทชันใน .m และปัจจุบันได้มีภาษา Swift ซึ่งรันบน iOS เช่นกันได้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า Objective - c แต่ว่าภาษา Objective - c มีตัวอย่างให้ศึกษาและเข้าใจง่ายกว่า ดังนั้นจึงพัฒนาเปลี่ยนจาก Objective - c ไปเป็น Swift ต่อไป



รูปที่ 39 Objective - C Logo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 Core ML

Core ML นั้นเป็น Framework ที่ช่วยให้สามารถใช้งาน Machine Learning model ต่างๆ ภายใน Platform ของ Apple ได้นั่นเอง ทั้ง iOS, watchOS, tvOS และ macOS โดยหลักการคือ การเรียกใช้งาน pre-trained model ผ่านแอปพลิเคชัน โดยจะมีการกำหนด Input และ Output ของโมเดล เอาไว้ จากนั้นก็สามารถใช้งานได้อย่างง่ายๆเลย

ซึ่งการสร้างโมเดล Core ML หรือ mlmodel จะต้องใช้ coremltools ซึ่งเป็น python package ที่เอาไว้แปลงโมเดลจาก ML Framework ต่างๆเช่น Keras, Sci-kit learn, Caffe ให้กลายเป็น Core ML Model นั่นเอง

ปัญหา คือการสร้างโมเดลใน ML Framework ต่างๆนั้นมีความยาก-ง่ายไม่เท่ากัน ทั้งยังมี จุดประสงค์ของแต่ละ Framework ที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้ เช่น Image Classifying, Regression หรือ Tree ต่างๆ ซึ่งใช้ความรู้ด้าน Machine Learning พอสมควร บวกกับการที่ Framework เหล่านี้ นั้นใช้ C++ หรือ Python ด้วย อาจจะไม่ถนัดนัก สำหรับนักพัฒนาที่ใช้ Swift



รูปที่ 40 Core ML Logo

2.7 Autodesk Inventor

โปรแกรม Autodesk Inventor เป็นโปรแกรมเขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องกล และ เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมกับผู้ใช้งานที่ไม่เคยใช้งานโปรแกรมเขียนแบบใดๆ มาก่อน โดยหน้าจอการใช้งานถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้อย่างง่ายดาย ซึ่งหน้าจอจะใกล้เคียงกับหน้าจอของ Microsoft Office เป็นอย่างมากทำให้ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องปรับตัวนาน

โปรแกรม inventor นั้นจะเป็นโปรแกรมซึ่งแตกต่างจาก AutoCAD โดยสิ้นเชิง ที่ยก AutoCAD มาเปรียบเทียบเนื่องจากผู้ใช้งานส่วนใหญ่จะรู้จัก AutoCAD มากกว่าเพราะเป็นโปรแกรมที่เกิดขึ้นมานานกว่า ทาง inventor ซึ่ง Inventor นั้นจะทำงานเน้นไปที่งาน 3D 95% ที่เดียวโดยจุดเด่นของโปรแกรมอยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างชิ้นงานในลักษณะ 3D จะเน้นไปที่การแก้ไขที่ง่ายมากกว่าการเขียนที่ง่ายเหมือนโปรแกรม AutoCAD

ซึ่งหลายๆ ที่สอนเขียนแบบ คนที่ใช้จะทราบคืออยู่แล้วว่าหากต้องการจะแก้ไขไฟล์ที่เขียนจาก AutoCAD นั้นทำได้ยากหรือทำไม่ได้เลย หากจะแก้ไขนั้นจำเป็นที่จะต้องลบแล้วเขียนใหม่ในจุดที่ต้องการจะแก้ไข เพียงแต่การแก้ไขนั้นอาจจะสามารถทำได้อย่างรวดเร็วตามความสามารถของ User

แต่ในส่วนของ Autodesk Inventor จะเป็นโปรแกรมที่เขียนได้ช้ากว่า หรือซับซ้อนกว่าเล็กน้อย เนื่องจากต้องมีการอ้างอิงกับระบบที่เป็น Parametric แต่เมื่อถึงขั้นตอนการแก้ไขนั้นจะสามารถแก้ไขได้รวดเร็วกว่าโปรแกรม AutoCAD หลายเท่าตัว

เพราะฉะนั้นหากผู้ใช้ที่ต้องการสร้างเครื่องจักรขนาดใหญ่ หรือ ระบบ Jig & Fixture และหากยังมีความซับซ้อนสูง ต้องการทดสอบการเคลื่อนไหวของเครื่องจักรแล้วละก็ Autodesk Inventor จะเหมาะสมอย่างยิ่งกับการใช้งานในลักษณะนี้ อบรมเขียนแบบ

โปรแกรมแบ่งออกเป็น 3 รุ่นก็คือ

- Autodesk Inventor LT

ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เหมาะสมกับการทำชิ้นงาน 3D ที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และสามารถสร้างได้เพียงขั้นต่อขั้นเท่านั้น ผู้ใช้ไม่สามารถที่จะนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบรวมกันได้

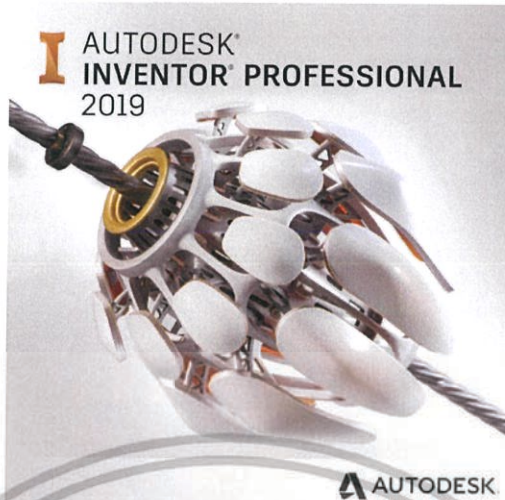
- Autodesk Inventor

เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมกับการทำงานแบบที่สามารถนำชิ้นงาน ชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบเข้ากันได้ Assembly สามารถเขียนในเครื่องจักรขนาดเล็ก ไปจนถึงขนาดใหญ่, Jig & Fixture ต่าง ๆ รวมถึงแผ่นพับ Sheet Metal, และการเชื่อมประกอบ อีกทั้งยังมี Part Standard ที่เป็นชิ้นส่วนมาตรฐานสามารถนำมารวมกันประกอบได้ทันทีอีกด้วย

- Autodesk Inventor Professional

เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมกับการทำงานเหมือนกับ Autodesk Inventor แต่เพิ่มความสามารถในด้านวิศวกรรม เพื่อทำนายการแตกหักหรือวิเคราะห์ความเค้นภายในชิ้นงานที่เกิดจากแรงที่มากระทำได้อีกด้วย

โปรแกรมทั้งสามรุ่นนั้นมีความแตกต่างกันในเรื่องของความสามารถและราคาที่แตกต่างกันดังนั้นหากผู้ใช้สามารถเลือกได้ตรงกับงานที่ทำอยู่ก็จะสามารถลดเวลาการทำงาน อีกทั้งลด Cost ที่เกิดขึ้นได้อย่างมากมายทีเดียว



รูปที่ 41 โปรแกรม Autodesk Inventor

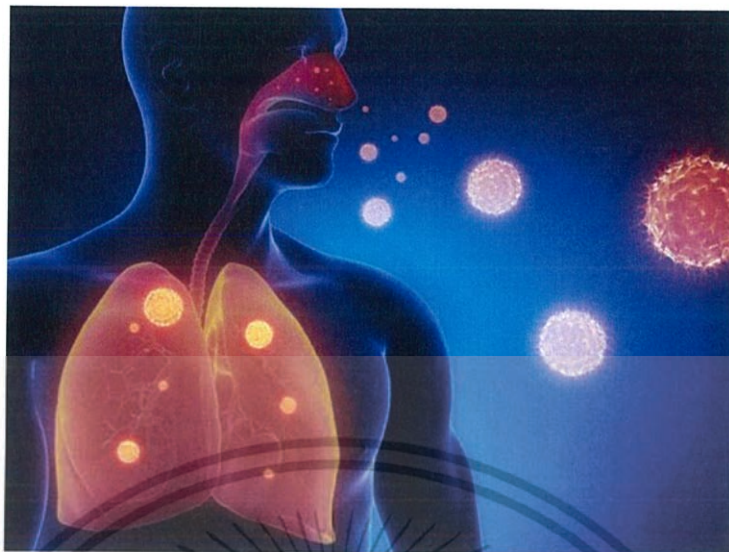
2.8 โรคที่สามารถติดต่อได้ทางน้ำลาย

2.8.1 ไข้หวัด

ไข้หวัดเป็นโรคที่ติดต่อกันได้ง่ายมาก แคะอยู่ใกล้คนเป็นหวัด หรือดื่มน้ำแก้วเดียวกัน ใช้หลอดดูดน้ำร่วมกัน ก็มีสิทธิ์รับเชื้อหวัดเข้าสู่ร่างกายได้แล้ว ถึงไข้หวัดธรรมดาจะไม่ใช่วirus ที่ร้ายแรงมาก เพราะสามารถหายได้เองภายใน 5-7 วัน แต่ก็ต้องระวังกรณีรับเชื้อไข้หวัดใหญ่เข้ามา จะมีอาการรุนแรงมากกว่า และอาจเสียชีวิตได้จากโรคแทรกซ้อน ที่เคยได้ยินกันก็อย่างเช่น โรคไข้หวัดใหญ่ H1N1, โรคไข้หวัดนก มาลองเช็กว่าอาการไข้หวัดใหญ่แตกต่างจากไข้หวัดธรรมดาอย่างไร เพื่อไว้สังเกตตัวเอง

ไข้หวัดใหญ่ เป็นโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจอย่างเฉียบพลัน ที่เกิดขึ้นจากเชื้อไวรัสอินฟลูเอนซา (*Influenza virus*) หรือที่รู้จักกันในชื่อของเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่ โดยเชื้อไวรัสชนิดนี้มีทั้งหมด 3 สายพันธุ์ ได้แก่

- เชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ A (*Influenza A*)
- เชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ B (*Influenza B*)
- เชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ C (*Influenza C*)



รูปที่ 42 ไข้หวัดใหญ่

2.8.2 คออักเสบ (Strep throat)

คออักเสบก็เป็นอีกหนึ่งโรคที่พบได้บ่อย หากใช้หลอดดูดน้ำหรือดื่มน้ำแก้วเดียวกับคนที่มีเชื้อแบคทีเรียกรุป เอ สเตรปโตคอกคัส ในน้ำลาย หรืออาจปนเปื้อนในน้ำนมและเสมหะ ซึ่งเมื่อได้รับเชื้อสเตรปโตคอกคัสเข้าสู่ร่างกายโดยการกลืนคัส หรือใช้ของร่วมกับคนที่ป่วยเป็นโรคคออักเสบ จะมีไข้สูง ปวดศีรษะ หนาวสั่น เบื่ออาหาร เจ็บคอ และจะเจ็บคอมากขึ้นตอนที่กลืนอาหาร ถ้าอำปากดูจะเห็นว่าต่อมทอนซิลแดง มีลักษณะคล้ายหนอง มีสีเหลือง ๆ ปากคลุมบนผิวของต่อมทอนซิล และหากลองจับต่อมน้ำเหลืองที่คอจะรู้สึกว่ามีบวม อย่างไรก็ตามโรคคออักเสบไม่ใช่โรคร้ายแรงอะไร ส่วนใหญ่หายได้เองใน 7 วัน แต่ถ้าไปหาหมอ หมอจะให้ยาปฏิชีวนะมากิน ซึ่งจะช่วยให้หายเร็วขึ้นภายใน 3 วัน

2.8.3 โรคมือเท้าปาก (Hand-foot-mouth disease)



รูปที่ 43 โรคมือเท้าปาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคนี้อาจไม่ได้เกิดขึ้นกับเด็กๆ เท่านั้น เพราะผู้ใหญ่ก็มีสิทธิ์เป็นโรคมือเท้าปากได้ไม่ต่างกัน แค่เพียงดื่มน้ำแก้วเดียวกันกับเด็กหรือผู้ใหญ่ที่มีเชื้อ หรือแค่ออวจนโรคใส่กัน ก็ติดเชื้อได้แล้ว

อาการที่สังเกตเห็นได้เมื่อป่วยก็คือ จะเริ่มจากมีไข้ มีแผลในปากคล้ายแผลร้อนใน และมีผื่นขึ้นเป็นจุดแดง หรือเป็นตุ่มน้ำใสที่บริเวณ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ลำตัว แขน ขา ส่วนใหญ่อาการจะไม่รุนแรง สามารถหายได้เอง แต่ถ้าใครป่วยก็ควรหยุดเรียน หยุดงาน พักรักษาตัวที่บ้านประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อจะได้ไม่ไปแพร่เชื้อให้กับคนอื่น

