

## 2023年全國大專校院智慧創新暨跨域整合創作競賽企劃書

競賽主題：

- ☐ 1. 物聯網與金融科技組
- ☐ 2. 智慧機器組
- ☒ 3. 數位永續科技組
- ☐ 4. 體感互動科技組

### 一、創作主題

#### 1. 題目

智得耆樂 (Wisdom for Senior's Joy)

#### 2. 實用功能描述

失智症為一種退化性疾病，根據衛福部研究結果，推估目前台灣約有29萬名失智症患者，若記憶力及判斷力等認知能力逐漸退化，將有極高的風險演變為失智症，使得預防和延緩失智症成為重要的課題。然而，從台灣失智症協會的訓練服務中可看出，當前以延緩失智症為目的的互動性認知訓練療程機台仍需前往照護中心使用，無法讓患者在家中進行系統性的個人化訓練。

根據衛福部提供之失智症診療手冊，「CDT(Clock Drawing Test)」為判定失智症嚴重程度的方法之一，同時在預防失智症部分，「三動訓練」有助於延緩失智症患者退化的速度。因此，本團隊將CDT結合三動訓練，開發出「智得耆樂」系統，創作構想示意圖如圖1所示。本系統主要透過嵌入式系統主機板結合微處理器、攜帶型繪圖板及互動按鈕等各式硬體元件所組成，並安裝至手提箱內，以便使用者無論是在家中、照護中心或指定場所，皆能進行失智症評估測試及互動性認知訓練療程。而本團隊的開發技術包含自行設計之CDT演算法，基於預先部署的機器學習模型，將使用者進行測驗時所蒐集的特徵做分類處理並記錄，最終預測出CDT受測成績。此外，本系統還包含本團隊根據三動訓練設計的三款客製化認知訓練遊戲，用於分別訓練使用者不同的認知能力，並透過遊戲內部預設的分級機制結合CDT測試結果，根據使用者當前的失智症分級進行難度調整，以此提供患者完整的互動訓練流程。最後，本系統將自動存儲使用者的遊玩紀錄，並各別將每次紀錄的特徵以圖表呈現，以此分析使用者失智症的風險程度與認知障礙的嚴重程度變化，提供觀察者或是照護人員長期追蹤使用者的失智症變化程度。

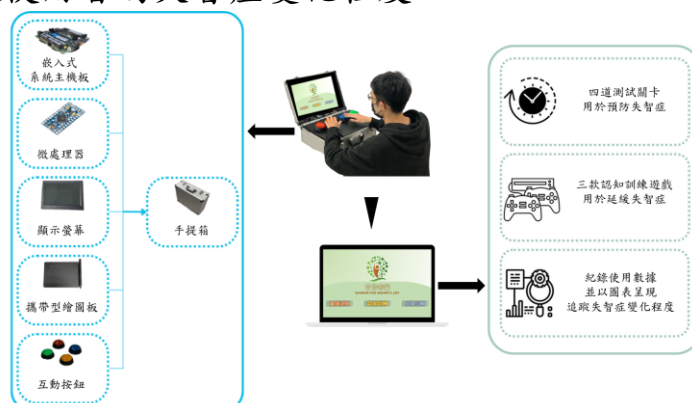


圖1、創作構想示意圖

### 3. 作品與市場相關產品差異

#### A. SODA樂活認知訓練機

此產品是由專業治療師依據大腦可塑性理論所設計，內含四種認知能力的訓練，可控制並追蹤使用者的訓練狀態。然而，與本產品差異最大之處在於本系統不僅可以根據使用者的認知能力程度進行遊戲的難易度調整，也可藉著其便攜性讓使用者隨時隨地進行訓練，提升照護品質與長照資源。

#### B. 億萬富翁益智健腦機

此產品是一款專門針對失智症作為輔助訓練的專業性產品，此產品內的遊戲能夠支援各大平台，擁有較為顯著的普及性，然而系統操作及介面設計較複雜，對於患有失智症患者來說並不友善。與本產品差異最大之處在於，本團隊開發的「智得耆樂」系統操作上是藉由互動按鈕以控制遊戲，不僅提供使用者不同於平面顯示的訓練操作，為系統增添其互動性，且整體系統介面也較為直觀，比較不會讓使用者在遊玩時產生不適。

