

## 智慧家電整合系統：提升生活品質與節能效益

# Smart Appliance Integration Systems: Enhancing Quality of Life and Energy Efficiency

李宥緯<sup>1</sup> 董原暉<sup>2</sup> 周佳弘<sup>3</sup>

LI, YU WEI<sup>1</sup> TUNG, YUAN HUI<sup>2</sup> JHOU, JIA HONG<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立屏東高級中學 普通科 學生

<sup>1</sup> National Pingtung Senior High School General Science Student

E-mail: shianli0621@gmail.com

<sup>2</sup> 國立屏東高級中學 普通科 學生

<sup>2</sup> National Pingtung Senior High School General Science Student

E-mail: 1011thomastung1011@gmail.com

<sup>3</sup> 義守大學 電子工程學系 博士

<sup>3</sup> I-SHOU University Department of Electronic Engineering Ph.D.

E-mail: topjkpos@gmail.com

## 摘要

本研究旨在開發一個創新的家居智慧家電整合系統，以提高室內環境品質、提升生活品質，並推動永續的家居生活方式。透過物聯網整合、環境感測與運算技術，我們計算電器最佳功率組合，並確定各電器的最佳使用時機，以達到節能、環保的室內溫度控制。此系統不僅提供使用者舒適的室內環境，也符合可持續發展目標，促進綠色經濟發展。同時，我們希望透過這次研究提高社會大眾的環保意識和對能源管理的認識。

## 壹、緒論

### 一、研究背景與動機

在當今社會，環保和永續發展是全球關注的重要議題。為因應趨勢，我們計劃設計一個智慧家電整合系統，旨在降低能源消耗、提升室內環境品質。透過物聯網整合、環境感測與運算技術的應用，我們將計算出電器的最佳功率組合及最佳使用時機，實現智慧能源控制。同時，我們希望透過智慧家電整合系統，讓社會大眾更了解家庭或工作場所的能源管理，提高環保意識。我們將透過本研究，為推動綠色經濟、永續發展目標努力。