ทว่าหากติดเชื้อโรคมือเท้าปาก สายพันธุ์เอนเทอโรไวรัส (EV) 71 เคสนี้ค่อนข้างอันตราย เพราะเสี่ยงต่อการเกิดโรคแทรกซ้อนที่รุนแรงจนทำให้เสียชีวิตได้ ดังนั้นหากใครป่วยมือเท้าปากแล้วมีอาการซึมอ่อนแรง ชักกระตุก มือสั่น เดินเซ ต้องรีบไปพบแพทย์โดยด่วน มาเรียนรู้เรื่องโรคมือเท้าปากเพิ่มเติม เพื่อดูแลบุตรหลานและตัวคุณเองกันดีกว่า

2.8.4 คางทูม (Mumps)

โรคคางทูมก็เป็นอีกโรคหนึ่งที่พบบ่อยในเด็ก แต่ผู้ใหญ่ก็เช่นกัน โรคนี้อาจเกิดจากเชื้อไวรัสในกลุ่มพาราไมกโซ (Paramyxovirus) ทำให้ต่อมน้ำลายที่บริเวณกกหูอักเสบ คางจึงบวมโต จึงเป็นที่มาของชื่อโรคคางทูม ติดต่อกันได้โดยตรงจากการไอ จามใส่กัน รวมทั้งสัมผัสน้ำลายของคนที่เป็นคางทูม เช่น การกินน้ำและอาหารโดยใช้ภาชนะร่วมกัน

คนที่ป่วยคางทูมจะมีไข้ ปวดศีรษะ ปวดเมื่อยเนื้อตัว เบื่ออาหาร อ่อนเพลีย และปวดในรูกหูหรือหลังหูขณะเคี้ยว กินอาหาร หรือแม้กระทั่งดื่มน้ำ หลังจากนั้นจะมีอาการบวมที่ข้างหูหรือขากรรไกรจนไม่สามารถเคี้ยวอาหารหรืออ้าปากได้ถนัด แต่ก็ไม่ใช่โรคที่ร้ายแรงนัก เพราะสามารถหายได้เองภายใน 7-10 วัน และเมื่อป่วยคางทูมแล้วครั้งหนึ่งก็จะมีภูมิคุ้มกันตลอดไป อย่างไรก็ตาม โรคนี้อาจป้องกันได้ตั้งแต่วัยเด็ก โดยการฉีดวัคซีนรวมเอ็ม เอ็ม อาร์ (MMR) ซึ่งสามารถฉีดได้ตอนอายุ 1 ขวบและต้องฉีดอีกครั้งตอนอายุ 7 ขวบ ว่าแล้วก็ลองมาเช็กอาการของโรคคางทูมให้ละเอียดกันอีกสักนิด

2.8.5 โรคหูดข้าวสุก (Molluscum contagiosum)

หูด มีอยู่หลายชนิด แต่ถ้าติดต่อกับการใช้ของส่วนตัวร่วมกับคนอื่น ไม่ว่าจะเป็แก้วน้ำ หลอด ดูดน้ำ ผ้าเช็ดตัว รองเท้า ก็ต้องระวัง "หูดข้าวสุก" ให้อั้ โรคนี้อาจเกิดจากเชื้อไวรัส *Molluscum contagiosum virus (MCV)* ลักษณะเด่นคือ จะเป็นตุ่มเนื้อขนาดเล็ก มีสีเดียวกับผิวหนัง รูปโดม ผิวหูดเรียบเป็นมันคล้ายไข่มุก มีรอยบุ๋มตรงกลางคล้ายสะดือ เวลาบีบตุ่มออกจะได้สารสีขาวข้างในคล้ายข้าวสุก มักขึ้นตามลำตัว ท้อง แขน ขา รักแร้ ใบหน้า ดวงตา ขาหนีบ บริเวณอวัยวะเพศ แต่จะไม่รู้สึกคันหรือเจ็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากมีภูมิคุ้มกันดี โรคนี้จะหายไปได้เองภายใน 2-9 เดือน (เฉลี่ย 2-3 เดือน) แต่หากมีโรคแทรกซ้อนอาจใช้เวลานานเป็นปี

2.8.6 โรคเริมที่ปาก (Herpes Simplex)

ตุ่มใสๆ ที่ขึ้นบริเวณริมฝีปากและทำให้รู้สึก คัน ปวดแสบปวดร้อน ที่เรียกว่า เริม นั้นเกิดจากการติดเชื้อไวรัส *Herpes virus (HSV)* ซึ่งเจ้าไวรัสที่ว่านี้จะแฝงอยู่ในน้ำลาย น้ำเหลือง หรือแม้กระทั่งอสุจิ และจะเข้าสู่ร่างกายผ่านทางผิวหนัง เยื่อเมือกและเยื่อช่องปาก จากการดื่มน้ำแก้วเดียวกัน ใช้ของร่วมกัน รวมทั้งการจูบปาก

ถ้าเป็นโรคเริมคุณจะได้เองภายใน 2 สัปดาห์ แต่หากมีอาการปวดมาก มีน้ำเหลืองไหลออกมาจากตุ่มแผล ระบายเคืองตา และมีไข้สูงกว่า 38 องศาเซลเซียส ควรไปพบแพทย์เพราะนั่นแสดงว่าตุ่มเริมนั้นเกิดการติดเชื้อแล้ว

2.8.7 ไวรัสตับอักเสบ (Hepatitis)

ไวรัสตับอักเสบมีหลายสายพันธุ์ ทั้งไวรัสตับอักเสบ เอ บี ซี ไปจนถึงไวรัสตับอักเสบ จี แต่ไวรัสตับอักเสบที่ติดต่อกันได้ทางอาหารและน้ำดื่มก็คือไวรัสตับอักเสบ เอ (Hepatitis A) และไวรัสตับอักเสบ อี (Hepatitis E) อาการของไวรัสตับอักเสบ เอ ที่สามารถสังเกตได้ก็คือ มีไข้ ตัวร้อน อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องบริเวณชายโครงขวา ท้องร่วง ปัสสาวะจะเริ่มมีสีเข้ม อุจจาระสีซีด และมีอาการตัวเหลือง ตาเหลืองที่เรียกว่าดีซ่าน

ส่วนอาการของไวรัสตับอักเสบ อี นั้นก็จะเหมือนกับไวรัสตับอักเสบ เอ เพียงแต่จะมีอาการดีซ่านให้เห็นชัดเจนกว่า และถ้าเป็นโรคไวรัสตับอักเสบ เอและอี กว่าที่จะหายดีก็ต้องใช้เวลาประมาณ 1 เดือนเลยทีเดียว

2.8.8 คอตีบ (Diphtheriae)

ถ้ามีไข้ต่ำๆ เจ็บคอ เบื่ออาหาร และมีอาการร่วมกับไอเสียงดังก้อง กลืนอาหารลำบาก อาจหายใจติดขัด หอบ ซ้ำพรตั้นเร็ว ในรายที่มีอาการรุนแรง พิษจากคอตีบจะทำให้เกิดเนื้อตายเป็นแผ่นฝ้าในลำคอหรือหลอดลม ทำให้หายใจไม่ออก เสียชีวิตได้เลย ดังนั้นอย่านิ่งนอนใจเด็ดขาด เพราะโรคนี้แพร่จากอีกคนหนึ่งไปสู่อีกคนหนึ่งได้ด้วยการไอ จาม การใช้สิ่งของร่วมกัน หรือสัมผัสกับเสมหะของคนที่เป็โรคคอตีบหรือคนที่ติดเชื้อคอตีบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากไม่เคยฉีดวัคซีนป้องกันโรคคอตีบมาก่อน ก็มีโอกาสเสี่ยงที่จะป่วยโรคนี้อีกเหมือนกันหากใช้หลอดดูดน้ำร่วมกับคนเป็นคอตีบ หรืออยู่ใกล้เด็กทารกที่ยังไม่เคยฉีดวัคซีน ดังนั้นเพื่อป้องกันโรคนี้อีกสามารถไปฉีดวัคซีนรวมคอตีบและบาดทะยักชนิดสำหรับเด็กโตและผู้ใหญ่ (Tdap) ไปได้ สำหรับเด็กสามารถฉีดวัคซีนป้องกันโรคคอตีบได้ตั้งแต่อายุ 2-3 เดือน

2.8.9 เยื่อหุ้มสมองอักเสบ (Meningitis)

โรคที่มีอาการรุนแรงถึงขั้นหูหนวก ตาบอด เป็นอัมพฤกษ์อัมพาตจนถึงแก่ชีวิตได้ อย่าง "เยื่อหุ้มสมองอักเสบ" ก็มีสาเหตุหนึ่งมาจากการสัมผัสและใช้สิ่งของร่วมกับคนป่วยเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นหลอดดูดน้ำ แก้วน้ำ ซ้อนส้อม โดยโรคนี้อันตรายเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และรา เมื่อติดเชื้อจะมีไข้สูง ปวดศีรษะรุนแรง คอแข็ง คลื่นไส้ อาเจียน ชัก ตาสู้แสงไม่ได้ หากรักษาไม่ทันอาจมีอาการรุนแรงดังที่บอกไปข้างต้น ทว่ายังมีโรคอื่น ๆ ที่มีอาการคล้ายกับโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบอยู่บ้าง

2.8.10 ไข้กาฬหลังแอ่น (Meningococcal meningitis)

เชื้อที่ทำให้เกิดโรคไข้กาฬหลังแอ่นคือ *Neisseria meningitidis* ซึ่งเป็นโรคติดเชื้อแบคทีเรียที่มีความรุนแรงมาก ที่น่ากลัวคือสามารถติดต่อกันได้ผ่านทางหายใจ ไอ จาม แม้กระทั่งสัมผัสน้ำมูก น้ำลาย เสมหะของผู้ที่เป็นพาหะหรือคนที่เป็โรคก็เสี่ยงติดเชื้อได้แล้ว โดยเชื้อจะผ่านเข้าไปทางลำคอแล้วเข้าไปในกระแสเลือด บางคนติดเชื้อแล้วไม่มีอาการก็เป็นเพียงพาหะเท่านั้น

แต่หากเชื้อเล็ดรอดเข้าสู่กระแสโลหิตหรือระบบประสาทส่วนกลางได้ อาการของโรคจะรุนแรงขึ้น เริ่มจากมีอาการคล้ายไข้หวัด เจ็บคอ ไอ ปวดศีรษะ มีไข้สูง จากนั้นจะมีผื่นขึ้นตามตัว ลักษณะคล้ายจุดเลือดออก และเป็นแฉกคล้ายดาวกระจาย ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของโรค

หากเชื้อไปที่เยื่อหุ้มสมองจะทำให้เกิดโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ มีอาการปวดศีรษะรุนแรง อาเจียน คอแข็ง ไม่ค่อยรู้สึกตัว สับสน อาจมีอาการชักเกร็ง หลังแอ่นแข็งได้ ซึ่งนี่เป็นที่มาของชื่อโรคไข้กาฬหลังแอ่นนั่นเอง ในรายที่รุนแรงจะมีเลือดออกในลำไส้และต่อมหมวกไต รวมทั้งภาวะที่เลือดจับตัวกันเป็นลิ่มทั่วร่างกาย (Waterhouse-Friderichsen Syndrome) จนเกิดอาการช็อกและเสียชีวิตในที่สุด โดยอาการทั้งหมดนี้จะเกิดขึ้นภายในระยะเวลาอันสั้น อาจเสียชีวิตได้ภายใน 48 ชั่วโมง

บทที่ 3 การดำเนินงาน

การดำเนินการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกคือการเก็บข้อมูลภาพของจากกล้องอินฟราเรด ส่วนที่ 2 ก็คือการออกแบบอัลกอริทึมของโปรแกรมประมวลผล และการออกแบบแอปพลิเคชัน iOS และส่วนสุดท้ายคือส่วนฮาร์ดแวร์



รูปที่ 44 แผนภาพการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การเก็บข้อมูลภาพ

ทางคณะผู้จัดทำได้ใช้กล้องอินฟราเรด FLIR ONE Pro ที่เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันบน iOS ในการถ่ายรูปอาสาสมัครจำนวน 50 คน โดยถ่ายรูปจำนวน 4 รูปต่ออาสาสมัคร 1 คน ซึ่งมีวิธีการเก็บข้อมูลรูปภาพดังแสดงในรูปที่ 45 รวมเป็นทั้งหมด 200 รูป และหลังจากนั้นก็ถ่ายรูปอาสาสมัครเฉพาะภาพที่ไม่ได้ดื่มแอลกอฮอล์ ในแต่ละท่าทางเพื่อเพิ่มปริมาณข้อมูลอีกประมาณ 50 รูป โดยการเก็บข้อมูลครั้งนี้อาสาสมัครดื่มเบียร์ทั้งหมด 3 แก้วแต่ละแก้วเท่ากับ 200 มิลลิลิตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้ filter contrast, grey และ antarctic ในการเก็บข้อมูลภาพ



