

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學(一)科

團隊合作獎

052315

低造價 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報
系統

學校名稱：國立新竹女子高級中學

作者： 高二 黃仲璿 高二 藍柏婷 高二 江季昀	指導老師： 趙振盛
---	------------------

關鍵詞：廚房火災警報、物件識別、遠紅外熱傳感陣
列

摘要

傳統火災警報器無法有效預防火災的發生，且不但容易在烹調時誤觸也無法將警訊傳給在外的住戶，本研究結合遠紅外熱傳感陣列與物件識別，並配合蜂鳴器及LINE簡訊開發一款「低造價 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統」。運用物件識別，本警報系統不需事先手動標記廚具位置即可自動偵測常用廚具的位置、監視其個別溫度是否超出該物件的警報溫度。本警報系統在操作上對一般民眾較友善，對可移動的廚具具備警報能力，且對於非廚具的範圍也設有警報溫度，亦可防範電線走火等非廚具造成的異常高溫。此外，本警報系統在監測到溫度異常狀況時，會根據現場是否有人而發出警報音或可手動取消的提示音，適度減少民眾在烹調時受到的干擾。

壹、前言

一、研究動機

廚房的鍋具空燒是常見的火災發生原因；媽媽們最常遇到的情況就是瓦斯爐上煮了佳餚，卻因為其他的事分心而忘記注意爐火，甚至火還沒關就出了家門，一不小心就釀成悲劇。但是，假如可以精確的提早判斷火災是否可能發生，在火災發生前就連絡到相關人員並提醒他緊急回去處理，許多起火災事件可能就不會發生。因此，本研究利用物件識別和溫度感測結合 LINE Notify 製作智能廚房火災警報系統，即時發現潛在危險並通知相關人員。除了要能夠有效判斷火災、傳遞警訊，為了普及智能火災防制，本研究亦希望能以開源、低造價的方式製造一智能廚房火災警報系統，讓一般大眾可以負擔其價位，自行製作本研究的智能廚房火災警報系統。

二、研究目的

本研究之目的為製作一款「低造價 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統」。該智能廚房火災警報系統需具備以下功能：

- (一) 識別廚房內常見的烹調設備及爐具
- (二) 可偵測廚房內各種烹調設備及爐具的個別溫度
- (三) 可偵測是否有人在旁邊
- (四) 對不同烹調設備及爐具的種類設定個別警報溫度用以判斷是否應發出警報
- (五) 同時以 LINE 訊息和蜂鳴器作為警報提醒使用者

三、文獻回顧

(一) 物件識別及 Pytorch

廣義的影像識別 (Image Recognition) 可分為影像分類 (Image Classification) 和物件識別 (Object Detection)。影像分類是將整個畫面視為一個整體，並輸出對於畫面內容的單一描述；物件識別則是可辨識出畫面中存在於類別列表中的所有物件。本研究需使用到的是物件識別 (Object Detection)，即讓電腦藉由大量數據訓練產出的模型去分析影像中的物件的類別，並標記出物件的範圍及信心度。

PyTorch 是一種機器學習框架，可用於收集及標記自己的訓練數據集。本研究使用的 Jetson Nano 2GB 具有擅長處理圖像數據的 GPU，可提升 PyTorch 在機器學習上的速度。

(二) MLX90640 產品規格手冊

MLX90640 是 Melexis 公司生產的一款解析度為 32x24 像素的低價位遠紅外熱傳感陣列，可偵測的溫度範圍為 -40°C 至 300°C ，可正常運作的溫度範圍為 -40°C 至 85°C 。此遠紅外熱傳感陣列的視場有 $55^{\circ}\times 35^{\circ}$ 和 $110^{\circ}\times 75^{\circ}$ 兩種款式，而本研究使用 $55^{\circ}\times 35^{\circ}$ 的款式。

(三) 現有技術討論

ICCS 上有一篇論文 (Smart Fire Alarm System with Person Detection and Thermal Camera) 介紹用於廚房的智能火災報警系統，使用 YOLOv3-tiny 和名為 TuringNN 的高效神經網絡推算框架，藉由檢測溫度與人員是否到場預測潛在火災。

該系統使用兼備熱像儀、攝像頭與網路傳輸功能的高價熱成像攝影機 (浙江大華技術股份有限公司製造的 DH-TPC-BF2221-T Thermal Network Hybrid Bullet Camera，成本約為 1700 美元) 進行影像識別及溫度感測。在實測前，以觀測爐火對鍋具的正常溫度變化數據擬定加熱曲線作為警報值。使用前需先手動標註爐灶的位置，再以可調整的時間間隔規律地偵測目標位置的溫度，並將監視器畫面和溫度資料傳至伺服器進行運算。此至能廚房火災警報系統在有辨識到「人」的時候不會被觸發，但若現場無人，會觸發警報的條件與相對應的警報方式如下圖一。

Table 1.
Different thresholds in different temperature ranges.

Temperature range (°C)	Temperature threshold (°C)	Check interval (s)	Ascent rate threshold (°C/s)	Disposal actions
180–220	220	1.2	3	Buzzer
220–250	250	1	2.4	The above and IM app
250–300	300	0.8	1.8	The above and phone call
Above 300	350	0.6	1.5	The above and shut off stove

(圖一) 智能火災警報的觸發條件

貳、研究設備及器材

一、硬體設備：電腦、MLX90640 遠紅外熱傳感陣列、蜂鳴器、Logitech c270 Webcam、NVIDIA Jetson Nano 2GB、3D列印機、簡易 CNC 車床、K型熱電偶。

二、軟體：EasyEDA 網頁 EDA 設計工具套件、FreeCAD 3D 製圖工具。

參、研究過程或方法

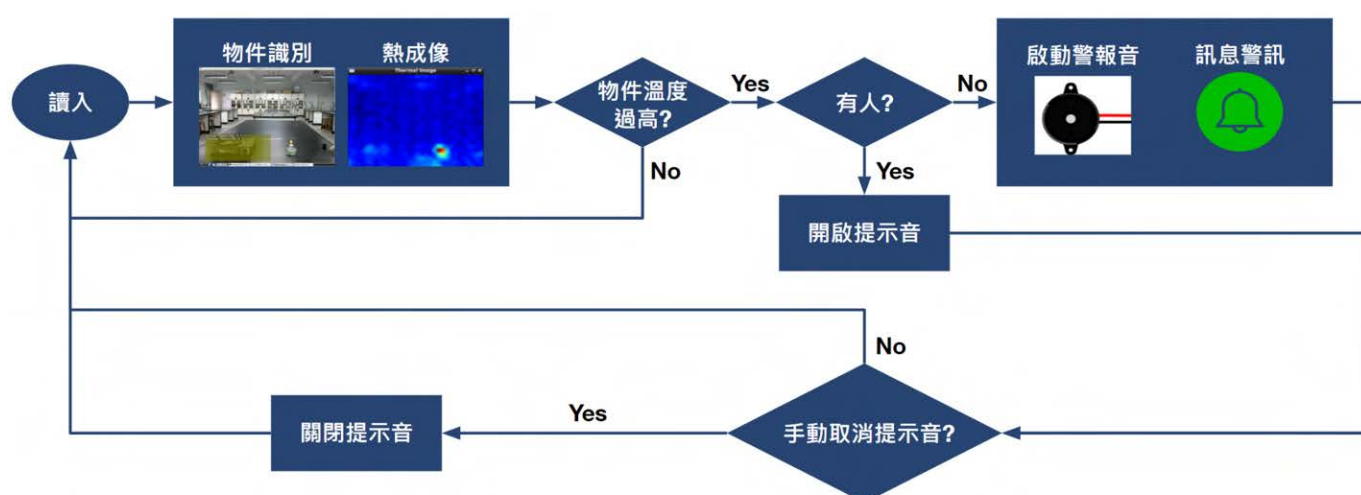
一、系統運作架構

為了達成本研究期望的效果，本研究設計的低造價 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統運作流程架構如圖二所示：

每讀入一個影格的攝像影像及熱成像資料，首先將熱成像資料與經物件識別處理的攝像影像資料疊合，判斷是否有物件或背景環境溫度高於警報溫度。若有，則繼續判斷攝像影像中是否有偵測到「人」這個物件。若有偵測到人，則以蜂鳴器發出提示音；而若有物件或背景環境溫度高於警報溫度且沒有偵測到「人」，則啟動蜂鳴器之警報音，並同時以 LINE 官方推出的 LINE Notify 作為媒介，傳送訊息警訊至先前指定的 LINE 用戶或群組。

訊息警訊包含有文字警訊及影像：文字警訊包含出現溫度異常狀況之物件的名稱與溫度資訊；影像則為一經物件識別且標示個別物件溫度的攝像影像、以及一經物件識別的攝像影像與熱成像資料疊圖所得的現場溫度分布影像。

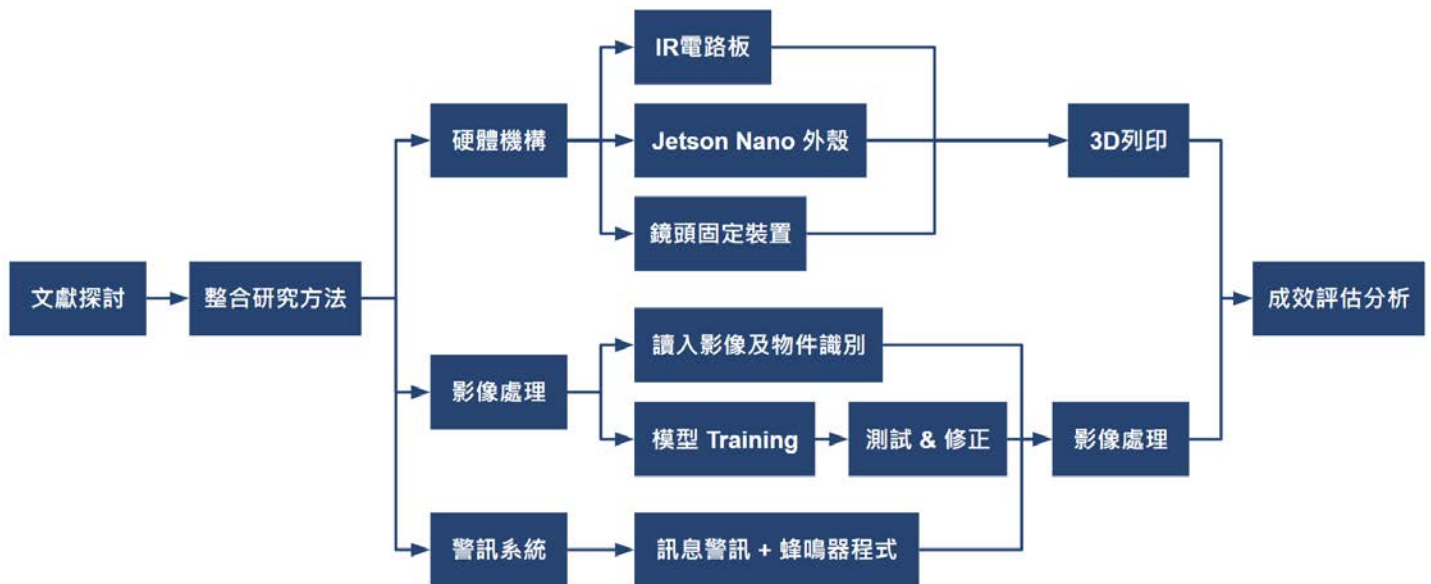
警報觸發後，若於畫面中辨識到「人」，則判斷為有人接收到警報前來確認現場狀況，即關閉警報音、改以提示音提醒現場的使用者須處理溫度異常之狀況；而要解除提示音，需由使用者手動按下提示音取消鍵，以確保該使用者有確實接收到警訊，可對此溫度異常狀況有所處理。