## 二、研究目的

### (一)減少能源開銷

透過能源管理和智慧控制，以最有效的方式調節家居環境，實現降低能源開銷。並提供即時最佳功率耗電量，協助使用者調整使用模式，進而節省開銷。

### (二)改善室內環境，提高生活品質

系統透過溫溼度感測技術和即時調節，實現舒適的室內環境，提高使用者的生活品質。

### (三)推動永續的家居生活方式，為社會及環境貢獻

透過節能減碳的方案，鼓勵使用者實踐永續的家居生活方式以減少對環境的影響，同時為整個社會和環境帶來貢獻。

### (四)實現節能減碳，促進綠色經濟發展

系統的節能和減碳效果，在綠色經濟發展中透過技術創新推動可持續發展，並透過節能減碳技術的應用，促進相關綠色產業的增長和發展。

## 三、問題陳述

### (一)能源效率

許多舊款空調家電可能缺乏能源效率，消耗大量電力。即使是一些較新的空調設備，如果缺乏高效能源設計，也可能成為能源浪費的來源。

### (二)能源消耗高

空調設備通常是家庭中最大的能源消耗者之一。在炎熱的夏天，空調需要長時間運行，這可能會導致能源費用大幅增加，對家庭經濟造成負擔。

### (三)綜合管理

隨著智慧家電的發展，許多人將家中的各家電整合到一個系統中，但不同品牌的空調家電可能使用不同的通訊協議或控制系統，可能導致整合管理的困難。

### (四)資源消耗和環境影響

空調家電的生產和運行可能會對環境產生不利影響。例如，空調長時間運轉及製造過程中使用制冷劑可能對大氣層造成破壞。

### (五)使用習慣和認知問題

使用者的行為習慣也會影響能源效率。例如，許多人可能不知道如何適當地設定空調溫度和風速，導致能源浪費。

### (六)對於新興科技的適應

新興科技如人工智慧、物聯網等在空調家電中的應用可能會帶來更多的效益，但同時也需要用戶和製造商適應和接受，並確保這些技術的安全性和可靠性。

## 四、研究範圍與限制

### (一)研究範圍

#### 1. 節能家居智能系統的設計

硬體設備的選擇、系統架構的設計、智能控制算法的開發等。

#### 2. 系統的實施與測試

包括硬體元件的組裝、系統的程式編寫與驗證、實驗環境的搭建等。

#### 3. 系統的應用與效果評估

透過實驗數據分析，評估系統在不同環境條件下的節能效果、室內環境品質改善情況等。

### (二)研究限制

#### 1. 時間限制

由於時間有限，無法覆蓋所有的環境條件和使用場景，因此研究結果可能受到時間的限制。

#### 2. 技術限制

由於目前可用的技術和硬體設備有限，可能影響系統的性能和功能實現。

#### 3. 實驗環境限制

由於實驗環境的不同，研究結果可能在實際應用中會有所偏差。

## 貳、研究方法

### 一、計畫制定

為得出最省電的運作模式，我們以感測器測得環境的溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）及相對溼度，並以《體感溫度的通用公式》為基準換算為體感溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

綜合以上，我們制訂了一套演算法，以適應環境計算出電器的最佳運作模式。為確認可行性，我們計劃使用開發版作為主機，模擬電器在室內運行。並設計實驗，探討在不同環境條件下系統計算結果的差異，及各電器的使用時機。

### 二、計畫實施

#### (一) 設備硬體

##### 1、ESP32 單晶片微控制器

由於 ESP32 內建藍牙模組且擁有強大的網路功能，便於連接各晶片及藍牙感測器，故我們選用 ESP32 作為控制器、電器主機使用的晶片。

##### 2、ESP-NOW 通訊協定

我們計畫將藍芽感測器測得的溫溼度透過控制器主機運用演算法計算得出功率後，使用 ESP-NOW 通訊協定無線啟動家電設備，此通訊原理是利用 ESP32 本身的 WIFI 訊號，便能發送一對一、一對多、多對多的廣播訊息。其中 WIFI 訊號有 13 個可用的頻道，每個頻道可容納 20

個未加密的裝置互相通訊。

### 3、OLED 顯示面板

為了方便設定目標溫度及人數等數值、顯示演算法的計算過程，我們選用 1.3 寸 OLED 顯示面板顯示各項數值。

### 4、控制器

控制器包括主機 ESP32、顯示數值的 OLED 螢幕、設定數值及切換模式的按鈕，並使用麵包板透過單芯線連接。

## (二) 程式編寫

程式使用 Arduino IDE 語法撰寫，以下為程式大致流程及演算法程式。



圖 3：程式大致流程圖

```
while (!(hum_powe_num > (sizeof(fan_w) / sizeof(fan_w[0])) - 1)) {  
    test(); //呼叫函式test  
    Compareac(); //呼叫函式Compareac  
    print(); //呼叫函式print  
    delay(20);  
    hum_powe_num = hum_powe_num + 1;  
}  
hum_powe_num = 0;  
//測試只開除濕機功率0到3  
while (!(fan_power > (sizeof(ac_power) / sizeof(ac_power[0])) - 1)) {  
    test(); //呼叫函式test  
    Compareac(); //呼叫函式Compareac  
    print(); //呼叫函式print  
    delay(20);  
    fan_power = fan_power + 1;  
}  
fan_power = 0;  
print(); //呼叫函式print  
  
//測試開冷氣和除濕機  
for (int count = 0; count < 4; count++) {  
    ac_power_num = ac_power_num + 1;  
    while (!(hum_powe_num > (sizeof(fan_w) / sizeof(fan_w[0])) - 1)) {  
        test(); //呼叫函式test  
        Compareac(); //呼叫函式Compareac  
        print(); //呼叫函式print  
        delay(20);  
        hum_powe_num = hum_powe_num + 1;  
    }  
    hum_powe_num = 0;  
    //測試開冷氣和風扇  
    while (!(fan_power > (sizeof(ac_power) / sizeof(ac_power[0])) - 1)) {  
        test(); //呼叫函式test  
        Compareac(); //呼叫函式Compareac  
        print(); //呼叫函式print  
        delay(20);  
        fan_power = fan_power + 1;  
    }  
    fan_power = 0;  
    print(); //呼叫函式print  
}
```