รูปที่ 46 วิธีการเก็บข้อมูลภาพ

3.2 การออกแบบอัลกอริทึมของโปรแกรมประมวลผล

ในส่วนของการประมวลผลภาพนั้น ไลบรารีหลักที่ใช้ในการประมวลผล คือ TensorFlow เป็นไลบรารีสำหรับใช้พัฒนา Machine Learning เป็น Open source (เขียนด้วย Python) ที่พัฒนาโดย Google มีความยืดหยุ่นและประมวลผลได้เร็ว เพราะสามารถดึงกำลังในการประมวลผลจากการ์ดจอ (Graphics Processing unit หรือ GPU) มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

3.2.1 การเตรียมข้อมูล

ในการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างโมเดลเพื่อตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ จะต้องมีการเตรียมข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลที่รู้ค่าตอบอยู่แล้ว ในที่นี้คือรูปภาพของอาสาสมัครเป็นข้อมูล input และปริมาณแอลกอฮอล์ที่ดื่ม ซึ่งใช้เป็นข้อมูล output และไฟล์ภาพที่ได้จะต้องมีสกุลไฟล์เป็น jpg, jpeg หรือ png จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากอาสาสมัครทั้ง 50 คน มาคัดแยกประเภทเพื่อเตรียมสำหรับการสอนโมเดล โดยจะมีการแยกประเภทเป็น 2 แอปพลิเคชัน ในส่วน Binary Classification จะแยกรูปภาพเป็น เม้า กับ ไม่เม้า ซึ่งรูปภาพไม่เม้ามีรูปภาพของคนที่ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ และ คนที่ดื่มแอลกอฮอล์ไม่ถึง 600 มิลลิลิตร (1 แก้ว กับ 2 แก้ว) ส่วนรูปประเภทเม้าก็จะประกอบไปด้วยรูปภาพของคน que ดื่มแอลกอฮอล์มากกว่า 600 มิลลิลิตร (3 แก้ว) อีกแอปพลิเคชันหนึ่งจะแบ่งประเภทรูปภาพออกเป็น 4 ประเภทตามจำนวนแอลกอฮอล์ที่ดื่ม คือ ไม่ดื่มแอลกอฮอล์, ดื่ม 1 แก้ว, ดื่ม 2 แก้ว และ ดื่ม 3 แก้ว

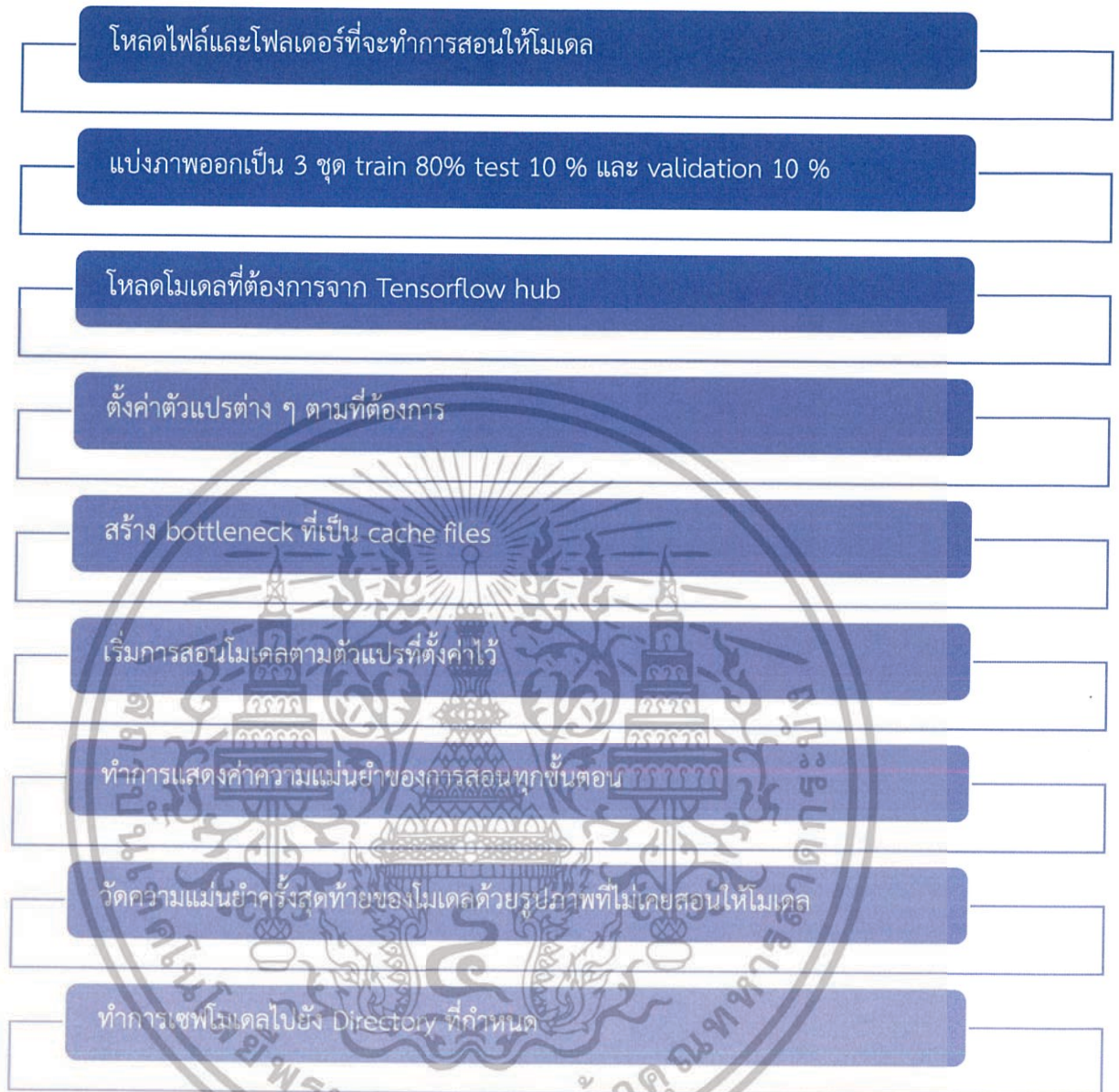
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Binary Classification	4 level of Classification
<ul style="list-style-type: none"> • ไม่เมา • เมา 	<ul style="list-style-type: none"> • ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ • ดื่ม 1 แก้ว • ดื่ม 2 แก้ว • ดื่ม 3 แก้ว

รูปที่ 47 การแบ่งประเภทของรูปภาพ

3.2.2 การเตรียมและสอนโมเดลที่จะใช้

ทางคณะผู้จัดทำได้ใช้ TensorFlow ในการสอนโมเดลโดยใช้ TensorFlow hub เป็นไลบรารีที่อาศัยหลักการ Transfer learning ซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องโดยที่นำโมเดลที่ถูกพัฒนาแล้วกลับมาใช้ใหม่ให้เป็นโมเดลเริ่มต้นสำหรับงานต่อไป โดยโปรแกรมการสอนโมเดลใหม่มีดังนี้



รูปที่ 48 ขั้นตอนการสอนโมเดล

ซึ่งคณะผู้จัดทำได้สร้างโมเดลขึ้นมา 2 โมเดล โมเดลแรกคือโมเดล Binary Classification ที่ทำการแยกแยะระหว่างคนปกติกับคนที่มีอาการมินเมาใช้ transfer learning มาจากโมเดล Resnet V2. โดยมีตัวแปรในการสอนโมเดล คร่าวๆดังนี้

- 4,000 training steps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 0.01 learning rate
- Evaluate step interval = 10
- Train batch size = 100
- Test batch size = 1
- Validation batch size = 100

โดยโมเดลมีเลเยอร์ทั้งหมด 761 เลเยอร์ ดังนี้

Placeholder : 1 layer

Mul : 1 layer

Sub : 1 layer

Mean : 1 layer

Squeeze : 1 layer

PlaceholderWithDefault : 1 layer

Matmul : 1 layer

Softmax : 1 layer

Pad : 4 layers

MaxPool : 4 layers

Add : 17 layers

BiasAdd : 22 layers

FusedBatchNorm : 49 layers

Relu : 49 layers

Conv2D : 54 layers

Identity : 274 layers

Const : 281 layers

ได้ค่าความแม่นยำของโมเดลประมาณ 83.3 % และโมเดลที่สองที่สร้างขึ้นก็คือโมเดล 4 level of Classification ที่ทำการแยกปริมาณแอลกอฮอล์ที่ดื่ม (200 มิลลิลิตรต่อแก้ว) ตั้งแต่ไม่ดื่มแอลกอฮอล์, ดื่ม 1 แก้ว, ดื่ม 2 แก้ว และ ดื่ม 3 แก้ว ซึ่งได้ Transfer learning มาจากโมเดล Nasnet mobile โดยมีตัวแปรในการสอนโมเดลคร่าว ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4000 training steps
- 0.01 learning rate
- Evaluate step interval = 10
- Train batch size = 100
- Test batch size = 1
- Validation batch size = 100

ได้ค่าความแม่นยำของโมเดลประมาณ 50.0 %

โดยโมเดลมีเลเยอร์ทั้งหมด 3,245 เลเยอร์ ดังนี้

Placeholder : 1 layer

Mul : 1 layer

Sub : 1 layer

Mean : 1 layer

BiasAdd : 1 layer

PlaceholderWithDefault : 1 layer

Softmax : 1 layer

Matmul : 2 layers

Pad : 4 layers

StridedSlice : 4 layers

MaxPool : 8 layers

Spilt : 16 layers

ConcatV2 : 20 layers

AvgPool : 52 layers

Add : 81 layers

DepthwiseConv2dNative : 160 layers

FusedBatchNorm : 192 layers

Relu : 192 layers

Conv2D : 196 layers

Identity : 1,129 layers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Const : 1,183 layers

หมายเหตุ : โปรแกรมภาษา python และวิธีลงไลบรารีอยู่ในภาคผนวก

3.2.3 แปลงโมเดลเพื่อนำไปใช้ในแอปพลิเคชัน

โมเดลที่ได้หลังจากการเทรน จะเป็นไฟล์ 2 ไฟล์ output.pb และ output.txt ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้กับ smartphone ได้ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการแปลงไฟล์ให้เป็นไฟล์ mlmodel ซึ่ง TensorFlow มีไลบรารีที่สามารถแปลงไฟล์ไปเป็น mlmodel ได้ซึ่งชื่อว่า tfcoreml ใช้กับภาษา python โดยใส่ input ดังนี้

- ที่อยู่ของโมเดลที่ต้องการจะแปลงเป็น mlmodel
- ชื่อไฟล์ mlmodel ที่ต้องการ
- ชนิดและขนาดของ input

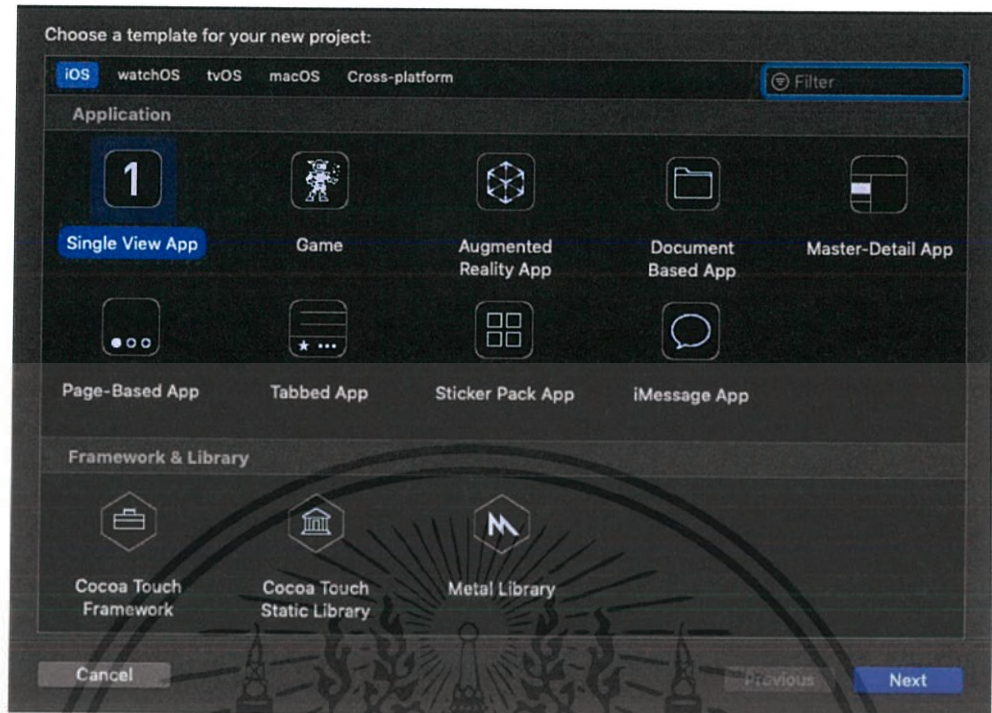
หมายเหตุ โปรแกรมภาษา python และวิธีลงไลบรารีอยู่ในภาคผนวก