(圖二) 低造價 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統運作流程圖

二、研究流程

本研究之研究流程圖如圖三。本研究方法分為三大部分進行：硬體機構、影像處理、以及警訊系統。硬體機構包含遠紅外熱傳感陣列的電路板、Jetson Nano 保護外殼、以及攝像頭與遠紅外熱傳感陣列的固定裝置。影像處理和警訊系統皆屬於軟體層面，前者為影像資料的處理及物件辨識，後者則依據影像處理所得的結果判斷是否發出訊息警訊和啟動蜂鳴器。將以上三個部分整合後，再進行最終的成效評估、分析。



(圖三) 研究流程圖

三、硬體機構

(一) 遠紅外熱傳感陣列模組的電路板

1. 設計電路板

根據 Melexis 官方網站提供的 MLX90640 遠紅外熱傳感陣列的產品資訊 (如圖四) 及 Jetson Nano 的接腳 (如圖五)，在 EasyEDA 繪製遠紅外熱傳感陣列連接至 Jetson Nano 的電路簡圖 (如圖六)，得出合適的電路圖 (如圖七) 及電路板設計圖 (如圖八)。

2. 刻製電路板並組裝

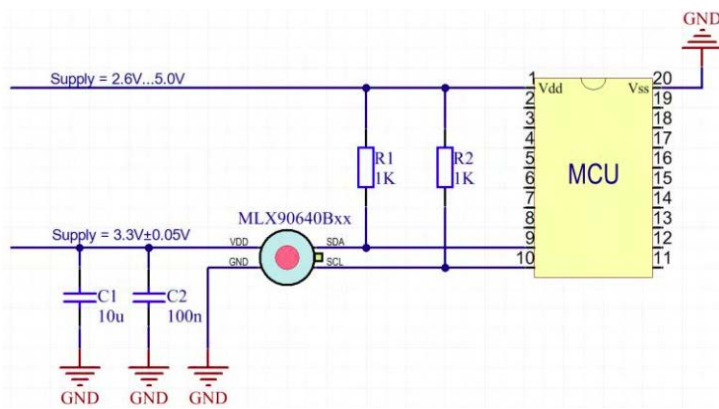
使用簡易 CNC 車床刻製遠紅外熱傳感陣列模組的電路板 (如圖九及圖十)，並完成組裝 (如圖十一)。

MLX90640	Jetson-Nano
VDD(Pin2)	(Pin1)3.3VDC
SDA(Pin1)	(Pin3)I2C1_SDA
SCL(Pin4)	(Pin5)I2C1_SCL
GND(Pin3)	(Pin6)GND

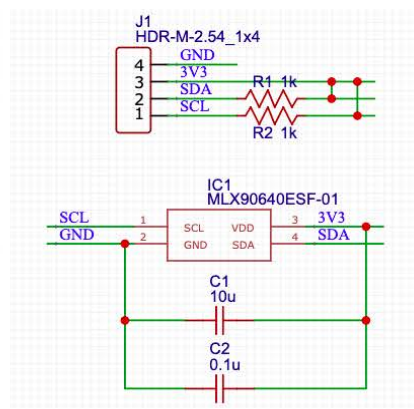
(圖四) MLX90640 接腳對照表

SoC GPIO	Linux GPIO #	Alternate Function	Default Function	Default Function	Alternate Function	Linux GPIO #	SoC GPIO
PJ.03	75	GPIO	3.3 VDC	①	5 VDC		
PJ.02	74	GPIO	I2C1_SDA	②	5 VDC		
PBB.00	216	AUD_CLK	GPIO	③	GND		
PG.02	50	UART1_RTS	GPIO	④	UART1_TXD	GPIO	48
PB.06	14	SPI1_SCK	GPIO	⑤	UART1_RXD	GPIO	49
PF.02	194		3.3 VDC	⑥	GND	I2S0_SCLK	79
PC.00	16	SPI0_MOSI	GPIO	⑦	GPIO	SPI1_CS1	232
PC.01	17	SPI0_MISO	GPIO	⑧	GPIO	SPI1_CS0	15
PC.02	18	SPI0_SCK	GPIO	⑨	GPIO	SPI1_MISO	13
PB.05	13	GPIO	I2C0_SDA	⑩	GND	GPIO	18
PB.05	149	CAM_MCLK	GPIO	⑪	GND	PWM	168
PZ.00	200	CAM_MCLK	GPIO	⑫	GND		
PE.06	38	PWM	GPIO	⑬	GND		
PJ.04	76	I2S0_FS	GPIO	⑭	GPIO	UART1_CTS	51
PB.04	12	SPI1_MOSI	GPIO	⑮	GPIO	I2S0_DN	77
			GND	⑯	GPIO	I2S0_DOUT	78

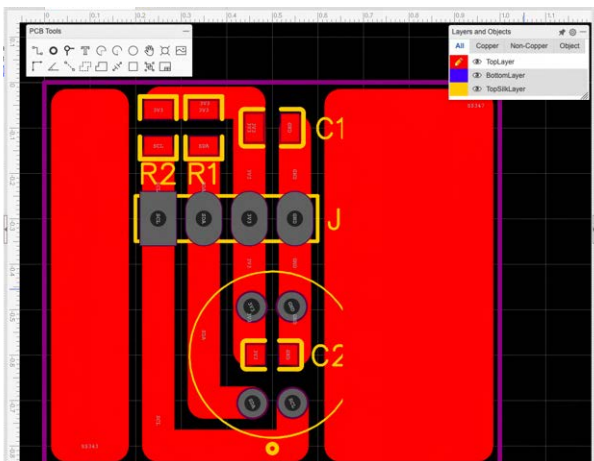
(圖五) Jetson Nano 接腳示意圖



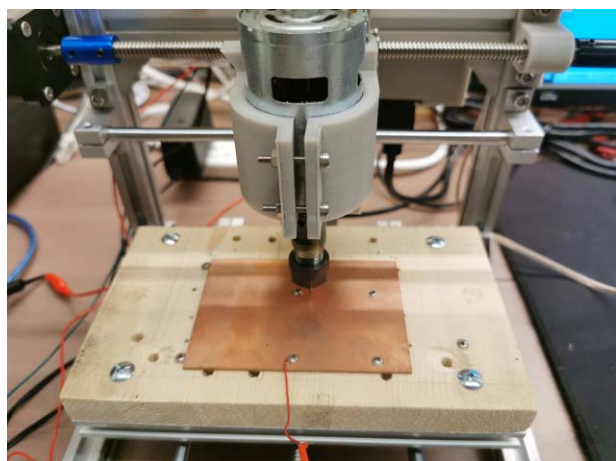
(圖六) MLX90640 連接至 Jetson Nano 的電路簡圖



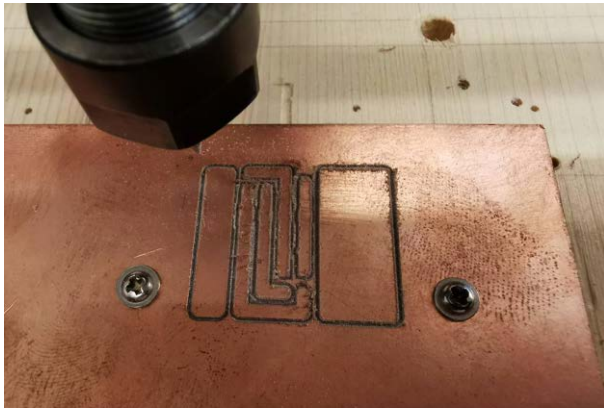
(圖七) 遠紅外熱傳感陣列模組電路圖



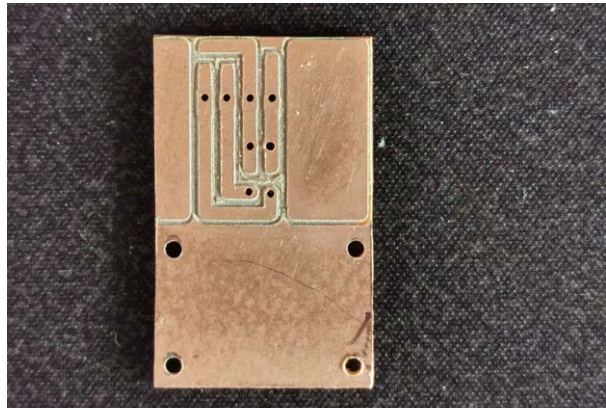
(圖八) 遠紅外熱傳感陣列模組電路板設計圖



(圖九) 電路板的刻製過程



(圖十) 电路板的刻製過程



(圖十一) 电路板完成圖

(二) Jetson Nano 外殼

測量 Jetson Nano 的各邊長，使用 FreeCAD 繪製其外殼的底座與上蓋以及固定 Jetson Nano、上蓋與底座的螺絲孔、USB 孔與接腳連接時所需的洞。用 FreeCAD 繪製外殼的3D圖檔後以3D列印機印製外殼(如圖十二)。

(三) 攝像頭及遠紅外熱傳感陣列模組固定裝置

1. 使用 FreeCAD 繪製固定裝置

測量攝像頭與遠紅外熱傳感陣列模組的各邊長，以兩者的鏡頭頭須對齊同一鉛直面進行固定裝置的繪製，並且預留固定攝像頭的凹槽與鎖住遠紅外熱傳感陣列模組的螺絲孔(如圖十三)。完成 3D 模型繪製後，以3D列印機印製外殼，並將攝像頭與遠紅外熱傳感陣列模組固定於裝置上。



(圖十二) Jetson Nano 外殼



(圖十三) 攝像頭及遠紅外熱傳感陣列模組固定裝置

2. 校準攝像頭與遠紅外熱傳感陣列的畫面

將攝像頭與遠紅外熱傳感陣列模組連接至 Jetson Nano，以程式碼疊合二者拍到的影像（如圖十四），手動調整固定遠紅外熱傳感陣列模組的螺絲鬆緊至影像中火焰位置與紅色高溫處完全疊合，及完成攝像頭與遠紅外熱傳感陣列模組的校正。