圖 4：演算法程式

## (三) 進行模擬

為了模擬電器在室內環境運行的情況，我們製作了房間和家電模型，以 LED 呈現電器的運作功率，其燈號反映電器的運作功率。

## (四) 設計實驗

我們以氣溫、相對濕度、目標溫度與人數等環境條件作為操作變因，得出各電器最佳運行功率、最佳耗電量等數據，以分析各電器的使用時機。

參、結果與討論

一、改變氣溫

操作變因：氣溫

控制變因：人數、相對濕度、目標溫度

表 1：不同氣溫下的實驗結果

|             |      |       |       |       |       |
|-------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 氣溫 (°c)     | 28   | 29    | 30    | 31    | 32    |
| 相對濕度 (%)    | 50   | 50    | 50    | 50    | 50    |
| 人數          | 1    | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 體感溫度 (°c)   | 30.2 | 31.47 | 32.74 | 34.03 | 35.34 |
| 目標溫度 (°c)   | 27   | 27    | 27    | 27    | 27    |
| 最佳冷氣功率      | 0    | 0     | 0     | 0     | 1     |
| 最佳除濕機功率     | 1    | 2     | 3     | 3     | 3     |
| 最佳風扇功率      | 3    | 3     | 1     | 2     | 1     |
| 最佳耗電量 (kWh) | 0.32 | 0.47  | 0.54  | 0.58  | 0.94  |

分析此實驗結果後，我們發現以下幾點

- 體感溫度與氣溫成正相關
- 最佳耗電量與氣溫成正相關
- 除濕機的降溫效果較風扇好但較耗電
- 冷氣的降溫效果最好但非常耗電

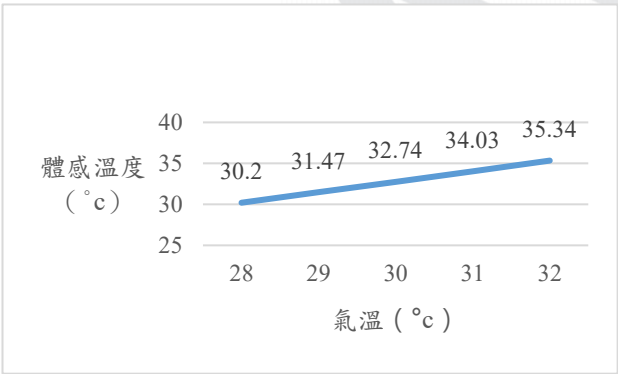


圖 5：不同氣溫下體感溫度  
和氣溫的關係

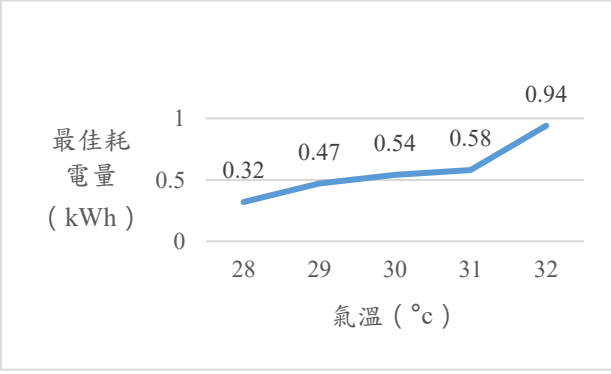


圖 6：不同氣溫下最佳耗電量  
和氣溫的關係

二、改變相對溼度

操作變因：相對濕度

控制變因：人數、氣溫、目標溫度

表 2：不同相對溼度下的實驗結果

|            |      |       |       |       |       |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 氣溫（℃）      | 28   | 28    | 28    | 28    | 28    |
| 相對濕度（%）    | 50   | 60    | 70    | 80    | 90    |
| 人數         | 1    | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 體感溫度（℃）    | 30.2 | 30.96 | 31.71 | 32.47 | 33.23 |
| 目標溫度（℃）    | 27   | 27    | 27    | 27    | 27    |
| 最佳冷氣功率     | 0    | 0     | 0     | 0     | 1     |
| 最佳除濕機功率    | 1    | 2     | 3     | 3     | 2     |
| 最佳電風扇功率    | 3    | 2     | 1     | 2     | 3     |
| 最佳耗電量（kWh） | 0.32 | 0.43  | 0.54  | 0.58  | 0.87  |