3.2.4 สร้าง Machine Learning บน iOS ด้วย Core ML

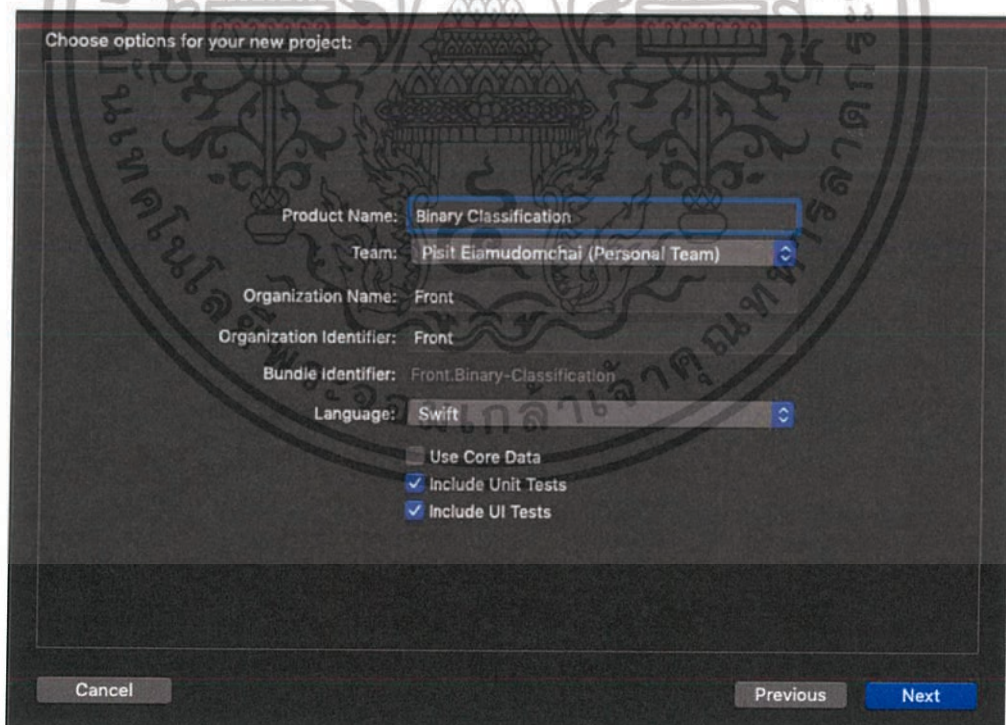
เป็นการทำให้สามารถรัน machine learning ไว้บน Mobile Device ได้ แต่โมเดลที่จะใช้จะต้องอยู่ใน format ของ Core ML ด้วยนั่นคือมีสกุลไฟล์ mlmodel ซึ่งได้ทำการสอนและแปลงโมเดลไว้แล้ว โดยการเขียนแอปพลิเคชัน จะใช้ภาษา Swift 5 ด้วยโปรแกรม Xcode 10.2

ซึ่งคณะผู้จัดทำต้องการสร้าง 2 แอปพลิเคชัน คือ (1) แอปพลิเคชัน Binary Classification (2) แอปพลิเคชัน 4 level of Classification มีขั้นตอนดังนี้

1. Download Xcode 10.2 จาก <https://developer.apple.com/download/> และ install
2. สร้าง project



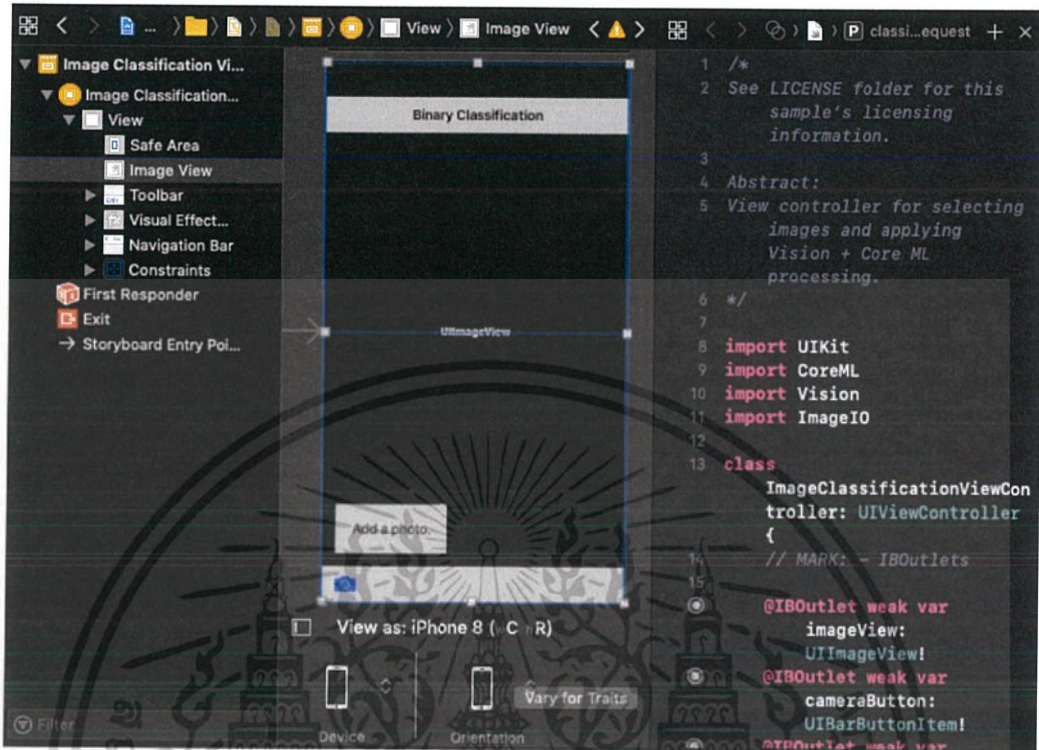
รูปที่ 49. เลือก Single View App



รูปที่ 50 ตั้งชื่อและเลือกภาษาที่ใช้เป็น Swift

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

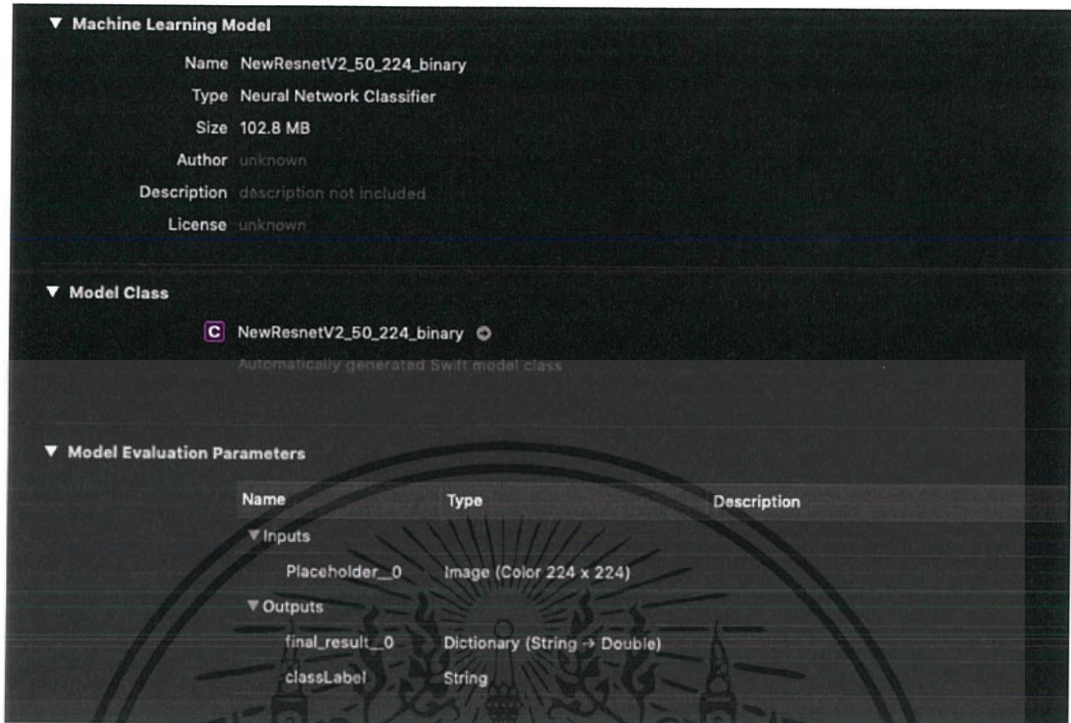
3. วาด View ใน Storyboard โดยมี UIImageView, UIBarButtonItem และ UILabel



รูปที่ 51 วาด View ใน Storyboard

4. ทำการลากไฟล์ .mlmodel ที่ต้องการใช้เข้าไปใน project ดังรูป โดยโมเดล ResnetV2 ที่ train มา นั้น รับ input เป็น image color (RGB) ขนาด 224x224 ส่วน Output จะเป็นชื่อ Class ของรูปที่ model ทำนายได้

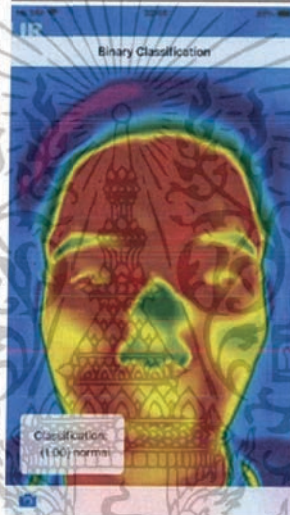
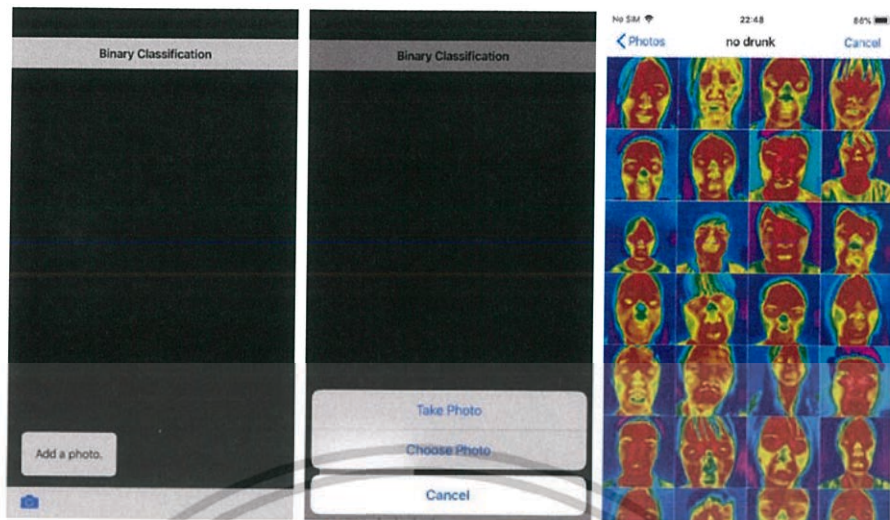
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 52 รายละเอียดของ ResnetV2.mlmodel ที่ Xcode อ่าน

5. ติดตั้งโปรแกรมลงบน iOS ได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 53 แต่ละหน้าของแอปพลิเคชันเมื่อติดตั้งลงบน iOS

6. ทั้งสองแอปพลิเคชันมีขั้นตอนการสร้างเหมือนกัน แต่เปลี่ยนโมเดลที่จะใช้ในการทำนายของแต่ละแอปพลิเคชัน

หมายเหตุ : โปรแกรมที่ใช้อยู่ใน ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ฮาร์ดแวร์

ใช้โปรแกรม Autodesk Inventor ในการออกแบบตัวยึดระหว่างโทรศัพท์และกล้องอินฟราเรด
ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกในการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยกล้องอินฟราเรด นั้นเป็นระบบที่ทำนายบุคคลที่ดื่มแอลกอฮอล์และไม่ดื่มแอลกอฮอล์

4.1 การเก็บข้อมูลภาพ

จากการเก็บข้อมูลภาพ ได้รูปทั้งหมด 200 รูป ขนาดรูปภาพ 480x640 แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ 50 รูป, ดื่ม 1 แก้ว 50 รูป, ดื่ม 2 แก้ว 50 รูป และดื่ม 3 แก้ว 50 รูป โดยเลือกใช้ filter contrast, grey และ antarctic ของกล้องอินฟราเรด แสดงดังรูป