（圖十四）攝像影像與遠紅外熱傳感陣列疊合的畫面

四、影像處理

（一）讀入影像進行物件識別

執行物件識別程式碼 detectnet.py（以 Logitech c270 Webcam 作為攝像影像來源，且將攝像影像之解析度長寬比裁切為與熱像儀等比例的640x480）（如圖十五）。

```
$ cd ~/jetson-inference/build/aarch64/bin/detectnet.py
$ python3 detectnet.py --model=models/step/ssd-mobilenet.onnx --labels=models/step/labels.txt \
| --input-blob=input_0 --output-cvg=scores --output-bbox=boxes --input-width=640 --input-height=480 /dev/video0
```

（圖十五）detectnet.py 執行指令

(二) 模型訓練

1. 蒐集照片庫

深度機器學習需要非常大量的照片以供模型訓練使用。礙於無法從生活周遭取得大量不同的廚具圖片，所以本研究選擇自微軟公司提供的 COCO Dataset (Common Object in Context Dataset) 下載所需的照片庫，再使用 NVIDIA Jetson Inference 的 Camera Capture Tool 手動蒐集圖片，加強對於家中常見廚具的辨識率。然而 Coco Dataset 的圖片註解檔，即描述該圖片中各物件的名稱與位置的檔案，其格式與內文格式需要經過一系列的轉換，才能轉為我們進行模型訓練可以使用的檔案格式。

(1) COCO Dataset 照片庫

- a. 運用 Fiftyone 工具從 Coco Dataset 下載含有人、烤箱、微波爐、瓦斯爐、卡式爐、電磁爐的圖片資料包，並將 Coco 檔轉為 Pascal VOC xml 檔 (如圖十六)。

```
$ python3
>>> import fiftyone as fo
>>> fo.utils.data.converters.convert_dataset(input_dir='coco-2017/train', \
... input_type=fo.types.COCODetectionDataset, \
... output_dir='~/jetson-inference/python/training/detection/ssd/data/step', \
... output_type=fo.types.VOCDetectionDataset)
>>> exit()
```

(圖十六) 以 Fiftyone 工具將下載到的照片庫註解檔轉檔為 Pascal VOC xml 檔

- b. 將轉換為 Pascal VOC xml 檔案的註解檔內文格式轉為與 Jetson Inference 相符的內文格式。
 - i. 比較由 Fiftyone 工具生成的註解檔 (如圖十七) 以及 Jetson Inference 內建的 Camera Capture Tool 生成的註解檔 (如圖十八) 的內文格式差異。

```

1 <annotation>
2   <folder></folder>
3   <filename>00000000036.jpg</filename>
4   <path>/home/huang/jetson-inference/python/training/detection/ssd/data
   /step/data/00000000036.jpg</path>
5   <source>
6     <database></database>
7   </source>
8   <size>
9     <width>481</width>
10    <height>640</height>
11    <depth></depth>
12  </size>
13  <segmented></segmented>
14  <object>
15    <name>umbrella</name>
16    <iscrowd>0</iscrowd>
17    <supercategory>accessory</supercategory>
18    <bndbox>
19      <xmin>0</xmin>
20      <ymin>50</ymin>
21      <xmax>457</xmax>
22      <ymax>480</ymax>
23    </bndbox>
24  </object>
25  <object>
26    <name>person</name>
27    <iscrowd>0</iscrowd>
28    <supercategory>person</supercategory>
29    <bndbox>
30      <xmin>167</xmin>
31      <ymin>162</ymin>
32      <xmax>478</xmax>
33      <ymin>628</ymin>
34    </bndbox>
35  </object>
36 </annotation>

```

(圖十七) Fiftyone 工具生成的註解檔

```

1 <annotation>
2   <filename>20220120-160838.jpg</filename>
3   <folder>cooker</folder>
4   <source>
5     <database>cooker</database>
6     <annotation>custom</annotation>
7     <image>custom</image>
8   </source>
9   <size>
10    <width>1280</width>
11    <height>720</height>
12    <depth>3</depth>
13  </size>
14  <segmented>0</segmented>
15  <object>
16    <name>Gas stove</name>
17    <pose>unspecified</pose>
18    <truncated>0</truncated>
19    <difficult>0</difficult>
20    <bndbox>
21      <xmin>266</xmin>
22      <ymin>267</ymin>
23      <xmax>1053</xmax>
24      <ymin>588</ymin>
25    </bndbox>
26  </object>
27 </annotation>
28

```

(圖十八) Camera Capture Tool 生成的註解檔

ii. 統一物件的名稱

將 Fiftyone 工具生成的註解檔中的 person、microwave、oven 分別改為 Person、Microwave、以及 Oven。程式碼如圖十九。

```
from os import listdir
from os.path import isfile, join
import re

# PATH = '~/workon_pytorch/pytorch-ssd/data/step'
PATH = '~/jetson-inference/python/training/detection/ssd/data/step'

filenames = [f for f in listdir(PATH+'/_labels') if isfile(join(PATH+'/_labels', f))]
# print(filenames)

for filename in filenames:
    if (re.search('.xml$', filename, flags=re.IGNORECASE) == None):
        continue
    print(filename)
    f = open(PATH+'/_labels/'+filename, "rt")
    lines = f.read()
    # change path
    lines = lines.replace('step/data', 'step/JPEGImages')
    # change label names
    lines = lines.replace('person', 'Person')
    lines = lines.replace('microwave', 'Microwave')
    lines = lines.replace('oven', 'Oven')
    f.close()
    f = open(PATH+'/_labels/'+filename, "wt")
    f.write(lines)
    f.close()
```

(圖十九) 統一註解檔中物件的名稱

iii. 移除註解檔中多餘的物件資料

Fiftyone 工具自 Coco Dataset 下載的圖片中有出現本研究並未使用的物件 (如上一頁圖十七中的 umbrella)，這些多餘的資訊會造成模型訓練時的錯誤，故需將這些未使用的物件資料從註解檔中刪除。程式碼如圖二十。

```
from os import listdir
from os.path import isfile, join
import re

PATH = '/home/huang/jetson-inference/python/training/detection/ssd/data/step'

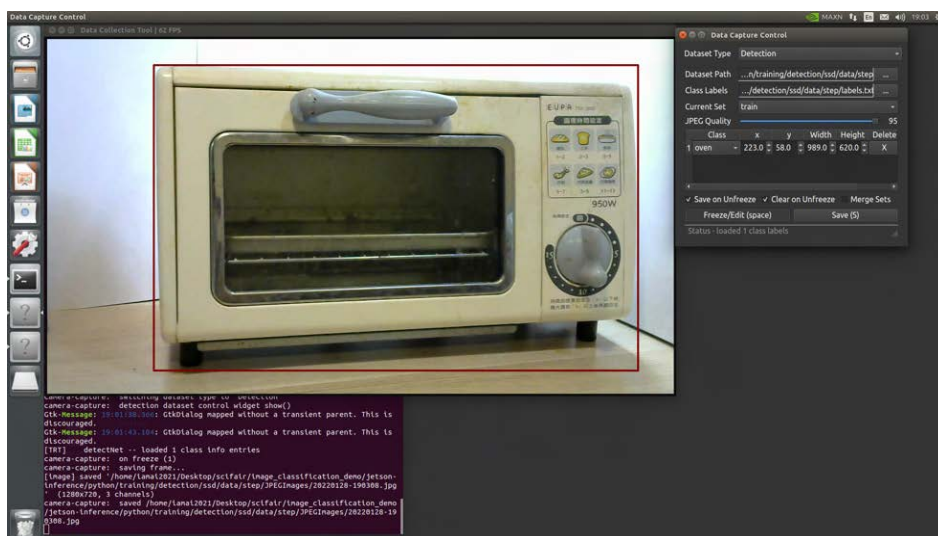
with open(PATH+'_labels.txt', "r") as f:
    lines = f.readlines()
    labels = [line[:-1] for line in lines]

filenames = [f for f in listdir(PATH+'/_labels') if isfile(join(PATH+'/_labels', f))]
for filename in filenames:
    print(filename)
    with open(PATH+'/_labels/'+filename, "r") as f:
        lines = f.readlines()
        nlines = []
        obj = []
        for line in lines:
            if (re.search('<object>', line) != None):
                obj.append(line)
            elif (re.search('</object>', line) != None):
                obj.append(line)
                for label in labels:
                    if (re.search('<name>'+label+'</name>', obj[1]) != None):
                        print(obj[1])
                        nlines += obj
                obj = []
            elif (re.search('<object>', line) == None) and (len(obj)!=0):
                obj.append(line)
            else:
                nlines.append(line)
        with open(PATH+'/_labels/'+filename, "w") as f:
            f.writelines(nlines)
```

(圖二十) 移除註解檔中多餘的物件資料

(2) 利用 Camera Capture Tool 手動蒐集家中卡式爐、電磁爐、烤箱等的照片

開啟 Camera Capture Tool，將目標物件擺設於攝像頭畫面中。將攝像頭畫面凍結、手動框出畫面中的物件範圍，並選擇框出物件之類別並儲存，即可生成照片檔及注解檔 (如圖二十一)。



(圖二十一) 運用 Camera Capture Tool 蒐集照片

2. 利用 Pytorch 進行 SSD-Mobilenet Model 的轉移訓練，並將 Pytorch 檔轉為 ONNX 檔 (如圖二十二)。

```
$ workon pytorch
$ cd jetson-inference/python/training/detection/ssd
$ python3 train_ssd.py --dataset-type=voc --data=data/step --model-dir=models/step
$ python3 onnx_export.py --model-dir=models/step
```

(圖二十二) 轉移訓練與檔案格式轉換指令

伍、警訊系統

(一) LINE Notify 程式

1. 名詞解釋

(1) 統一資源標識符 (URI)

統一資源標識符 (URI) 是指定網際網路上某一資源位址的方法，可以是文字、圖片、影像、聲音等各種類型的檔案。

(2) 權杖 (access_token)

用於辨識訪問者身分。在 LINE Notify 提供的功能中，不同連動服務有不同的權杖 (access_token)。

2. 運作方式

本研究運用 LINE 提供的官方帳號「LINE Notify」作為訊息警訊的傳遞媒介。當本系統程式判斷需要發出訊息警訊時，會將訊息警訊上傳至 LINE Notify 的統一資源標識符 (URI)："https://notify-api.line.me/api/notify"。訊息警訊包含有文字警訊及影像：文字警訊包含出現溫度異常狀況之物件的名稱與溫度資訊；影像則為一經物件識別且標示個別物件溫度的攝像影像、以及一經物件識別的攝像影像與熱成像資料疊圖所得的現場溫度分布影像。最後再透過「個人存取權杖(access_token)」連接並傳送訊息警訊至先前指定的 LINE 用戶或群組。