分析此實驗結果後，我們發現以下幾點

- 相對濕度與體感溫度成正相關
- 濕度與最佳耗電量成正相關
- 冷氣的降溫效果好但非常耗電

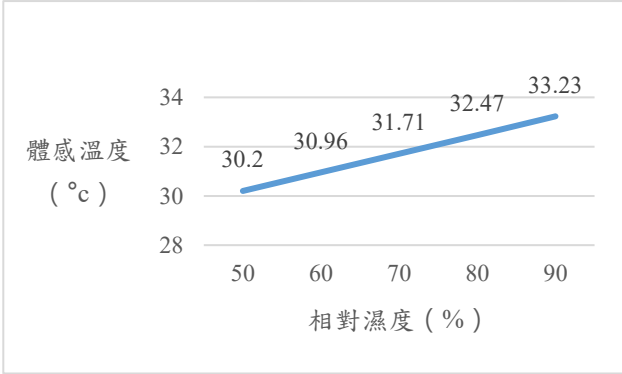


圖 7：不同相對溼度下體感溫度和相對溼度的關係

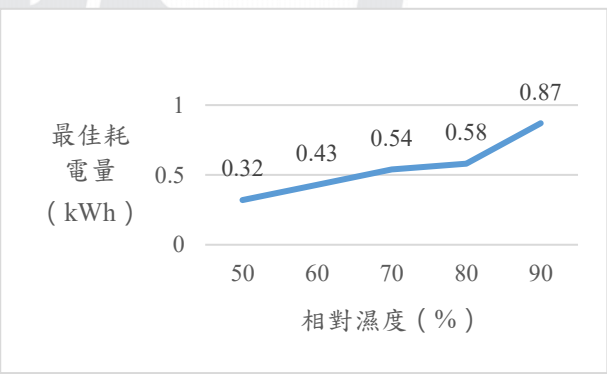


圖 8：不同相對溼度下最佳耗電量和相對溼度的關係

三、改變目標溫度

操作變因：目標溫度

控制變因：人數、氣溫、濕度

表 3：不同目標溫度下的實驗結果

|             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 氣溫 (°c)     | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   |
| 相對濕度 (%)    | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   |
| 人數          | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| 體感溫度 (°c)   | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 30.2 |
| 目標溫度 (°c)   | 29   | 28   | 27   | 26   | 25   | 24   | 23   | 22   | 21   | 20   |
| 最佳冷氣功率      | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    | 2    | 2    |
| 最佳除濕機功率     | 1    | 1    | 1    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| 最佳電風扇功率     | 0    | 2    | 3    | 3    | 1    | 3    | 1    | 3    | 1    | 3    |
| 最佳耗電量 (kWh) | 0.2  | 0.28 | 0.32 | 0.47 | 0.54 | 0.62 | 0.94 | 1.02 | 1.34 | 1.42 |

分析此實驗結果後，我們發現以下幾點

- 目標溫度與最佳耗電量成負相關
- 除濕機的降溫效果比電風扇好
- 冷氣的降溫效果好但非常耗電

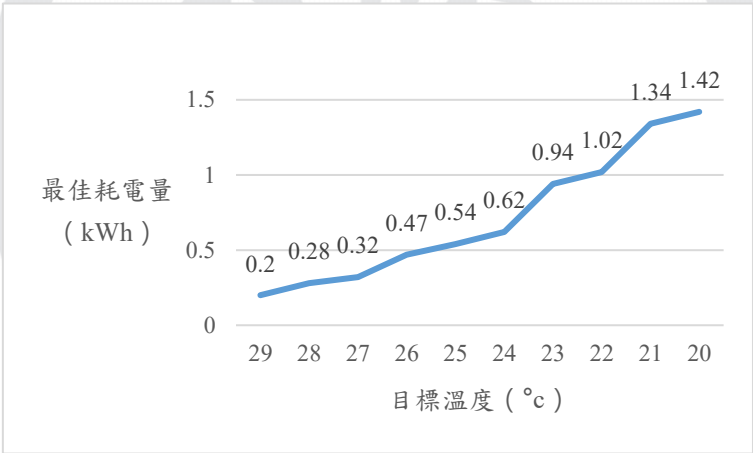


圖 9：不同目標溫度下最佳耗電量和目標溫度的關係

四、改變人數

操作變因：人數

控制變因：氣溫、相對濕度、目標溫度

表 4：不同人數下的實驗結果

|           |      |       |       |      |       |
|-----------|------|-------|-------|------|-------|
| 氣溫 (°c)   | 28   | 28    | 28    | 28   | 28    |
| 相對濕度 (%)  | 50   | 50    | 50    | 50   | 50    |
| 人數        | 1    | 2     | 3     | 30   | 100   |
| 體感溫度 (°c) | 25.9 | 26.16 | 26.25 | 26.4 | 26.41 |