รูปที่ 55 a) filter contrast, b) filter grey, c) filter antarctic

จากการเก็บข้อมูลภาพทั้ง 3 filter ทางคณะผู้จัดทำเลือกแค่ filter contrast เท่านั้นที่นำไปสอนโมเดลเนื่องจาก เมื่อสังเกตภาพโดยรวมแล้วจะเห็นความแตกต่างระหว่างภาพคนไม่ดื่มแอลกอฮอล์และคนดื่มแอลกอฮอล์ของ filter contrast มากที่สุด และเมื่อลองนำภาพทั้ง 3 filter ไปสอนโมเดลแล้วพบว่า filter contrast ก็มีค่าความแม่นยำมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลจากการสอนโมเดล

โมเดลสำหรับ 4 level of Classification

ชื่อโมเดล	ขนาดรูปภาพ	ความแม่นยำ
Inception V3	299,299	40.5 %
Nasnet	331,331	43.0 %
Nasnet mobile	224,224	50.0 %
Resnet V2	224,224	35.3 %
mobilenet	224,224	45.0 %

ตารางที่ 2 แสดงค่าความแม่นยำของโมเดลสำหรับ 4 level of Classification

ในการสอนโมเดลจะเห็นได้ว่าโมเดลที่มีความแม่นยำมากที่สุดนั้นคือโมเดล Nasnet mobile ซึ่งมีความแม่นยำอยู่ที่ 50 % และมีขนาดไฟล์ประมาณ 21.6 MB โดยที่มีความแม่นยำที่ไม่สูงมากคาดว่าเนื่องจากการสร้างโมเดล 4 level of Classification เป็นโมเดลที่แยก output ออกเป็น 4 ประเภท จำเป็นที่จะต้องใช้อ้อมูรูปถ่ายที่เยอะ โดยรูปทั้งหมดที่มีประมาณ 250 รูป ถ้าแบ่งการสอนออกเป็น 4 ประเภทจะเหลือรูปแค่ประเภทละ 50 รูปยกเว้น คนปกติที่มีรูป 100 รูป เพราะถ่ายเพิ่มอีก 50 รูป และรูปทั้งหมดยังต้องแบ่งออกเป็น 3 ส่วน จึงเหลือรูปที่ใช้สอนโมเดลจริง ๆ แค่ 80 % ดังนั้นค่าความแม่นยำจึงไม่สูงมาก ทางคณะผู้จัดทำคิดว่าถ้าหากมีการเก็บข้อมูลรูปภาพเพิ่มมากขึ้นจะสามารถที่จะเพิ่มความแม่นยำมากขึ้นได้

โมเดลสำหรับ Binary Classification

ชื่อโมเดล	ขนาดรูปภาพ	ความแม่นยำ
Inception V3	299,299	75.0 %
Nasnet	331,331	76.0 %
Nasnet mobile	224,224	66.7 %
Resnet V2	224,224	83.3 %
mobilenet	224,224	58.3 %

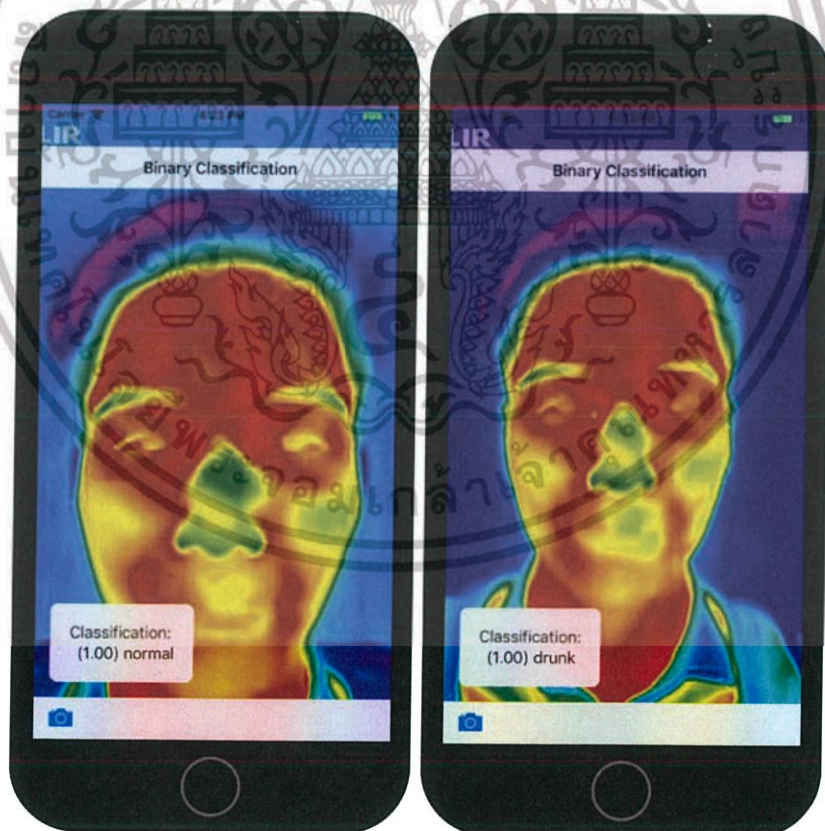
ตารางที่ 3 แสดงค่าความแม่นยำของโมเดลสำหรับ Binary Classification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโมเดล Binary Classification จะเลือกโมเดล Resnet V2 ซึ่งมีความแม่นยำ 83.3 % มีขนาดไฟล์ประมาณ 98 MB ซึ่งจะสังเกตได้ว่าค่าความแม่นยำมีค่าที่ค่อนข้างเยอะเมื่อเทียบกับโมเดล 4 level of Classification เนื่องจากว่า ในการสร้างโมเดล Binary Classification แยก output ออกเป็น 2 ประเภทคือ เมา กับ ไม่เมา ซึ่งข้อมูลรูปภาพที่ใช้สอนแต่ละประเภทจะมีมากขึ้นทำให้ค่าความแม่นยำสูงขึ้นตาม แต่ค่าความแม่นยำ 83.3 % ก็ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ดังนั้นถ้าหากว่าเพิ่มจำนวนข้อมูลรูปภาพอีกก็จะสามารถเพิ่มค่าความแม่นยำให้มากขึ้นอีกได้

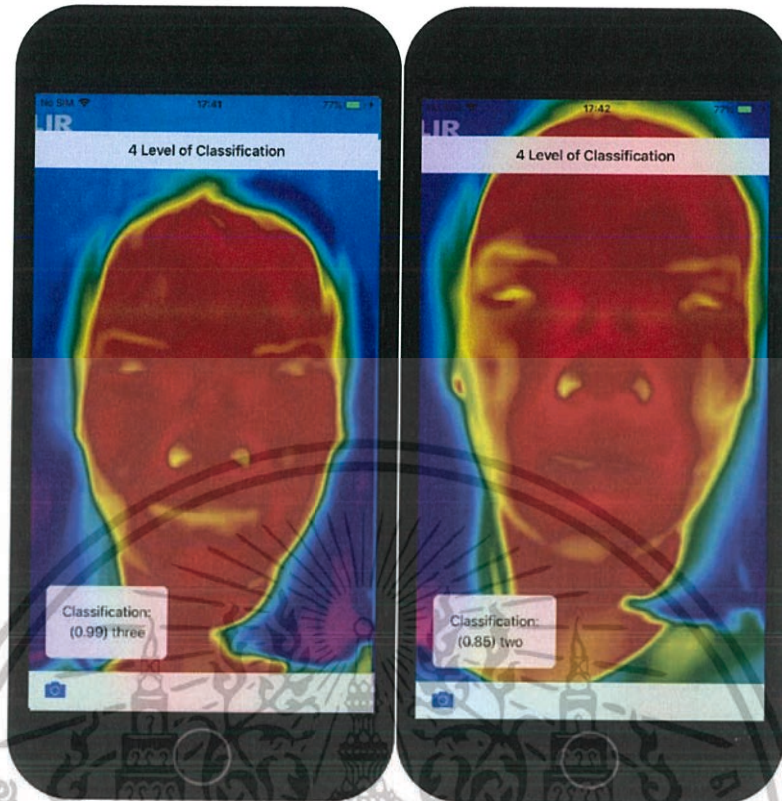
4.3 ผลการทดสอบการประมวลผลของ CoreML บน iOS

แอปพลิเคชันมีสองแอปพลิเคชัน, Binary Classification, 4 level of Classification มีตัวอย่างการทำงานดังรูปที่ 56 และ 57 ตามลำดับโดยภายในแอปพลิเคชันจะแสดงชื่อแอปพลิเคชัน รูปภาพที่ทำการคัดแยกประเภท ผลของการทำนายพร้อมทั้งค่าความน่าจะเป็น และปุ่มสำหรับเลือกรูปภาพเพื่อนำมาทำนาย



รูปที่ 56 การทำงานของแอปพลิเคชัน Binary Classification

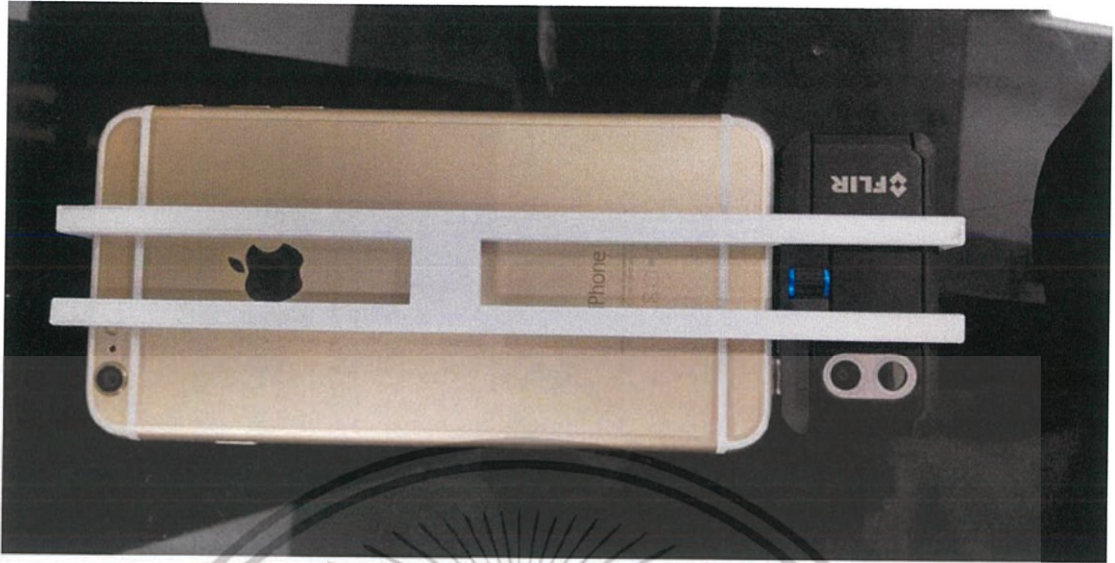
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 57 การทำงานของแอปพลิเคชัน 4 Level of Classification

4.4 การประกอบฮาร์ดแวร์

หลังจากทำการออกแบบตัวยึดโทรศัพท์กับกล้องอินฟราเรดก็ทำการพิมพ์แบบสามมิติออกมาแล้วนำไปประกอบกับโทรศัพท์เพื่อป้องกันไม่ให้โทรศัพท์กับกล้องอินฟราเรดหลุดออกจากกันดังรูปที่ 58, 59 และ 60