#### C. GOPod 活動式學習及認知訓練系統

此系統主要配備了可穿戴傳感器的專利技術，可識別多個用戶的身分及其身體部位，主要透過活動式學習來建立一個認知訓練的系統。此系統與「智得耆樂」系統最大的差異在於，本系統還能夠透過CDT演算法來為使用者進行客製化的遊戲訓練流程，不僅提供使用者一項具有指標性的認知測驗，還能夠依照測試結果客製化認知訓練遊戲的互動難易度。

## 二、 創意構想

根據台灣失智症協會的推估，在2018年底全台灣失智症人口已超過28萬人，至2065年時更將會超過89萬人，使得預防及延緩失智症成為重要的課題。因此，如何藉由認知訓練設備的設計，提供日益增多的失智症患者良好的訓練療程，為現今必須積極面對的重要議題。然而，若是失智症患者及家屬期望更自主的進行互動訓練，當前的互動性認知訓練療程仍需前往照護中心的機台進行，並沒有更便利的療程模式，進而造成失智症患者及其家屬沒有在家中進行互動性訓練療程的選擇。此外，現今為了能夠早期介入並治療失智症，科學界已開發出許多如CDT一樣可以快速評估失智症認知程度的測驗方式，卻礙於CDT缺少一項系統性的受測標準，而無法讓患者及其家屬藉由受測成績判斷當前的認知障礙程度。

基於上述原因，本團隊將訓練機台結合方便攜帶的裝置做為發想，開發出「智得耆樂」系統。本系統根據三動訓練作為理論基礎，設計出三款針對認知能力的訓練遊戲，並結合機器學習模型與各硬體元件，安裝至手提箱內部。當使用者遊玩時，系統會根據使用者的遊玩數據做評級，並以圖表呈現每次紀錄的特徵，以便分析使用者失智症風險程度和認知障礙嚴重程度的變化，供使用者及照護人員於測試後進行長期的追蹤觀察。另外，CDT也是本系統的一項功能，使用者可通過攜帶型繪圖板上進行繪製，同步呈現於顯示螢幕中，接著根據本團隊設計之CDT演算法，提供使用者有系統性且快速的認知能力檢測，並及時查看當前的失智症風險。

## 1. 理論基礎

本系統整合嵌入式系統主機板、微型處理器和互動按鈕等硬體設備，再結合本團隊透過Unity遊戲開發引擎所設計之三款遊戲，用以提供使用者針對認知能力的互動性訓練。另一方面，本系統將透過攜帶型繪圖板連結至顯示螢幕，並讓CDT受測過程同步顯示於螢幕，同時根據本團隊基於預先部署的SVM模型進行分類而開發的CDT演算法，系統將依據使用者的CDT結果進行認知能力的分級，使用者於受試後可即時查看最終的分級結果。

### A. 開發技術

#### (1) 基於SVM模型的CDT演算法

本系統在CDT部分，運用支援向量回歸（Support Vector Machine, SVM）技術，透過SVM模型的預先部署，系統能夠在高維空間中使用核技巧來找到最佳的決策邊界。所使用的特徵包括使用者的測試時間與各關卡內得出之參數，這些特徵被量化並用於將使用者的測試結果進行分類和紀錄。CDT結果不僅可即時呈現給使用者查看，且部分預測結果也將影響到認知訓練遊戲的初始難易度。SVM技術的應用使得系統能夠有效地進行分類與預測，從而提供個性化的認知訓練體驗。

而基於SVM模型的CDT演算法則如下：

#### CDT Algorithm

##### Input :

- $r_i$ : 使用者畫圓線條與圓中心的距離
- $n$ : 圓線上的點
- $\mu_r$ : 正圓之線條與圓中心的距離
- $ResNet50(x_p)$ : 將參數傳至ResNet50函數辨識影像
- $x_p$ : 數字線條參數
- $X_i/Y_i$ : 指針的X/Y軸向量線條畫素參數
- $\mu_X/\mu_Y$ : 指針的X/Y軸向量線條畫素參數集平均值
- $y_i$ : 標籤樣本參數量
- $x$ : 樣本參數值(S1~S4)
- $k(x, x_i)$ : 核函數

##### Output :

- S1~S4: 第一~四關測驗的預測權重參數
- $cov(X, Y)$ : PCA 函數
- $DRy_i(x)$ : 失智症風險分級預測

##### Procedure :

Step 1: 判斷第一關畫圓的精確度

$$Function \ S1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \mu_r)^2}{n\mu_r^2}}$$