|             |      |     |     |     |     |
|-------------|------|-----|-----|-----|-----|
| 目標溫度 (°C)   | 24   | 24  | 24  | 24  | 24  |
| 最佳冷氣功率      | 1    | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 最佳除濕機功率     | 3    | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 最佳電風扇功率     | 3    | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 最佳耗電量 (kWh) | 1.02 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |

分析此實驗結果後，我們發現以下幾點

- 人數與體感溫度呈趨近反比的負相關
- 冷氣的降溫效果好但較耗電

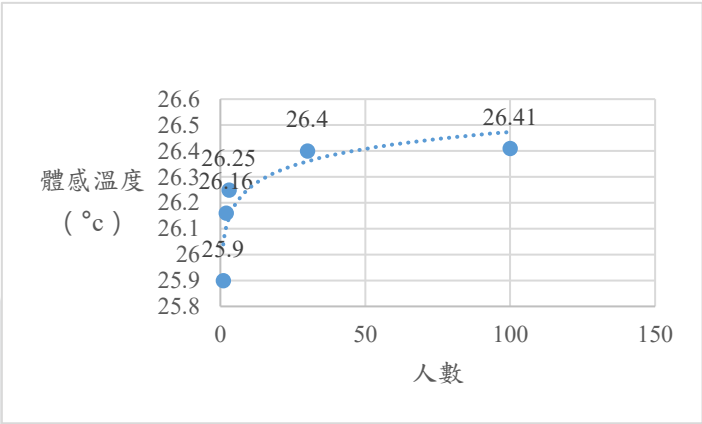


圖 10：不同人數下體感溫度和人數的關係

## 肆、結論

### 一、氣溫與體感溫度呈正相關

氣溫和體感溫度的相關性可以透過體感溫度公式中的  $1.07T$  和氣溫成正比解釋，表示溫度的升高會導致體感溫度的增加。水氣壓公式中的  $e^{(17.27T/(237.7+T))}$  也支持此關係，在溫度  $T$  大於  $-237.7$  時，該部分與溫度呈正相關，進一步加劇了溫度與體感溫度之間的正相關性。

### 二、溫度正相關耗電量

隨著溫度的升高，室內與設定溫度之間的溫差也會增加，因此家電需要更大的功率才能達到所需的溫度。因此，為了下降較大的溫度，家電設備會更頻繁地運行，並且消耗更多的電力。

### 三、相對溼度正相關體感溫度

由於水氣壓公式中的  $RH/100$  和相對溼度成正比，因此冷氣或除濕機需要更頻繁地運行來調節室內溼度，以降低溫度。

### 四、相對溼度與耗電量呈現正相關

由於濕度上升導致體感溫度與目標溫度的差距增加。當室內濕度較高時，人們會感覺到溫度較高，因此冷氣或除濕機需要消耗更多的電來冷卻空氣或去除濕氣，以達到設定的目標溫度。

## 五、目標溫度負相關體感溫度

目標溫度越低，電器就必須以更高的功率運作，表示設定較低的目標溫度會消耗更多的電能。

## 六、人數與體感溫度成趨近反比的負相關

由於風速減小，但體感溫度的增加越來越緩慢，呈現反比的趨勢，由於體感溫度趨於極限，所以電器的功率、耗電量不再改變。

## 七、除濕機效果比風扇好

根據表 1、3，可以觀察到風扇的功率減少，而除濕機的功率增加，但同時能夠達到更多的溫度降低和消耗更多的電力，可推得相對於電風扇，除濕機在降溫方面效果更佳，但也因此消耗更多電力。因此，在降溫要求不高的情況下，電風扇更為合適；而在需要更大降溫效果時，則除濕機可能是更好的選擇。