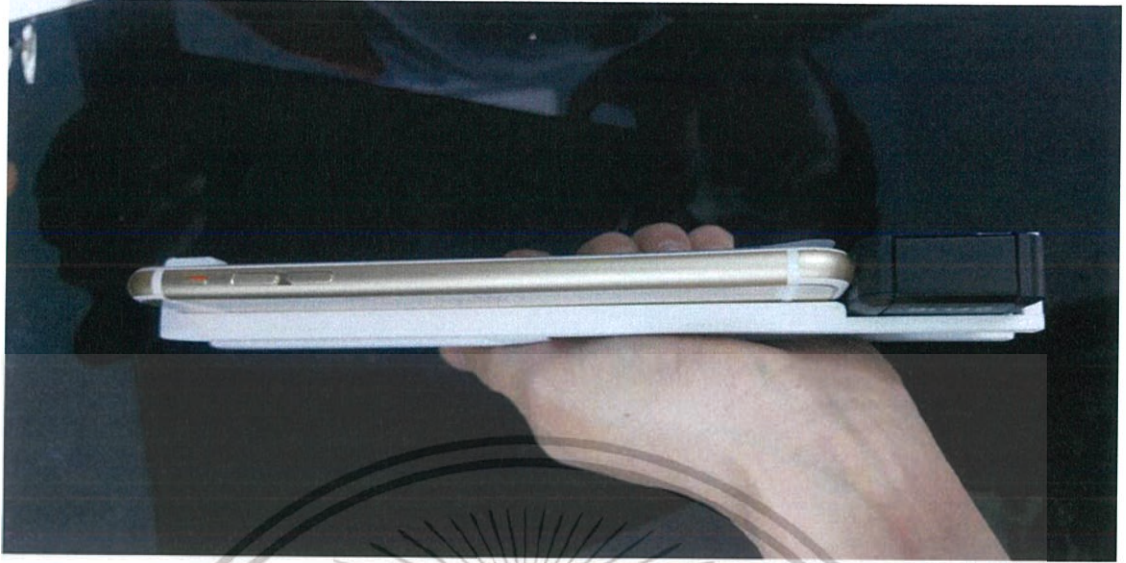


รูปที่ 58 มุมด้านหลังเมื่อประกอบตัวยึด



รูปที่ 59 มุมด้านหน้าเมื่อประกอบตัวยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 60 มุมด้านข้างเมื่อประกอบตัวยึด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยผลการทดลองด้านโปรแกรมที่ทำนายการตี๋มเปียร์ โดยมุ่งเน้นให้โมเดลสามารถทำนายได้ว่าอาสาสมัครตี๋มเปียร์ไปกี่แก้ว เช่น 1 แก้ว, 2 แก้ว, 3 แก้ว หรือไม่ได้ตี๋มเลยเป็นหลัก และยังอีกหนึ่งโมเดลที่สามารถทำนายได้ว่าอาสาสมัครตี๋มหรือไม่ได้ตี๋มเปียร์ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการสอน ขั้นตอนการตรวจสอบ และขั้นตอนการทดสอบ จากการทดลองเมื่อนำโมเดลที่ถูกสอนแล้วไปผ่านขั้นตอนการสอน และขั้นตอนการตรวจสอบ แล้วพบว่าโมเดล Nasnet mobile คือโมเดลที่มีความแม่นยำมากที่สุด สำหรับ 4 level of Classification (ตี๋ม 1 แก้ว, 2 แก้ว, 3 แก้ว หรือไม่ได้ตี๋ม) ซึ่งม้ค่าความแม่นยำอยู่ที่ 50 % ส่วนโมเดลที่มีความแม่นยำมากที่สุด สำหรับ Binary Classification ได้แก่ โมเดล Resnet V2 ซึ่งม้ค่าความแม่นยำอยู่ที่ 83.3%

การทำระบบประมวลผลของ CoreML บน iOS มีทั้งหมด 2 แอปพลิเคชัน คือ Binary Classification และ 4 Level of Classification โดยเลือกใช้โมเดลที่มีความแม่นยำสูงที่สุดจากการใช้ Transfer learning ผ่านไลบรารี TensorFlow และแปลงโมเดลเป็นโมเดลที่รองรับ CoreML ซึ่งแอปพลิเคชัน Binary Classification ใช้โมเดล Resnet V2 ส่วนแอปพลิเคชัน 4 Level of Classification ใช้โมเดล Nasnet mobile เมื่อทำการติดตั้งแอปพลิเคชันลงบน iOS แล้ว แอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ปกติ มีการประมวลผลรวดเร็ว แต่เมื่อทดลองใช้งานแอปพลิเคชันแล้วพบว่าผลที่ได้ไม่ค่อยมีความแม่นยำ เนื่องจากมีรูปในการสอนโมเดลน้อยเกินไป

แต่แอปพลิเคชันไม่สามารถถ่ายรูปจากกล้องอินฟราเรดได้เนื่องจาก API สำหรับการเรียกใช้งานกล้องอินฟราเรด FLIR One Pro รองรับแค่ภาษา Objective-C ส่วนในการเขียนแอปพลิเคชันทำนายการตี๋มเปียร์จำเป็นต้องใช้ Framework ของ CoreML ซึ่งรองรับเฉพาะภาษา Swift และใช้ได้แค่ใน iOS 12.0 ขึ้นไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโมเดลที่ทางคณะผู้จัดทำพัฒนา มีความแม่นยำที่ค่อนข้างน้อยจึงต้องเพิ่มค่าความแม่นยำของโมเดลมากขึ้นสามารถทำได้โดยดังนี้

1. ควรเพิ่มจำนวนอาสาสมัคร เพื่อให้มีฐานข้อมูลในการสอนโมเดลมากขึ้นและทำให้โมเดลรู้จักข้อมูลที่มีความหลากหลาย
2. ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาพของอาสาสมัคร ควรถ่ายรูปภาพหลากหลายมุมและหลายรูปในเวลาเดียวกันเพื่อให้ได้ฐานข้อมูลมากขึ้น
3. ทำการปรับค่าตัวแปรที่ใช้สำหรับการสอนโมเดลเพื่อให้ได้โมเดลที่เหมาะสมที่สุด

ในส่วนของแอปพลิเคชันก็มีข้อเสนอแนะโดยที่แอปพลิเคชันยังไม่สามารถรองรับภาษา Swift ได้ทั้งหมดจึงควรเขียนแอปพลิเคชันในส่วนของการถ่ายรูปให้ใช้ภาษา Swift ได้ และควรที่จะปรับแต่งแอปพลิเคชันให้ใช้ได้ง่ายขึ้นกว่าเดิม



บรรณานุกรม

- [1] Drunk-spotting With an Infrared Camera [ออนไลน์]. 2555 [ค้นเมื่อ 27 กรกฎาคม 2561]. จาก <https://www.technologyreview.com/s/429640/drunk-spotting-with-an-infrared-camera/>.
- [2] How thermal cameras could be used to catch drink drivers: Algorithm spots changes in the face caused by an 'alcohol flush' [ออนไลน์]. 2557 [ค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2561]. จาก <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3062494/How-thermal-cameras-used-catch-drink-drivers-Algorithm-spots-changes-face-caused-alcohol-flush.html>.
- [3] Face Recognition and Drunk Classification Using Infrared Face Images [ออนไลน์]. 2561 [ค้นเมื่อ 8 กรกฎาคม 2561]. จาก <https://www.hindawi.com/journals/js/2018/5813514/>.
- [4] Infrared Knowledge [ออนไลน์]. 2560 [ค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2561]. จาก <http://www.flir.in.th/th/infrared-knowledge2.html>.
- [5] อินฟราเรด [ออนไลน์]. 2560 [ค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2561]. จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/อินฟราเรด>.
- [6] Deep Learning คืออะไร [ออนไลน์]. 2560 [ค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2561]. จาก <https://blog.finnomena.com/deep-learning-คืออะไร-อาชีพไหนจะตงานบ้าง-499c250784a1>.
- [7] Deep Learning (ดีพ เลินนิง) [ออนไลน์]. 2561 [ค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2561]. จาก <http://www.mindphp.comบทความ/240-ai-machine-learning/5278-deep-learning.html>.
- [8] Deep Learning คืออะไร [ออนไลน์]. 2561 [ค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2561]. จาก <https://medium.com/@athivat/deep-leaning-คืออะไร-785e16d01773>.
- [9] ระบบปฏิบัติการ IOS [ออนไลน์]. 2561 [ค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2561]. จาก <https://beerkung.wordpress.com/ระบบปฏิบัติการรุ่นล่าสุด/ระบบปฏิบัติการ-ios>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] ระบบปฏิบัติการ ANDROID [ออนไลน์]. 2561 [ค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2561]. จาก <https://beerkung.wordpress.com/ระบบปฏิบัติการรุ่นล่าสุด/ระบบปฏิบัติการ-android/>.

[11] ประเภทของ Machine Learning [ออนไลน์]. 2561 [ค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2561]. จาก <https://medium.com/tencent-thailand/ประเภทของ-machine-learning-f3159fee7b56>.

[12] Supervised Vs Unsupervised Learning [ออนไลน์]. 2561 [ค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2561]. จาก <https://medium.com/@nattaponra/ml2-supervised-vs-unsupervised-learning-จะไหวหรือไม่ไหว-aae9aa6f142b>.

[13] ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี [ออนไลน์]. 2561 [ค้นเมื่อ 30 กรกฎาคม 2561]. จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี>.

[14] Core ML and Vision: Machine Learning in iOS 11 Tutorial [ออนไลน์]. 2560 [ค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2562]. จาก <https://www.raywenderlich.com/577-core-ml-and-vision-machine-learning-in-ios-11-tutorial>.

[15] Get Ready for Core ML 2 [ออนไลน์]. 2560 [ค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2562]. จาก <https://developer.apple.com/machine-learning/>.

[16]. FLIR ONE Pro [ออนไลน์]. 2560 [ค้นเมื่อ 1 เมษายน 2562]. จาก <https://www.flir.com/products/flir-one-pro/>.

[17] รู้จักกับ Swift [ออนไลน์]. 2557 [ค้นเมื่อ 10 เมษายน 2562]. จาก <https://www.macthai.com/2014/06/07/introduction-to-swift-programming-language-from-apple/>.

[18] Autodesk inventor [ออนไลน์]. 2557 [ค้นเมื่อ 10 เมษายน 2562]. จาก <http://inventorfocus.blogspot.com/2014/04/autodesk-inventor.html>.

[19] [Create ML] สร้างโมเดล Machine Learning (Core ML 2) แบบง่ายๆด้วย Create ML จาก Apple [ออนไลน์]. 2560 [ค้นเมื่อ 10 เมษายน 2562]. จาก

<https://medium.com/@kajornsakp/create-ml-สร้าง-machine-learning-โมเดล-core-ml-แบบง่ายด้วย-create-ml-จาก-apple-2a7b4ec4d2b5>.

[20] สร้าง Machine Learning บน iOS ด้วย Core ML และ ML Kit [ออนไลน์]. 2560 [ค้นเมื่อ 10 เมษายน 2562]. จาก <https://medium.com/scoutoutlimited/สร้าง-machine-learning-บน-ios-ด้วย-core-ml-และ-ml-kit-856575b8a837>.

[21] ทำความรู้จักกับ Core ML — Machine Learning บน iOS 11 [ออนไลน์]. 2559 [ค้นเมื่อ 10 เมษายน 2562]. จาก <https://blog.finnomena.com/ทำความรู้จักกับ-core-ml-machine-learning-บน-ios-11-1a94c2f8d7a9>.

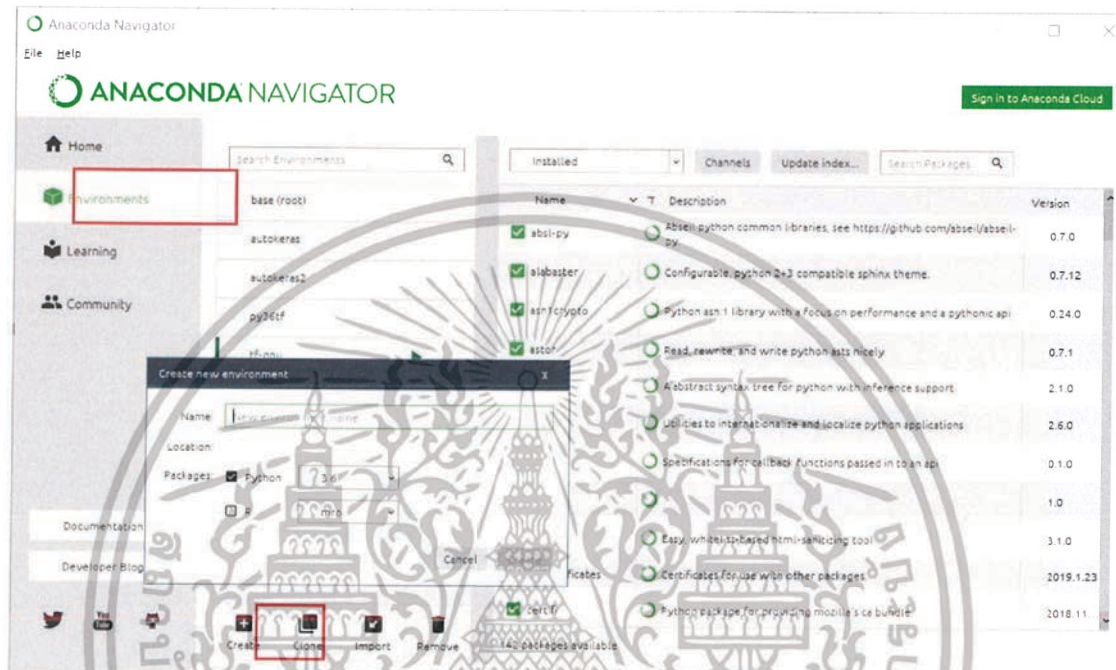




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการลงไลบรารีในการสอนโมเดล

1. ดาวน์โหลด Anaconda
2. ทำการสร้าง Environment โดยกดเข้าไปที่ Environments → Create