(二) 蜂鳴器

藉由 Python 的 Jetson.GPIO 函式庫可控制接有蜂鳴器的腳位，即可控制蜂鳴器的啟動與關閉。

1. 警報音

當有物件或背景環境溫度高於警報溫度且沒有偵測到「人」時，系統將以蜂鳴器發出警報音。警報音的設置為維持高電位，使蜂鳴器持續發出警報音效提醒使用者。

2. 提示音

當有物件或背景環境溫度高於警報溫度且有偵測到「人」時，系統將以蜂鳴器發出提示音。提示音的設置是讓蜂鳴器在高電位與低電位之間反覆切換，使其發出短促且有固定節奏的提示音效以提醒使用者。

六、溫度感測數據修正

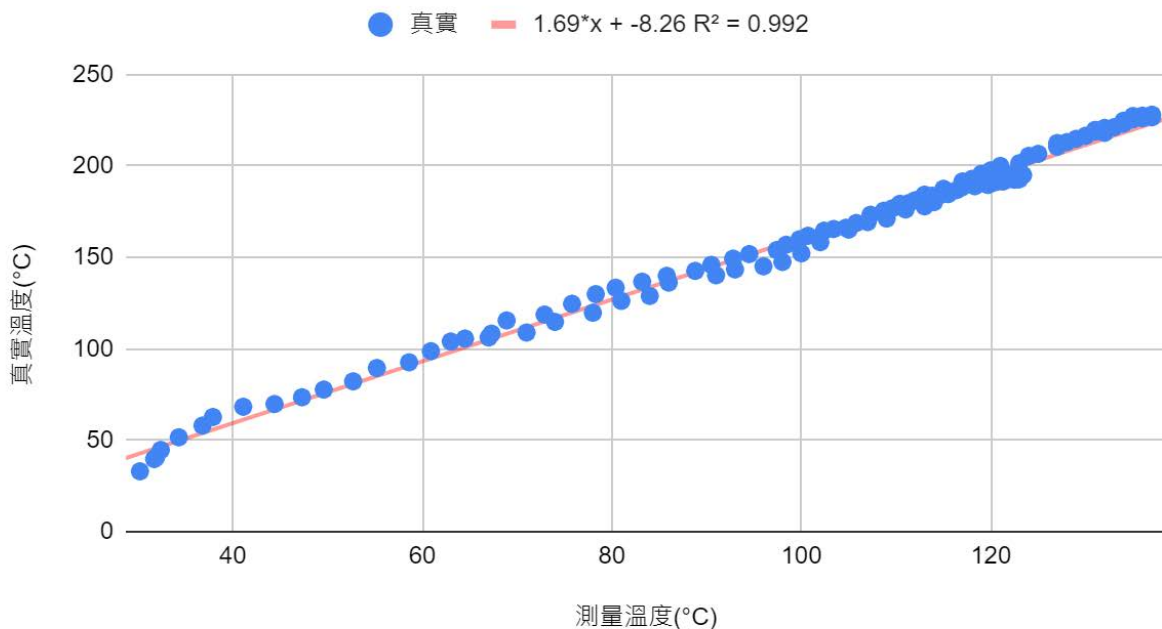
研究進行之初，當將溫度偵測器測量遠處（2~3公尺）的沸水時，系統卻顯示溫度僅約70°C，故設計以下實驗，以取得遠紅外熱傳感陣列模組測得的溫度與真實溫度之間的關係方程式：

架設 Jetson Nano、攝像頭與遠紅外熱傳感陣列模組，攝像頭前方放置卡式爐及不沾鍋，並在鍋子上固定K型熱電偶用以測量鍋具的真實溫度。從打開瓦斯爐開始，每五秒記錄一次遠紅外熱傳感陣列模組及熱電偶偵測到的溫度數值。將爐具擺放於攝像頭2公尺及3公尺處，各進行3次測量。將所有實驗數據整合至一張表格（如圖二十三）並去除與趨勢線相差過大的數據，推導出測值與真實溫度關係的方程式：

$$\text{真實溫度} = 1.69 \times \text{測值} - 8.26, R^2 = 0.992。$$

經數據修正後，發現50°C以下的物件，系統測出的溫度較真實溫度高，因此推測是50°C以下的數據點較50~250°C的少，故修正的方程式在50°C以下有較大的偏差；但因系統主要針對高溫危險的情況作出警報，故50°C以下的溫度偏差不會影響系統的警報能力。

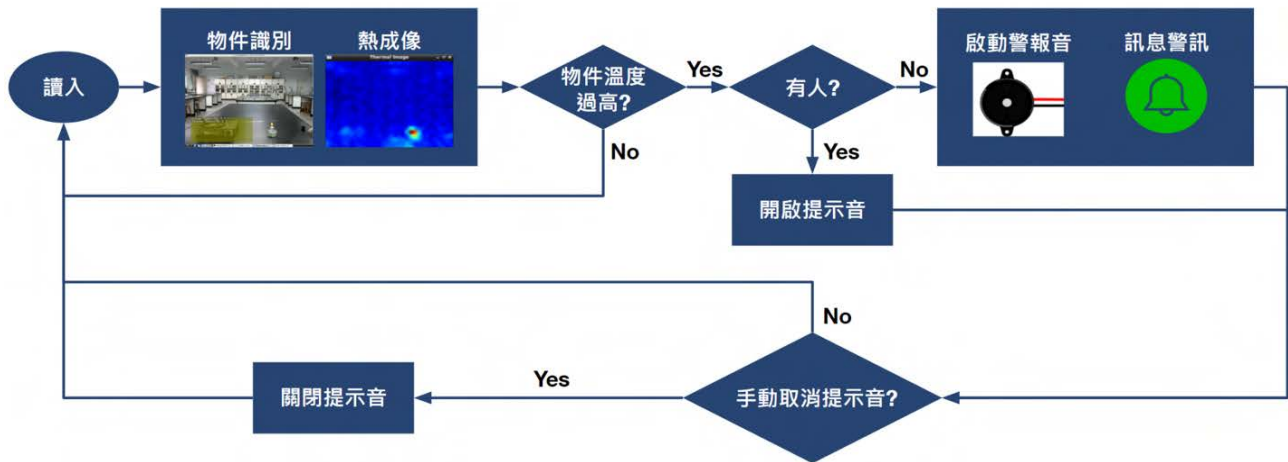
真實溫度-測量溫度



(圖二十三) 遠紅外線溫度偵測的校正

七、系統主程式

(一) 主程式運行架構



(圖二十四) 主程式運行架構圖

本系統之主程式運行架構如上圖二十四所示。每讀入一個影格時，首先由主程式自攝像頭與遠紅外熱傳感陣列讀入攝像資料與熱成像資料。運用先前訓練好的物件識別模型對攝像資料進行物件識別，取得畫面中各物件的位置與熱成像資料做疊圖比對，經過溫度校正方程式計算以取得各物件與背景環境的真實最高溫度。最後再將各物件的名稱與真實最高溫度疊加、標示於攝像資料上。接著，由主程式判斷是否有物件或背景環境的溫度高於其相對應之警報溫度。若無，將回到讀入攝像資料與熱成像資料的步驟；反之則進一步判斷所有物件中是否含有「人」。若所有物件中未含有「人」，主程式將啟動蜂鳴器發出警報音，並同時透過 LINE Notify 將訊息警訊傳送至先前指定的 LINE 用戶或群組。若所有物件中含有「人」，則判斷為現場有人在進行烹調活動，將取消先前啟動的警報音與訊息警訊，改以蜂鳴器發出不同於警報音且可手動關閉的提示音提醒現場的使用者。

(二) 警報音與提示音

將連接蜂鳴器的正極腳位電壓設為高電位 (HIGH) 即可啟動蜂鳴器；反之，將連接蜂鳴器的正極腳位電壓設為低電位 (LOW) 則可關閉蜂鳴器。運用此腳位電壓之控制，可達成警報音和提示音的發出：警報音的設置為維持蜂鳴器腳位的高電位，使蜂鳴器持續發出警報音效以提醒不再現場使用者。提示音的設置則是在高電位與低電位之間反覆切換，使蜂鳴器發出短促且有固定節奏的提示音效以提醒現場的使用者。

肆、研究結果

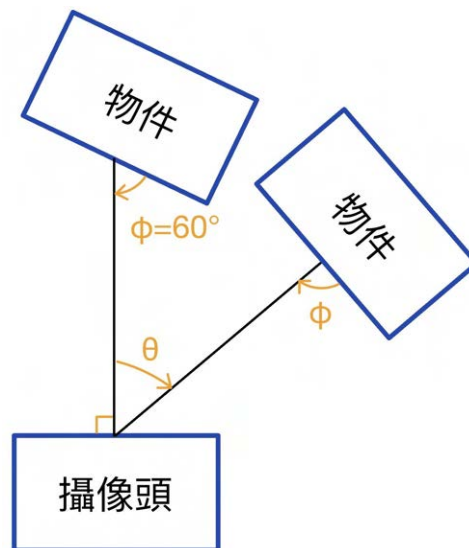
一、本研究設計的低造價 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統系統運行狀況

(一) 物件識別

1. 個別物件辨識率的測量

為得知本研究之物件識別成效，本研究針對微波爐、瓦斯爐、烤箱、人進行個別辨識率測量實驗，以得知各物件的有效辨識距離，攝像頭與物件的相對位置如下圖二十五。本研究設計的測量實驗採用以下四個變因：

- (1) 距離：1m、2m、3m、4m、5m
- (2) θ 角度： 0° 、 $\pm 10^\circ$ 、 $\pm 20^\circ$
- (3) φ 角度： 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150°
- (4) 仰角： 0° 、 $\pm 15^\circ$

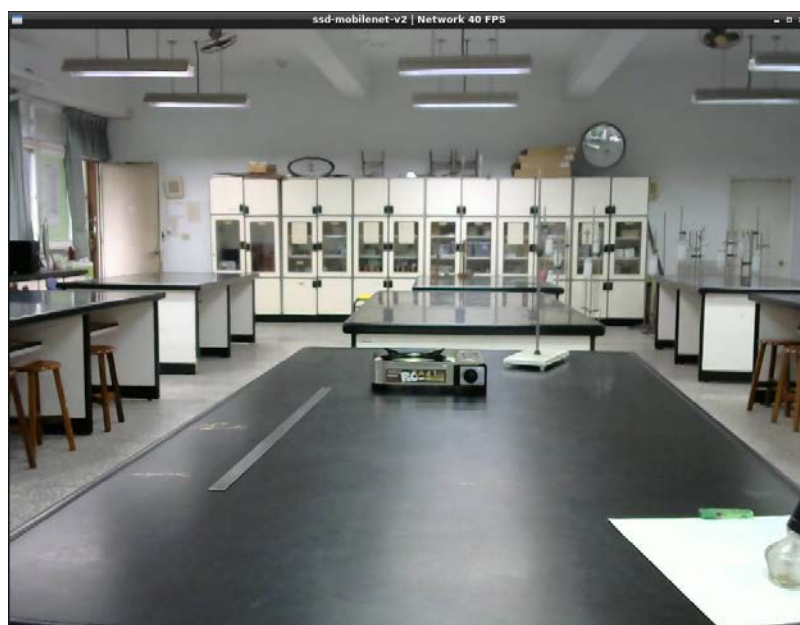


(圖二十五) 攝像頭與物件相對位置示意圖

具體實驗流程如下：將物件放置於距攝像頭1m、2m、3m、4m、5m等距離，且偏離攝像頭正前方 0° 、 $\pm 10^\circ$ 、 $\pm 20^\circ$ (θ 角度) 的位置，旋轉物件本體，使物件正面與物件至攝像頭的連線分別夾 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° (φ 角度)，並調整攝像頭仰角為 0° 、 $\pm 15^\circ$ (簡稱仰角)。令「成功辨識該物件」為「1」(如下圖二十六)、「未成功辨識該物件」為「0」(如下圖二十七)，對於一物件之所有變因組合各進行10次測試、取平均，即求得各物件在相對攝像頭的不同位置的辨識率。