## 八、冷氣效果好但非常耗電

冷氣的效果最佳，能夠有效地降低室內溫度，但相對也是最耗電的家電之一。若室內溫度並不需要大幅降低，可以不使用冷氣，轉而選擇其他節能的降溫方式以降低能源消耗，減少對環境的影響。

## 伍、參考文獻

林嘉宏(2017)。整合物聯網架構和智慧型家電控制器於能源管理系統之研究。國立高雄應用科技大學電機工程系博碩士班電機工程學系，高雄市。

洪業能 (2013)。居家節能應用之物聯網系統開發。國立中興大學電機工程學系所，臺北市。

陳家塏(2018)。綠色智慧居家電力管理之研究。逢甲大學電機工程學系，高雄市。

趙翌遠(2023)。物聯網應用於室內環境溫濕度監控。國立彰化師範大學機電工程學系，彰化縣。

熊博安(2022)。室內熱舒適性的控制方式。國立中正大學雲端計算與物聯網數位學習碩士在職專班，嘉義縣。

開冷氣馬上調溫度超耗電！吹冷氣搭「電風扇 or 循環扇」好？台電解答。上網日期：2024 年 4 月 18 日，檢自：<https://www.cw.com.tw/article/5122070>

冷氣除濕模式其實更耗電？冷氣除濕原理、功能、效果詳細介紹。上網日期：2024 年 4 月 18

日，檢自：

<https://twhawrin.com/%E5%86%B7%E6%B0%A3%E9%99%A4%E6%BF%95/>

## 陸、附錄

表 5：冷氣機不同功率時效果對照表

| 效果／耗電 | 0.4 度/小時 | 0.8 度/小時 | 1.2 度/小時 | 1.6 度/小時 | 2 度/小時 |
|-------|----------|----------|----------|----------|--------|
| 降溫效果  | -1.5°C   | -3.0°C   | -4°C     | -5°C     | -6°C   |
| 除濕效果  | -5%      | -10%     | -15%     | -18%     | -20%   |
| 風速    | 0.5m/s   | 0.5m/s   | 0.5m/s   | 0.5m/s   | 0.5m/s |

表 6：除濕機不同功率時效果對照表

| 效果／耗電 | 0.2 度/小時 | 0.35 度/小時 | 0.5 度/小時 |
|-------|----------|-----------|----------|
| 除濕效果  | -25%     | -40%      | -60%     |

表 7：電風扇不同功率時效果對照表

| 效果／耗電 | 0.04 度/小時 | 0.08 度/小時 | 0.12 度/小時 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| 風速    | 2m/s      | 3m/s      | 4m/s      |

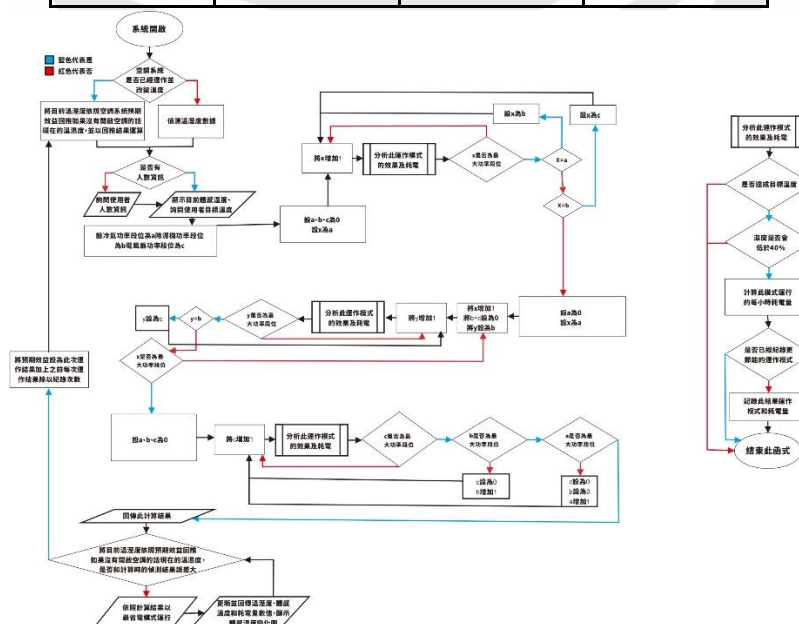


圖 11：演算法流程圖