ตั้งชื่อและเลือก version ของ python แล้วกด create

3. กดเข้าหน้า terminal แล้วทำการตรวจสอบ version ของ python ว่าตรงตามที่ต้องการหรือไม่ ด้วยคำสั่ง `python --version`

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
(tf-gpu) C:\Users\FrontMe>python --version
Python 3.6.8 :: Anaconda, Inc.
(tf-gpu) C:\Users\FrontMe>
```

4. ลง Tensorflow - GPU ด้วยคำสั่ง `conda install tensorflow-gpu` ซึ่งคำสั่ง `conda` จะเป็นการลงไลบรารีที่เกี่ยวข้องกับไลบรารีหลักให้ด้วย
5. ลงไลบรารีอื่นๆ ดังนี้
`conda install -c anaconda cudatoolkit==9.0`

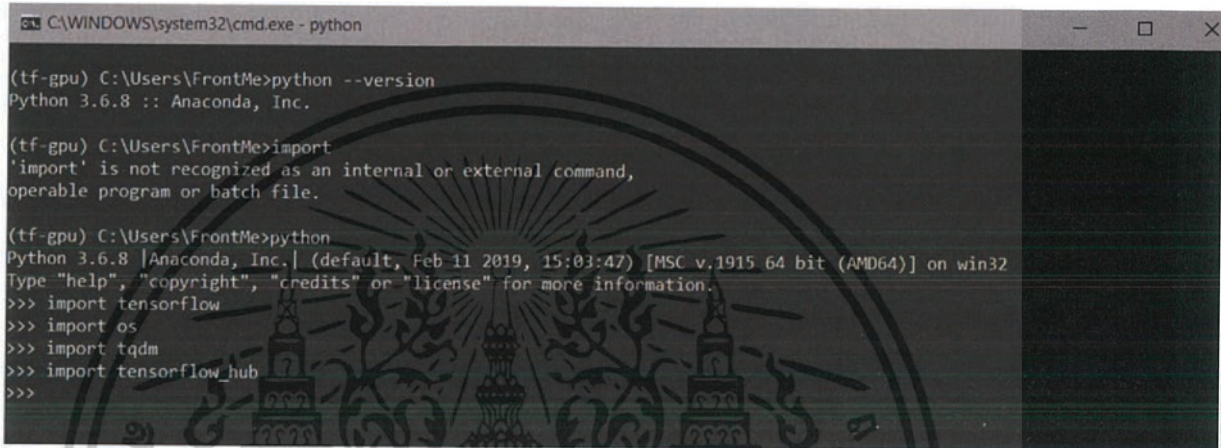
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
conda install -c conda-forge tqdm
```

```
pip install os
```

```
pip install tensorflow-hub
```

6. ทำการเช็คความสามารถใช้ไลบรารีข้างต้นได้หรือใหม่ด้วยการพิมพ์ python แล้วตามด้วย import ไลบรารีที่ต้องการ ผลที่ได้จะไม่มี error ขึ้นดังรูป



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - python
(tf-gpu) C:\Users\FrontMe>python --version
Python 3.6.8 :: Anaconda, Inc.

(tf-gpu) C:\Users\FrontMe>import
'import' is not recognized as an internal or external command,
operable program or batch file.

(tf-gpu) C:\Users\FrontMe>python
Python 3.6.8 |Anaconda, Inc.| (default, Feb 11 2019, 15:03:47) [MSC v.1915 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> import tensorflow
>>> import os
>>> import tqdm
>>> import tensorflow_hub
>>>
```

โปรแกรมภาษา python ที่ใช้อยู่ใน

https://github.com/tensorflow/hub/tree/master/examples/image_retraining

วิธีการลงไลบรารีในการแปลงโมเดลเพื่อนำไปใช้ในแอปพลิเคชัน

ใช้ไลบรารี tfcoreml ซึ่งมี dependencies ที่ต้องการดังนี้

- tensorflow >= 1.5.0
- coremltools >= 0.8
- numpy >= 1.6.2
- protobuf >= 3.1.0
- six >= 1.10.0

จาก dependencies จะเห็นว่ามีไลบรารีบางตัวที่ version ไม่ตรงกับที่เคยลงไว้ จึงจำเป็นที่จะต้องสร้าง Environment ขึ้นใหม่เพื่อลงเฉพาะไลบรารีที่เกี่ยวข้อง

โปรแกรมภาษา python ที่ใช้ดังนี้

```
import tfcoreml as tf_converter
tf_converter.convert(tf_model_path = 'home/thorlabs/python/pangfront/RetrainIR/Forbinary/MODEL FOR 012/ResnetV2_50/ResnetV2_50 same/output_graph.pb',
                    mlmodel_path = 'home/thorlabs/python/pangfront/RetrainIR/Forbinary/MODEL FOR 012/ResnetV2_50/ResnetV2_50_224_binary2.mlmodel',
                    output_feature_names = ['final_result:0'],
                    image_input_names = 'Placeholder_0',
                    input_name_shape_dict = {"image": [1,224,224,3]},
                    class_labels = 'home/thorlabs/python/pangfront/RetrainIR/Forbinary/MODEL FOR 012/ResnetV2_50/ResnetV2_50 same/output_labels.txt',
                    image_scale= 2.0/255.0)
```

tf_model_path คือ directory ของไฟล์ pb

mlmodel_path คือ directory ของไฟล์ mlmodel ที่ต้องการจะ save

output_feature_names คือ ชื่อของ output

image_input_names คือ ชื่อของ input

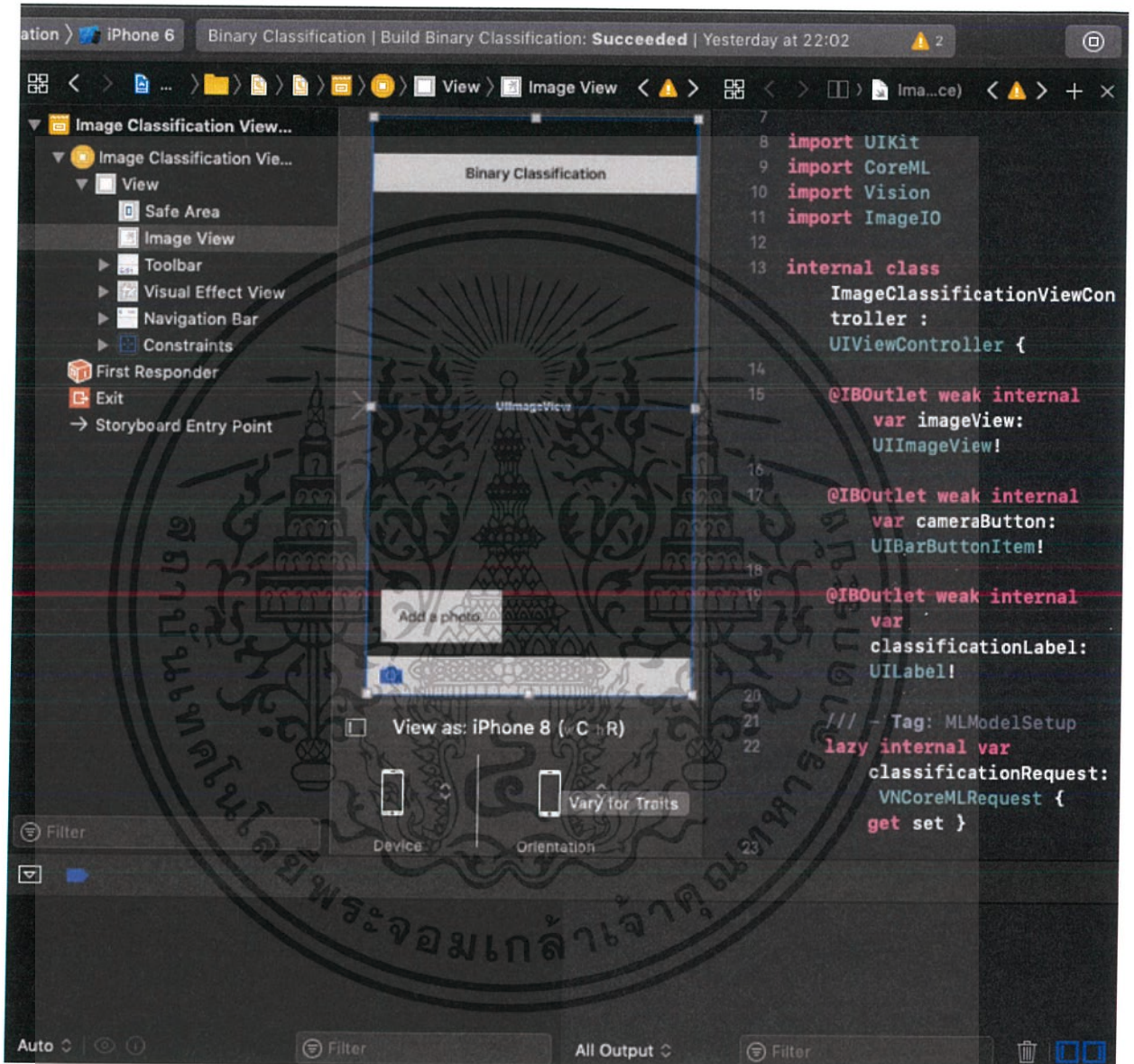
input_name_shape_dict คือ ชนิดและขนาดของรูปภาพ input

class_labels คือ directory ของไฟล์ output.txt



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งที่เขียนแอปพลิเคชัน Binary Classification



Storyboard

Code

/*

See LICENSE folder for this sample's licensing information.

Abstract:

View controller for selecting images and applying Vision + Core ML processing.

```
*/
```

```
import UIKit
```

```
import CoreML
```

```
import Vision
```

```
import ImageIO
```

```
class ImageClassificationViewController: UIViewController {
```

```
// MARK: - IBOutlets
```

```
@IBOutlet weak var imageView: UIImageView!
```

```
@IBOutlet weak var cameraButton: UIBarButtonItem!
```

```
@IBOutlet weak var classificationLabel: UILabel!
```

```
// MARK: - Image Classification
```

```
/// - Tag: MLModelSetup
```

```
lazy var classificationRequest: VNCoreMLRequest = {
```

```
do {
```

```
/*
```

```
Use the Swift class 'MobileNet' Core ML generates from the model.
```

```
To use a different Core ML classifier model, add it to the project  
and replace 'MobileNet' with that model's generated Swift class.
```

```
*/
```

```
let model = try VNCoreMLModel(for: NewResnetV2_50_224_binary().model)
```

```
let request = VNCoreMLRequest(model: model, completionHandler: { [weak self]
```

```
request, error in
```

```
self?.processClassifications(for: request, error: error)
```

```
})
```

```
request.imageCropAndScaleOption = .centerCrop
```

```
return request
```

XX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    } catch {
        fatalError("Failed to load Vision ML model: \(error)")
    }
}()

/// - Tag: PerformRequests
func updateClassifications(for image: UIImage) {
    classificationLabel.text = "Classifying..."

    let orientation = CGImagePropertyOrientation(image.imageOrientation)
    guard let cilmage = CImage(image: image) else { fatalError("Unable to create
    \(CImage.self) from \(image).") }

    DispatchQueue.global(qos: .userInitiated).async {
        let handler = VNImageRequestHandler(cilmage: cilmage, orientation:
        orientation)
        do {
            try handler.perform([self.classificationRequest])
        } catch {
            /*
            This handler catches general image processing errors. The
            `classificationRequest`'s
            completion handler `processClassifications( :error:)` catches errors specific
            to processing that request.
            */
            print("Failed to perform classification.\n\(error.localizedDescription)")
        }
    }
}
}

```

```

/// Updates the UI with the results of the classification.
/// - Tag: ProcessClassifications
func processClassifications(for request: VNRequest, error: Error?) {
    DispatchQueue.main.async {
        guard let results = request.results else {
            self.classificationLabel.text = "Unable to classify
            image.\n\(error!.localizedDescription)"
            return
        }
        // The `results` will always be `VNClassificationObservation`s, as specified
        by the Core ML model in this project.
        let classifications = results as! [VNClassificationObservation]
        if classifications.isEmpty {
            self.classificationLabel.text = "Nothing recognized."
        } else {
            // Display top classifications ranked by confidence in the UI.
            let topClassifications = classifications.prefix(1)
            let descriptions = topClassifications.map { classification in
                // Formats the classification for display; e.g. "(0.37) cliff, drop, drop-off".
                return String(format: "(%.2f) %@", classification.confidence,
                classification.identifier)
            }
            self.classificationLabel.text = "Classification:\n" +
            descriptions.joined(separator: "\n")
        }
    }
}

// MARK: - Photo Actions
@IBAction func takePicture() {