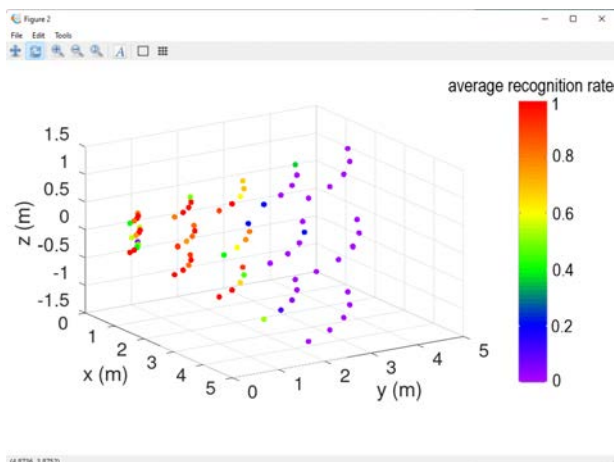


(圖二十六) 成功辨識卡式爐

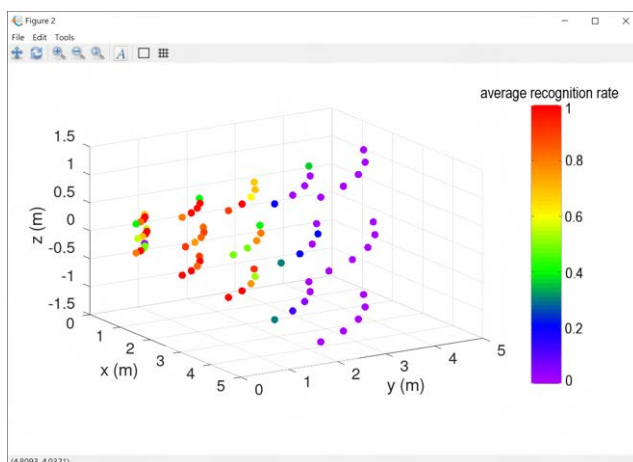


(圖二十七) 未成功辨識卡式爐

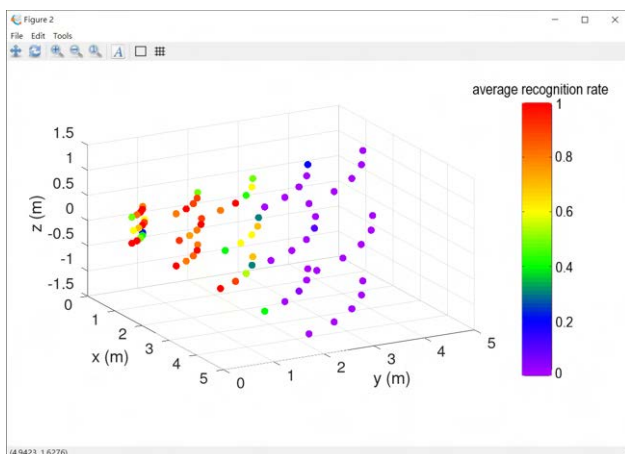
在數據處理方面，我們將各組的 φ 角度整合平均，得到變因為距離、 θ 角度、仰角的數據點 (如圖二十八至圖三十一)，最後繪製成該物件相對攝像頭 (即座標(0,0,0)處) 在三維立體空間中的辨識率表現。



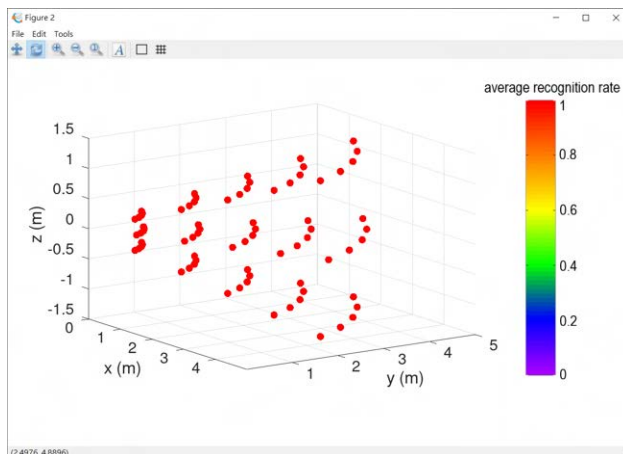
(圖二十八) 微波爐的辨識率表現



(圖二十九) 烤箱的辨識率表現



(圖三十) 卡式爐的辨識率表現

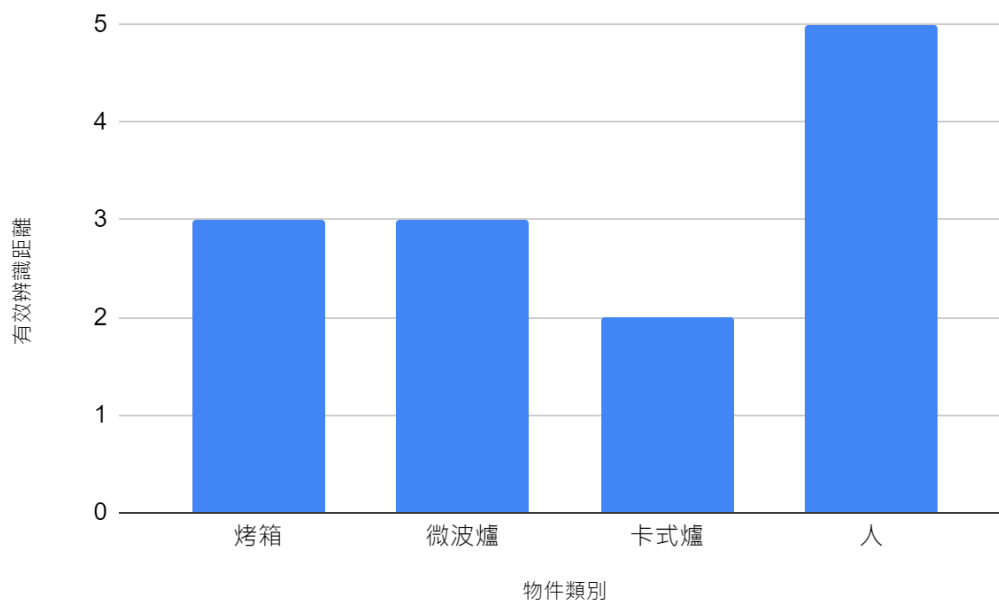


(圖三十一) 人的辨識率表現

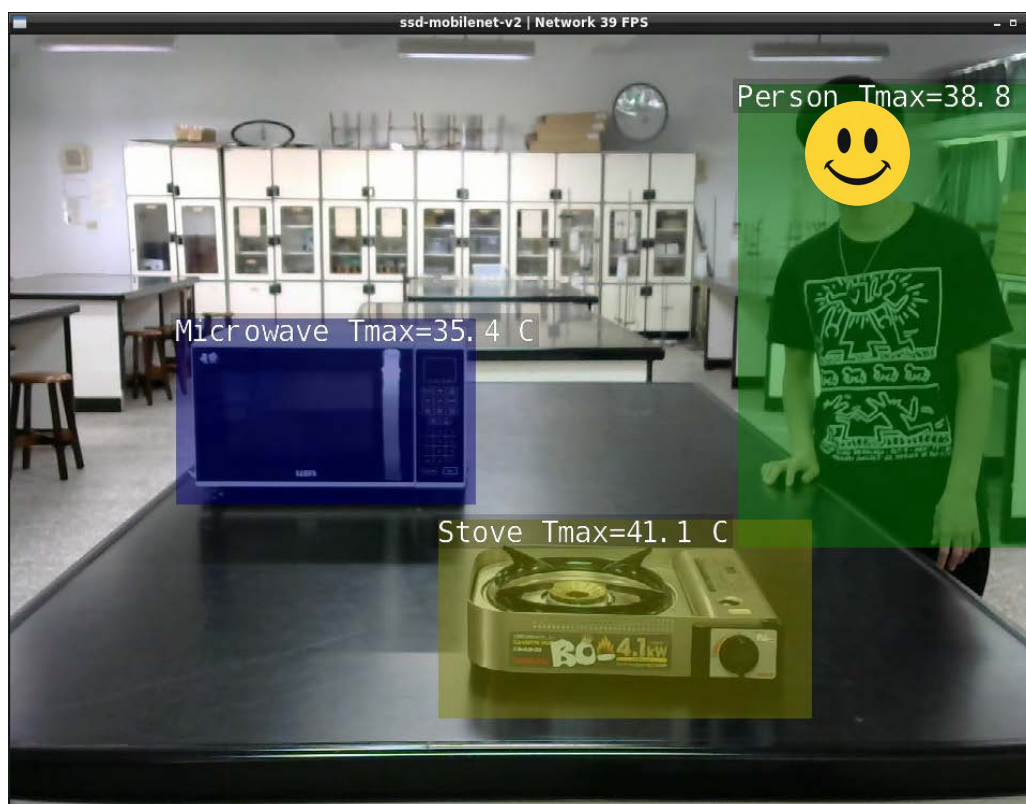
2. 個別物件的有效辨識距離

本研究定義一物件之「有效辨識距離」為系統對該物件之辨識率大於(含)0.7的最短距離。因本研究製作的低造價 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統可同時辨識畫面中數個物件，故只要各物件與攝像頭的距離不大於該物件的有效辨識距離，則所有物件皆可同時被辨識到。

根據本研究之測量實驗，各物件之有效辨識距離如下圖三十二：微波爐及烤箱的有效辨識距離為3公尺；卡式爐的有效辨識距離約為2公尺；人的有效辨識距離為5公尺，但因其辨識率在5公尺處仍高達1，故推測其實際有效辨識距離遠大於5公尺。



(圖三十二) 各物件的有效辨識距離



(圖三十三) 各物件與攝像頭的距離皆不大於該物件的有效辨識距離，故所有物件皆可同時被辨識到

(二) 物件溫度判斷

表一為各物件以及背景環境的警報溫度對照表。本研究中醫報溫度標準參考了「微波爐電磁場仿真匹配」、「安全爐-台灣櫻花」、「閉環分段 PID 恆高溫控制系統設計」。

(表一) 各物件及背景環境之警報溫度

物件	警報溫度
背景環境 *註1	60°C
爐具 (含瓦斯爐、卡式爐、電磁爐)	400°C
微波爐	100°C
烤箱	300°C

*註1：經物件識別後，畫面中所有非物件 (即非廚具且非人) 的範圍皆統稱為「背景環境」。

(三) 本研究的低造價 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統實際操作系統發出的警報案例

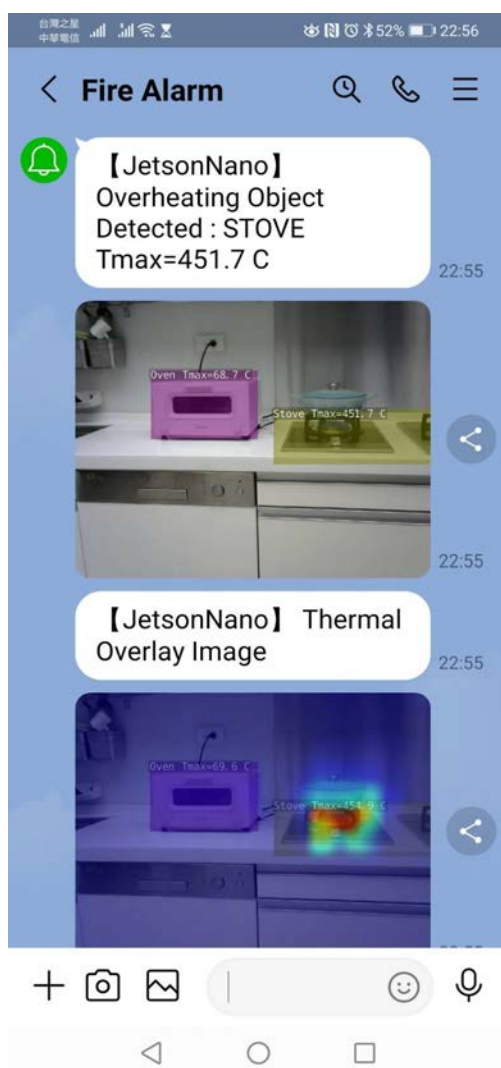
當偵測到廚具或背景溫度高於警報值且沒有偵測「人」時，系統會觸發蜂鳴器發出警報音，並啟動訊息警訊系統，透過 LINE Notify 傳送訊息警訊至先前指定的 LINE 用戶或群組。

訊息警訊包含有文字警訊及影像：文字警訊包含出現溫度異常狀況之物件的名稱與溫度資訊；影像則為一經物件識別且標示個別物件溫度的攝像影像、以及一經物件識別的攝像影像與熱成像資料疊圖所得的現場溫度分布影像。

圖三十四中右方瓦斯爐之溫度為 451.7°C ，已經超過所預設的瓦斯爐之警報溫度。此時，先前指定的LINE用戶或群組於行動裝置接收到的訊息警訊畫面則如圖三十五。

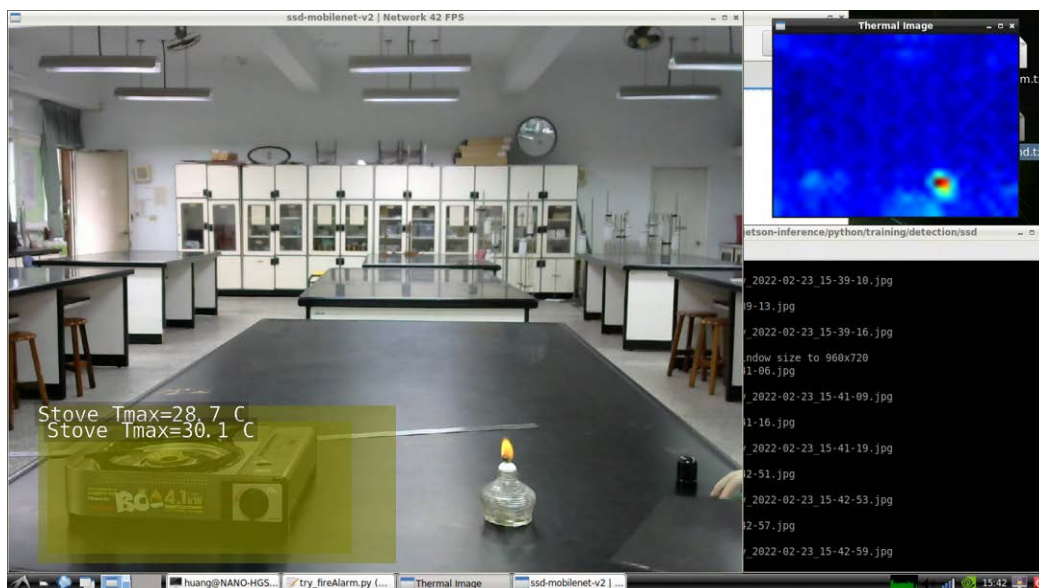


(圖三十四) 測得瓦斯爐之溫度為 451.7°C

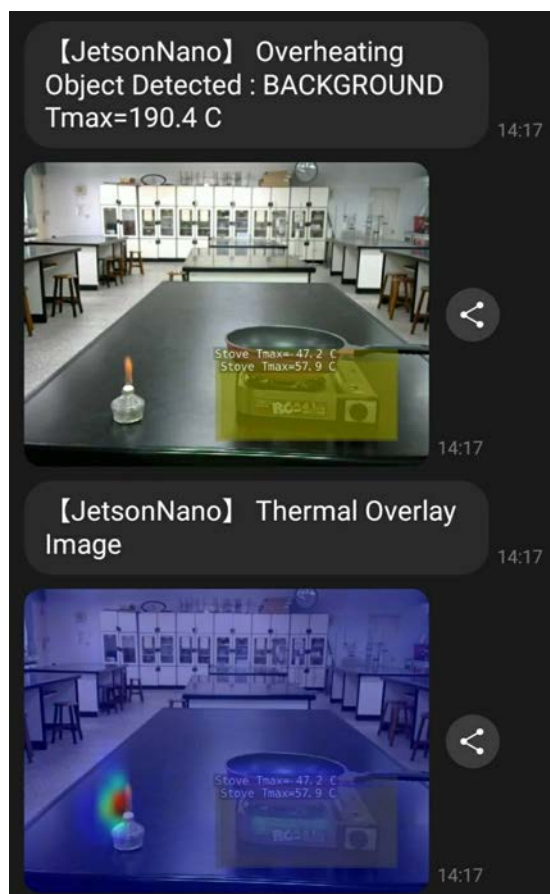


(圖三十五) LINE Notify 瓦斯爐溫度過高的警訊

圖三十六以酒精燈模擬背景溫度過高觸發警報的情況。此時，先前指定的LINE用戶或群組於行動裝置接收到的訊息警訊畫面則如圖三十七。



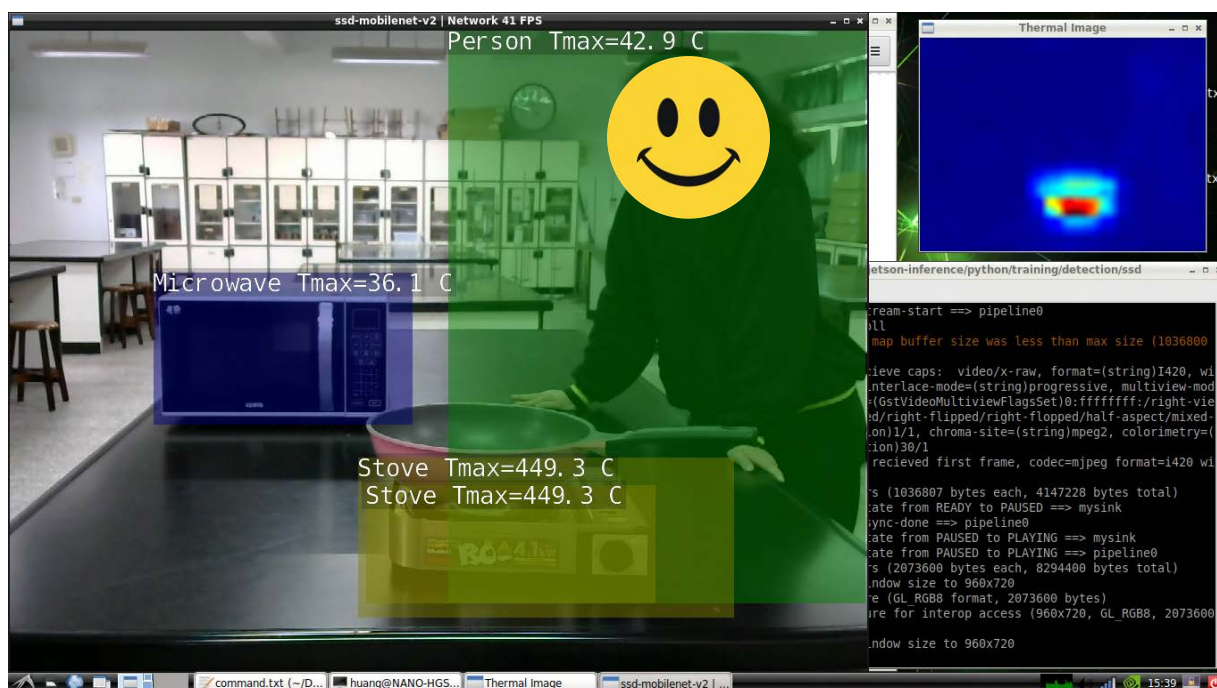
(圖三十六) 背景溫度過高觸發警報



(圖三十七) LINE Notify 背景溫度過高的警訊

警報觸發後，若於畫面中辨識到「人」，則判斷為有人接收到警報前來確認現場狀況，即關閉警報音、改以提示音提醒現場的使用者須處理溫度異常之狀況；而要解除提示音，需由使用者手動按下提示音取消鍵，以確保該使用者有確實接收到警訊，可對此溫度異常狀況有所處理。

圖三十八為本研究之系統畫面截圖，以卡式爐乾燒模擬物件溫度過高，後因偵測到「人」而解除警報音，並改為啟動提示音的情況。



(圖三十八) 卡式爐溫度過高發出警報，但偵測到人時解除警報音，改而啟動提示音

伍、討論

一、本研究的 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統的優勢

(一) 本研究與傳統火災警報器相比較

傳統火災警報器主要分為以下三個種類的警報器：

1. 動溫警報器：30秒內溫度上升 15°C 時啟動警報
2. 煙霧警報器：偵測到大量煙霧時啟動大警報
3. 定溫警報器：溫度超過 70°C 時啟動警報

這些警報器雖適用於旅館、客廳、房間等一般空間，但在廚房中使用這些警報器容易有以下的問題，且皆可以本研究製作的 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統解決：