```

```

// Show options for the source picker only if the camera is available.
guard UIImagePickerController.isSourceTypeAvailable(.camera) else {
    presentPhotoPicker(sourceType: .photoLibrary)
    return
}

let photoSourcePicker = UIAlertController()
let takePhoto = UIAlertAction(title: "Take Photo", style: .default) { [unowned self]
    _ in
    self.presentPhotoPicker(sourceType: .camera)
}
let choosePhoto = UIAlertAction(title: "Choose Photo", style: .default) { [unowned
self] _ in
    self.presentPhotoPicker(sourceType: .photoLibrary)
}
photoSourcePicker.addAction(takePhoto)
photoSourcePicker.addAction(choosePhoto)
photoSourcePicker.addAction(UIAlertAction(title: "Cancel", style: .cancel, handler:
nil))
present(photoSourcePicker, animated: true)
}

func presentPhotoPicker(sourceType: UIImagePickerControllerSourceType) {
    let picker = UIImagePickerController()
    picker.delegate = self
    picker.sourceType = sourceType
    present(picker, animated: true)
}

}

extension ImageClassificationViewController: UIImagePickerControllerDelegate,

```

```

UINavigationControllerDelegate {
// MARK: - Handling Image Picker Selection

func imagePickerController(_ picker: UIImagePickerController,
didFinishPickingMediaWithInfo info: [String: Any]) {
picker.dismiss(animated: true)

// We always expect `imagePickerController(:didFinishPickingMediaWithInfo:)` to
supply the original image.
let image = info[UIImagePickerControllerOriginalImage] as! UIImage
imageView.image = image
updateClassifications(for: image)
}
}

```



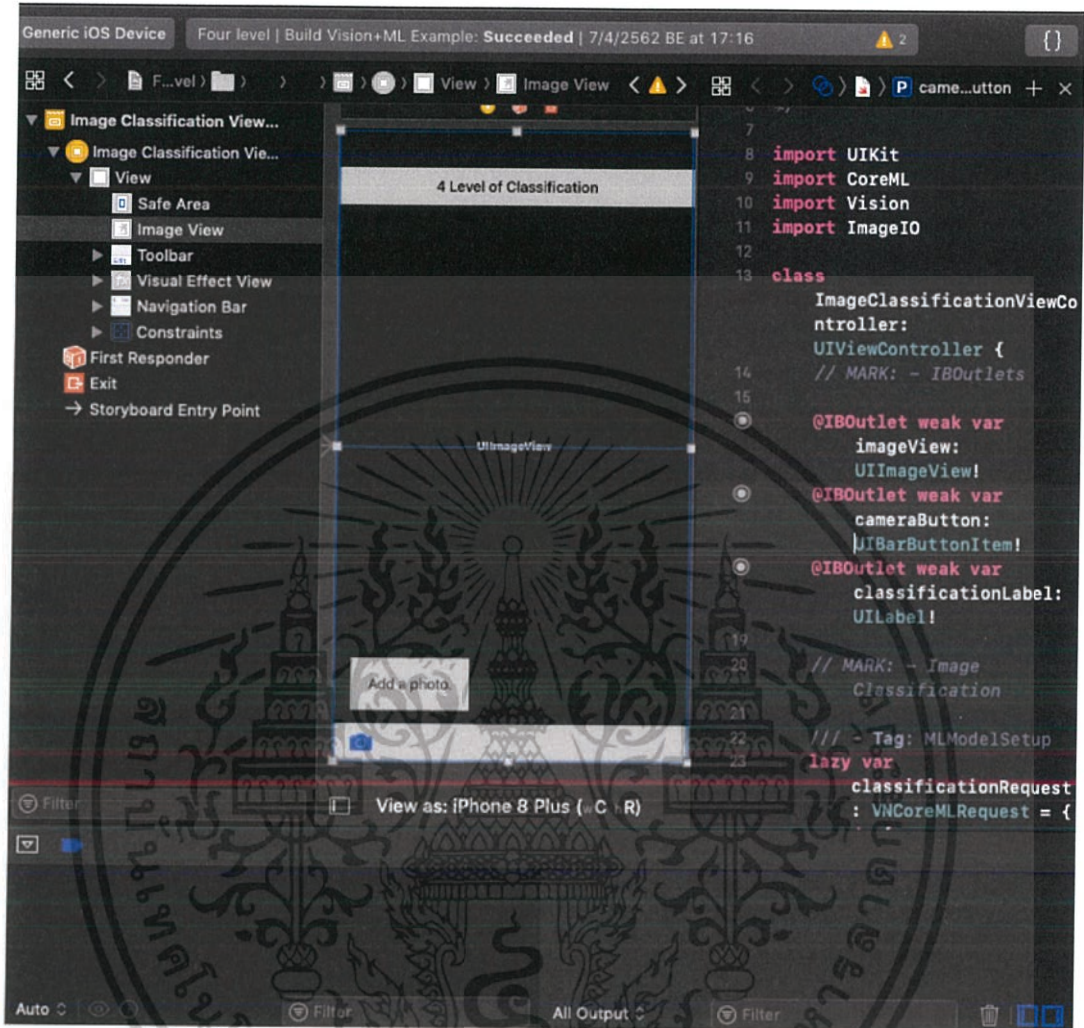


ภาคผนวก ค.

4 Level of Classification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งที่เขียนแอปพลิเคชัน 4 Level of Classification



Storyboard

Code

/*

See LICENSE folder for this sample's licensing information.

Abstract:

View controller for selecting images and applying Vision + Core ML processing.

*/

XXVI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

import UIKit

import CoreML

import Vision

import ImageIO

class ImageClassificationViewController: UIViewController {

    // MARK: - IBOutlets

    @IBOutlet weak var imageView: UIImageView!

    @IBOutlet weak var cameraButton: UIBarButtonItem!

    @IBOutlet weak var classificationLabel: UILabel!

    // MARK: - Image Classification

    /// - Tag: MLModelSetup
    lazy var classificationRequest: VNCoreMLRequest = {
        do {
            /*
            Use the Swift class 'MobileNet' Core ML generates from the
            model.

            To use a different Core ML classifier model, add it to the project
            and replace 'MobileNet' with that model's generated Swift class.

            */

            let model = try VNCoreMLModel(for: nasnet_4classify().model)

```

```

let request = VNCoreMLRequest(model: model,
completionHandler: { [weak self] request, error in
self?.processClassifications(for: request, error: error)
})

request.imageCropAndScaleOption = .centerCrop

return request
} catch {
fatalError("Failed to load Vision ML model: \(error)")
}
}

// - Tag: PerformRequests
func updateClassifications(for image: UIImage) {
classificationLabel.text = "Classifying..."

let orientation = CGImagePropertyOrientation(image.imageOrientation)

guard let cimage = CIImage(image: image) else { fatalError("Unable to create
\(CIImage.self) from \(image).") }

DispatchQueue.global(qos: .userInitiated).async {

let handler = VNImageRequestHandler(cimage: cimage, orientation: orientation)

do {

try handler.perform([self.classificationRequest])

} catch {

```

```

/*
This handler catches general image processing errors. The
`classificationRequest`'s
completion handler `processClassifications(_:error:)` catches errors specific
to processing that request.
*/
print("Failed to perform classification.\n\n(error.localizedDescription)")
}
}
}
// Updates the UI with the results of the classification.
// - Tag: ProcessClassifications
func processClassifications(for request: VNRequest, error: Error?) {
DispatchQueue.main.async {
guard let results = request.results else {
self.classificationLabel.text = "Unable to classify
image.\n\n(error!.localizedDescription)"

return
}

// The `results` will always be `VNClassificationObservation`s, as specified by the
Core ML model in this project.

```

```

let classifications = results as! [VNClassificationObservation]

if classifications.isEmpty {

self.classificationLabel.text = "Nothing recognized."

} else {

// Display top classifications ranked by confidence in the UI.

let topClassifications = classifications.prefix(1)

let descriptions = topClassifications.map { classification in

// Formats the classification for display; e.g. "(0.37) cliff, drop, drop-off".

return String(format: "(%.2f) %@", classification.confidence, classification.identifier)

}

self.classificationLabel.text = "Classification:\n" + descriptions.joined(separator:

"\n")

}

}

// MARK: - Photo Actions

@IBAction func takePicture() {

// Show options for the source picker only if the camera is available.

guard UIImagePickerControllerController.isSourceTypeAvailable(.camera) else {

presentPhotoPicker(sourceType: .photoLibrary)

return

```

XXX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }

    let photoSourcePicker = UIAlertController()

    let takePhoto = UIAlertAction(title: "Take Photo", style: .default) { [unowned self]
_in

        self.presentPhotoPicker(sourceType: .camera)

    }

    let choosePhoto = UIAlertAction(title: "Choose Photo", style: .default) { [unowned
self] _ in

        self.presentPhotoPicker(sourceType: .photoLibrary)

    }

    photoSourcePicker.addAction(takePhoto)
    photoSourcePicker.addAction(choosePhoto)
    photoSourcePicker.addAction(UIAlertAction(title: "Cancel", style: .cancel, handler:
nil))

    present(photoSourcePicker, animated: true)

}

func presentPhotoPicker(sourceType: UIImagePickerControllerSourceType) {

    let picker = UIImagePickerController()

    picker.delegate = self

    picker.sourceType = sourceType

    present(picker, animated: true)

```

```

    }
}

extension ImageClassificationViewController: UIImagePickerControllerDelegate,
    UINavigationControllerDelegate {

    // MARK: - Handling Image Picker Selection

    func imagePickerController(_ picker: UIImagePickerController,
        didFinishPickingMediaWithInfo info: [String: Any]) {
        picker.dismiss(animated: true)

        // We always expect
        // 'imagePickerController(:didFinishPickingMediaWithInfo:)' to supply the
        // original image.
        let image = info[UIImagePickerControllerOriginalImage] as! UIImage
        imageView.image = image
        updateClassifications(for: image)
    }
}
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications

General		FLIR One Pro	
Certifications	FCC (US version), RoHS, CE/FCC, CE/C-BC, EN61233		
Operating temperature	0 °C – 35 °C (32 °F to 95 °F), battery charging 0 °C to 30 °C (32 °F to 85 °F)		
Non-operating temperature	-20 °C to 60 °C (-4 °F to 140 °F)		
Size	58mm W x 34mm H x 14mm D (2.7in x 1.3in x .5in)		
Weight	36.5g		
Mechanical shock	Drop from 1.8m (5.9ft)		
Video			
Thermal and visual cameras with MSX			
Thermal sensor	Pixel size 12µm, 8-14µm spectral range		
Thermal resolution	160x120		
Visual resolution	1440x1080		
HDV / V40V	65" x 1" / 43" x 1"		
Frame rate	30 FPS		
Focus	Fixed 15cm - infinity		
Radiometry			
Scene dynamic range	70 °C to 400 °C (158 °F to 752 °F)		
Accuracy	±3 °C (±4 °F) @ 30% typical contrast of shaded objects between ambient scene for periods of 20s. Accuracy after start-up when the sensor is within 15 °C to 30 °C (59 °F to 85 °F) and the scene is within 15 °C to 100 °C (41 °F to 212 °F)		
Thermal sensitivity (MTF10)	0.05 °C		
Emissivity setting	Menu, X-FLIR, Semi-Metric, Custom, 0.1% glossy, 30% emissivity default and the range of 0.1 to 0.97		
Shutter	Automatic/Manual		
Power			
Battery life	Approximate 4h		
Battery charging time	4h		
Interfaces			
Videos	Mini-USB, HDMI, DC-In, Micro-USB, 2/Android		
Charging	Micro-USB, 5V/2.1A/30W		
App			
Video and still image capabilities	Zoom up to 10x, 30x		
Performance	Photo, video, images		
Capture modes	Video, Photo, Thermal		
File sizes	Max. 4GB, 16GB, 32GB, 64GB, 128GB, 256GB, 512GB, 1TB		
Spotmeter	ON / OFF Resolution: 0.01 °F		
Adjustable MSX distance	0.3m to 1m		
Battery charge mode	0 - 100%		

CORPORATE HEADQUARTERS

FLIR Systems, Inc.
27700 SW 76th Ave.
Wilsonville, OR 97150
Phone: +1 503 265 3547

SANTA BARBARA

FLIR Systems, Inc.
6766 Hollister Ave.
Goleta, CA 93117
Phone: +1 805 693 0600

www.flir.com
NA&EU

CHINA

FLIR Systems Co., Ltd.
Room 502, West Wing, Hanwei Building
No. 7 Gongyi Road
Chaoyang District, Beijing 100004, China
Phone: +86 10 59297255

EUROPE

FLIR Systems, Inc.
Lukensburgstrasse 2
2321 Meer
Beleg 0
Phone: +32 (0) 3665 5100

FLIR Systems, Inc. is a U.S. company and may not be authorized to export this product to U.S. restricted countries. Please contact FLIR Systems, Inc. for more information. ©2017 FLIR Systems, Inc. All rights reserved. 38/06/17

www.flir.com/flirone



The World's **Sixth Sense**®

XXXXV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้