1. 個別警報標準設置

傳統火災警報器若裝置在廚房瓦斯爐附近容易因為中式大火炒炸烹調而被誤觸。本研究可針對不同廚具設置不同警報溫度標準，且在偵測到「人」的時候不會觸發警報，僅在有物件或背景環境溫度過高的時候啟動可手動取消的提示音，可避免這種單一警報溫度標準導致烹煮時容易被誤觸的問題，同時透過提示音的發出避免現場的人未能察覺到危險。

2. 即時溫度監控

傳統火災警報器在感測火災已經或即將要發生時才發出警報，無法有效預防廚房火災。本研究運用物件識別和熱像儀可判斷各廚具是否在正常工作溫度範圍，無須等到室溫大幅變化或大量煙霧的產生即可及時發出預警避免火災的發生。

3. 警報改革

傳統火災警報器的大樓火災警報系統無法立即聯絡出門在外的住戶，且10層樓以下的住宅沒有規定必須安裝自動灑水系統，若屋內有獨居或行動不便的住戶，可能無法第一時間通知他人來給予協助。透過 LINE Notify 的使用，本研究可突破傳統火災

警報器在空間上受到的侷限，第一時間把警訊發送給多個用戶或群組，及時通知住戶或相關人士。

(二) 本研究與現有技術的智能火災警報器相比較

本研究與 Smart Fire Alarm System with Person Detection and Thermal Camera 這篇文章中所描述的智能火災警報系統的相同之處有：

1. 皆使用遠紅外熱傳感測量溫度
2. 皆運用紅外線溫度圖與影像畫面做疊圖以得知高溫位置
3. 有偵測到「人」的時候不會觸發警報
4. 已觸發的警報會在偵測到「人」的時候解除

本研究與該文章所描述的智能火災警報系統的相異之處如下表二：

(表二) 本研究的與該文章中的智能火災警報系統與之差異比較

	本研究的 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統	Smart Fire Alarm System with Person Detection and Thermal Camera
影像處理	以物件識別技術自動偵測廚具的位置 (優)	需事先手動標註目標爐具在畫面中的位置
	所有物件皆由物件識別標記位置 (優)	物件識別僅用於識別「人」
硬體設備	攝像頭和熱像儀為獨立個體	使用兼備熱像儀及攝像頭的熱成像攝影機
	熱像儀解析度為 32x24 像素	熱像儀解析度為 256x192 像素
	系統總造價為178.2美元 (優)	熱成像攝影機約1700美元(未包含其餘設備)
警報功能	資料由警報系統本地處理 (優)	將資料由網路傳輸至伺服器進行處理
	僅具警報功能	可經由控制器關閉爐具
	警報為蜂鳴器及 LINE 簡訊、且現場有人時改以提示音作為提醒	警報為蜂鳴器、簡訊、及撥打電話

因此，本研究相較於“Smart Fire Alarm System with Person Detection and Thermal Camera”文章中介紹用於廚房的智能火災報警系統在以下數個方面具有相當的優勢：

1. 自動辨識廚具位置

本研究可自動辨識物件位置，不需手動框定廚具位置即可自動對特定物件及背景環境進行物件識別，操作容易、對一般民眾較為友善且對可移動的廚具亦具有警報能力。

2. 同時監控多個物件

本研究可同時監測多個不同物件的個別溫度，避免單一警報溫度標準的誤觸和無效問題，同時提高對不同廚具的警報能力。

3. 監控背景環境溫度

本研究在監測廚具溫度時，亦可同時監測非物件之背景環境中的溫度異常，故可用於通報電線走火等的非廚具造成的異常高溫狀況。

4. 警報由本機判斷

本研究的資料處理是透過主控電腦 (NVIDIA Jetson Nano 2GB) 本地進行處理及判斷，可降低民眾對生產商伺服器的依賴，也能夠避免中央伺服器故障時警報失靈的狀況。

5. 低製造成本

本研究總造價約新台幣5000元，即178.2美元，與現有的智能火災警報系統相比，較符合一般民眾可負擔的價格。

6. 技術開源

本研究使用的所有技術皆是開源的，故有需求的民眾可不受到生產商的限制，自行採購相關材料、製作此智能廚房火災警報系統，更有利於智能火災防制的普及化。

二、物件識別率與圖庫樣本數的關係

在本研究的測試階段觀察到，「人」的可識別範圍較其他物件更遠。在查詢文獻以及比對本研究用於模型訓練所使用的照片庫後，推得此現象的原因是照片庫中的樣本數量。一般情況下，樣本數量越多，物件識別的準確度便越高，而本研究從 Coco Dataset 取得的照片庫中，含有「人」的照片數量約為其他物件的照片數量的二至三倍。這除了解釋了本研究對於「人」的可識別範圍較其他所有物件更遠，亦顯示在未來的研究中可藉由擴充照片庫來精進本研究的物件識別率。

陸、結論

一、本研究之 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統成效

(一) 可在有效範圍內辨識出常見的烹調設備及爐具，亦可讓使用者自行蒐集家中廚具的照片，新增較不常見的廚具或增強特定廚具的辨識率。

(二) 針對不同類別的烹調設備及爐具等進行個別警報標準設置與溫度監控，準確告知出現異常溫度的物件或背景環境。

(三) 警訊系統採蜂鳴器與 LINE 訊息的配合使用，不僅突破傳統火災警報器的空間限制，更透過物件識別與提示音的使用，在具備一定警示能力的同時避免使用者在烹煮時受到干擾。

(四) 本研究的 AI 物件識別廚房防災 LINE 簡訊警報系統具備開源、低成本的特性，適合一般民眾使用及自行製作，有利於推動智能火災防治的普及化。

二、未來展望

(一) 擴增模型訓練照片庫的廚具種類，使系統得以辨認更多常用廚具。

(二) 擴充模型訓練中個別物件的照片庫樣本數，加強個別物件的辨識率。

(三) 新增如電話、遠端監視等功能，加強本研究之智能廚房火災警報系統的警報能力。

柒、參考文獻資料

- [1] Melexis. MLX90640 Far infrared thermal sensor array (32x24 RES). Retrieved September, 2021, from <https://www.melexis.com/en/product/mlx90640/far-infrared-thermal-sensor-array>
- [2] LINE Corporation. LINE Notify API Document. Retrieved September, 2021, from <https://notify-bot.line.me/doc/en/>
- [3] NVIDIA. JETSON AI COURSES AND CERTIFICATIONS. Retrieved September, 2021, from <https://developer.nvidia.com/embedded/learn/jetson-ai-certification-programs>
- [4] Yibing Ma, Xuetao Feng, Jile Jiao, Zhongdong Peng, Shenger Qian, Hui Xue, Hua Li (2020). Smart Fire Alarm System with Person Detection and Thermal Camera. *Computational Science – ICCS 2020, 20th International Conference, Amsterdam, The Netherlands, June 3 – 5, 2020, Proceedings, Part VII*. Retrieved November 21, 2021, from https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-030-50436-6_26.pdf
- [5] Zhejiang Dahua Technology Co., Ltd. DH-TPC-BF2221-T Thermal Network Hybrid Bullet Camera. Retrieved November 21, 2021, from <https://www.dahuasecurity.com/products/All-Products/Thermal-Cameras/Thermography-Series/Thermography/TPC-BF2221-T>
- [6] Mingyu Ma, Xi Long, Yuxuan Lu, Yuejian Li, Xin Liu (2020). The Design of Closed-Loop Piecewise PID Constant High Temperature Control System. Retrieved February 14, 2022, from https://pdf.hanspub.org/JEE20200200000_14340096.pdf
- [7] 安全爐-台灣櫻花 (2017) 。台灣櫻花 。取自 <https://www.sakura.com.tw/product/stovetop>
- [8] CHEN Youxian, ZENG Baoqing, TANG Xiangwei (2013). Simulation Match of Electromagnetic Field in Microwave Oven. Retrieved February 14, 2022, from <http://www.yanfabu.com/resources/editupload/files/2013112913456625.pdf>

【評語】 052315

1. 作品以遠紅外熱傳感陣列與物件識別配合蜂鳴器及 LINE 簡訊組成警報系統，目標為改善傳統的火災警報器。
2. 以 AI 方式進行火災辨識雖可免除影像偵測判定等問題，但由於火災的發生位置和引燃發展過程變異很大，要如何收集足夠資訊來進行判定？換一句話說，如何收集 label data？
3. 不太理解需要先辨識微波爐和瓦斯爐等廚具的意義。火災時，不是應該無人時，不論何處過熱，都應該要警報？紅外線影像（偵測熱源）相較於一般相機，較無隱私權問題。也因此，額外導入辨識用相機的動機不甚明確。
4. 有關廚房防災過去有相當多的相關研究，未見有進行這些研究的了解，目前只針對某一特定文章進行比較。研究以低造價為主題，目前熱像儀價位就超過 5000 元，當然未來價錢有持續降低可能性。
5. 研究創意已在參與旺宏科學獎時提出，此次參賽的差別是初步進行實際驗證。

作品簡報

低造價 AI 物件識別廚房 防災 LINE 簡訊警報系統

科別：工程學(一)科

組別：高級中等學校組

前言

研究動機

研究目的



研究過程及方法

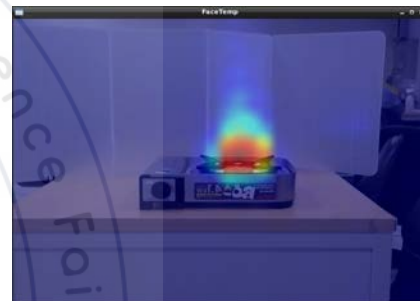
硬體機構



▲ 主機保護殼



▲ 鏡頭與熱像儀的固定器

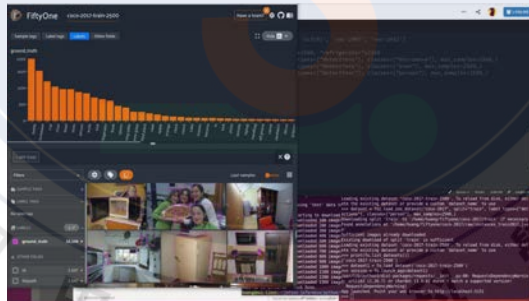


▲ 影像疊合校正

影像處理



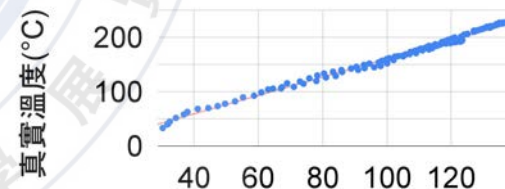
▲ Camera Capture Tool 操作畫面



▲ COCO Dataset 下載預覽

溫度校正

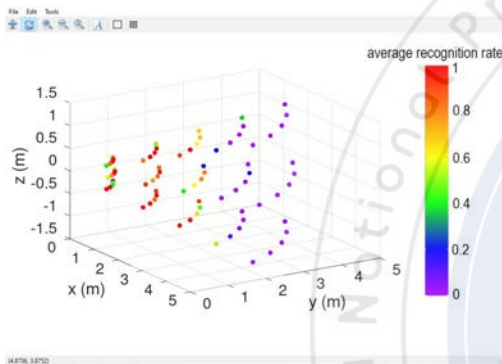
• 真實 - $1.69 * x + -8.26$ $R^2 = 0.992$



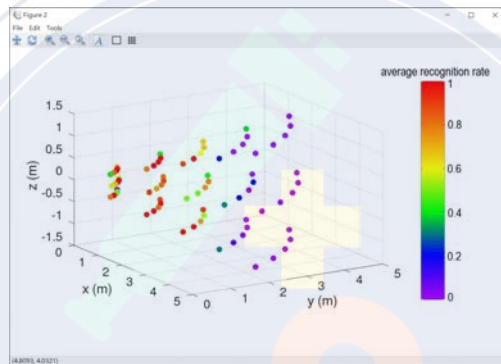
測量溫度(°C)

研究結果

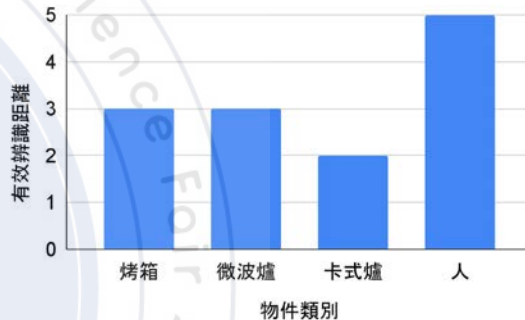
影像與溫度偵測系統成效



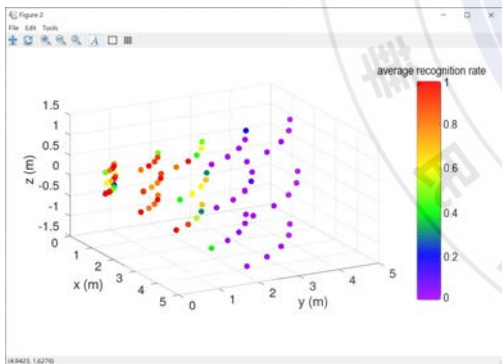
▲微波爐的辨識率表現



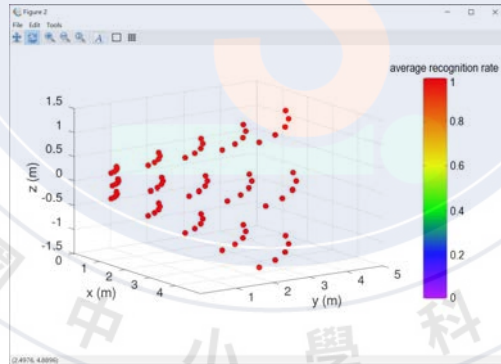
▲烤箱的辨識率表現



▲各物件的有效辨識距離



▲卡式爐的辨識率表現



▲人的辨識率表現



▲物件識別 (可同時偵測多個物件)

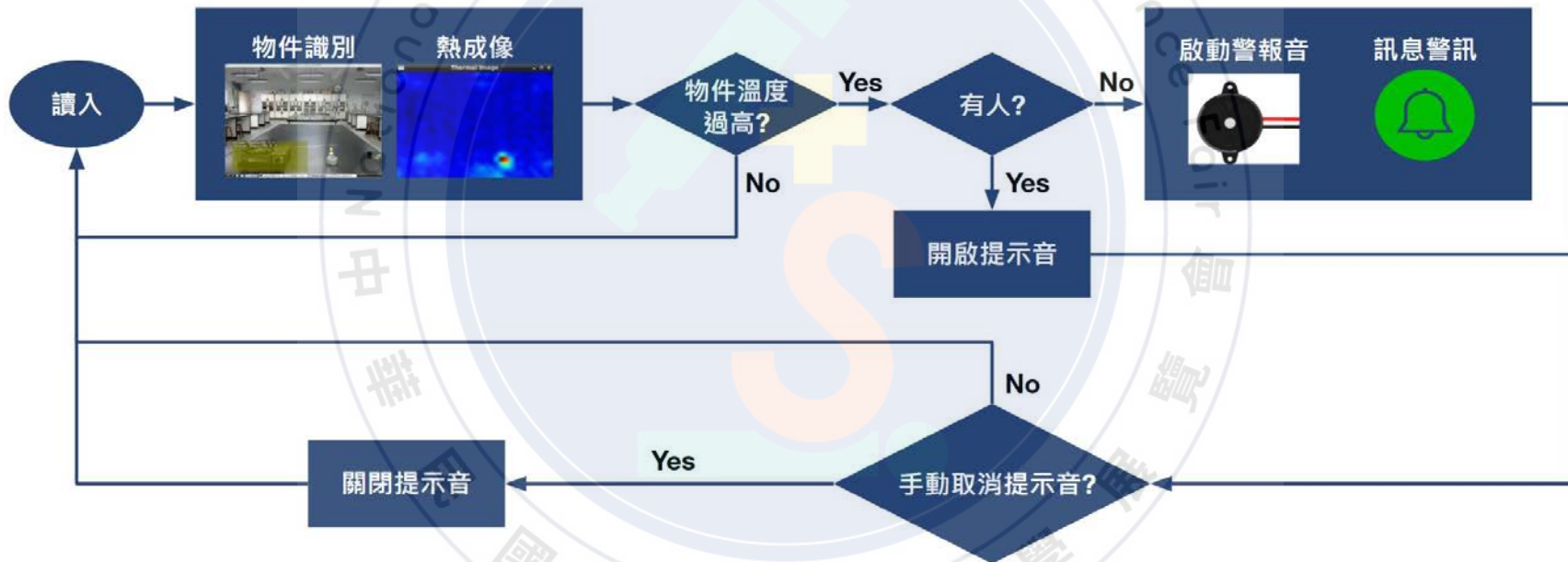
研究結果

各物件及背景環境之警報溫度

物件	警報溫度
背景環境 *註1	60°C
爐具 (含瓦斯爐、卡式爐、電磁爐)	400°C
微波爐	100°C
烤箱	300°C

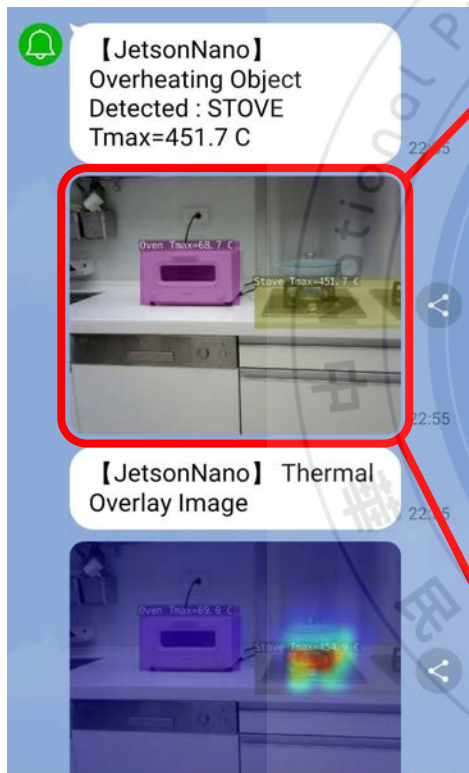
*註1: 經物件識別後, 畫面中所有非物件(即非廚具且非人) 的範圍皆統稱為「背景環境」

系統運作流程



研究結果

警報系統成效



▲LINE Notify瓦斯爐溫度過高的警訊

▲測得瓦斯爐之溫度為451.7度C



研究成效統整

複數廚具識別

自動且同時監控多個廚具
亦可擴充廚具種類

個別溫度偵測

設置個別警報溫度
精準通報溫度異常的廚具

本研究之智能廚房火災警報系統成效

開源低成本

造價親民技術開源
利於一般民眾自行製作

警報改革

多元警示功能
不擾民且能有效傳遞警訊

▲本研究之火災警報成效統整



對比傳統火災警報器

僅具單一警報標準

無法提前發出警報

無法提醒在外住戶

解決傳統警報器
的問題

個別溫度偵測

避免因烹調時的油煙和高溫誤觸

即時溫度監控

無需等到產生大量煙霧或室溫幅變化
即時預警

警報改革

突破傳統警報器空間上受到的侷限

對比現有智能火災警報器

	本研究的低造價AI 物件識別 廚房防災 LINE 簡訊警報系統	Smart Fire Alarm System with Person Detection and Thermal Camera
影像處理	自動偵測廚具的位置	事先手動標註畫面監測位置
	識別廚具與「人」	僅識別「人」
硬體設備	鏡頭和熱像儀分別為獨立個體	Thermal Network Hybrid Bullet Camera
	熱像儀解析度為 32x24 像素	熱像儀解析度為 256x192 像素
	總造價178.2美元	> 1700美元
警報功能	僅具警報功能	可經由控制器關閉智能爐具
	蜂鳴器、LINE 簡訊	蜂鳴器、簡訊、撥打電話
	所有資料皆由本地處理	溫度和警報由伺服器處理

討論與結論

本研究之優勢統整

不須手動框定廚具位置
可監控可移動的廚具

自動辨識
各廚具位置

警報由
本機判斷

避免伺服器故障時
警報系統失靈

個別警報+精準通報
有人時不觸發

複數物件
個別警報標準

優勢

低製造成本

一般民眾較可承擔

可監控電線走火等
非爐具的溫度異常

監控
背景環境溫度

技術開源

利於推動智能火災防制

未來展望

擴充可辨識的廚具種類

擴增模型訓練照片庫的廚具種類，使系統得以辨認更多常用廚具

加強個別物件辨識率

增加模型訓練時個別物件照片樣本數，加強個別物件辨識率

開發更多警報功能

新增如電話、遠端監視等功能，加強系統的警報能力

參考資料

[1] Melexis. MLX90640 Far infrared thermal sensor array (32x24 RES). Retrieved September, 2021, from

<https://www.melexis.com/en/product/mlx90640/far-infrared-thermal-sensor-array>

[2] NVIDIA. JETSON AI COURSES AND CERTIFICATIONS. Retrieved September, 2021, from

<https://developer.nvidia.com/embedded/learn/jetson-ai-certification-programs>

[3] Yibing Ma, Xuetao Feng, Jile Jiao, Zhongdong Peng, Shenger Qian, Hui Xue, Hua Li (2020). Smart Fire Alarm System with Person Detection and Thermal Camera. Computational Science – ICCS 2020, 20th International Conference, Amsterdam, The Netherlands, June 3–5, 2020, Proceedings, Part VII. Retrieved November 21, 2021, from

https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-030-50436-6_26.pdf