Step 2: 判斷第二關寫數字精確度

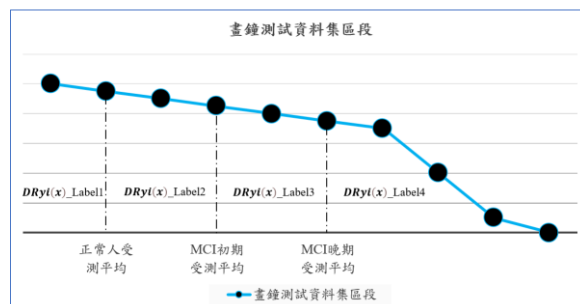
$$Function \ S2 = \sum_{i=1}^{12} ResNet50(x_p)$$

for ( int  $i = 1$  ;  $i \leq 12$  ;  $i++$  ) :

將數字輸入至 ResNet50 進行手寫數字辨識

正確: S2預測權重參數值增加

錯誤: S2預測權重參數值降低





**Step 3：判斷拖曳字卡於正確位置(探討畫鐘測試是否可以拆開為兩個測驗步驟)**

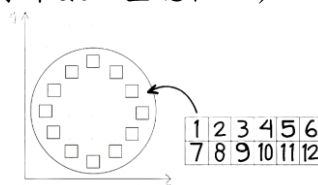
if 拖曳位置最內側座標(x,y)≤拖曳座標(x,y)≤拖曳位置最外側座標(x,y)：

拖曳位置正確 → **S3**預測權重參數值增加

else：

拖曳位置錯誤 → **S3**預測權重參數值降低

**Function S3**=(拖曳位置的字卡數比重總和/12)\*100%



**Step 4：判斷繪製之時間精確度**

**4.1** 計算指針向量公式並判斷長短

$$\text{Function } cov(X,Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \mu_X) * (Y_i - \mu_Y)$$

**4.2** 依照PCA函數判斷其向量角度並得出**S4**

**Step 5：S1~S4(x)傳入SVM模型進行風險分級**

$$\text{Function } DRY_i(x) = \text{sign}[\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i k(x, x_i) + b]$$

## (2)適應性的認知訓練體驗

在互動性認知訓練部分，基於三動訓練作為理論基礎，本團隊透過Unity遊戲開發引擎作為主要設計平台，將不同的認知障礙特性融入於遊戲中，使得三款遊戲將能夠根據本團隊所賦予的三動權重來豐富遊戲體驗，以滿足不同三動訓練需求的目的。透過將三動訓練理論運用於遊戲設計，本系統將獲得更具適應性的認知訓練體驗，並在遊戲中有效延緩使用者的認知能力嚴重程度。

Evaluation Index




圖2、三動訓練-適應性認知訓練體驗分析統計圖

## B.硬體設備

本系統設備以嵌入式系統主機板為主，分別連接至微型處理器、攜帶型繪圖板及顯示螢幕，接著再將微型處理器連接至互動按鈕等各硬體元件，並安裝於手提箱內部以構成「智得耆樂」系統。當微處理器或攜帶型繪圖板辨識出使用者的互動數據後，接著將使用者的互動數據傳輸至嵌入式主機板進行判斷，再根據主機板的指令，將對應的系統反饋即時呈現於顯示螢幕上。「智得耆樂」系統硬體元件說明，如表1所示。

表1、硬體元件說明

 <p>嵌入式系統主機板</p>	<p>主要負責整合和控制系統各個硬體元件。做為系統的核心，將接收來自各元件所傳輸的數據，並進行判斷和處理。</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------

 <b>微處理器</b>	<p>作為系統的處理中心，負責處理和計算來自互動按鈕與其餘各個硬體元件的互動指令參數。</p>
 <b>攜帶型繪圖板</b>	<p>作為使用者進行CDT的繪製作答區，並搭配附屬的感應筆。使用者可以在上面進行CDT流程操作。繪圖板會記錄使用者的操作數據並傳輸至系統進行處理。</p>
 <b>顯示螢幕</b>	<p>作為系統的畫面輸出，連接嵌入式系統主機版。根據使用者的操作和處理結果，將相對應的系統反饋即時顯示。</p>
 <b>互動按鈕</b>	<p>提供使用者進行簡單的操作和選單控制，並將使用者的互動數據傳輸至微型處理器，讓使用者能夠快速回答問題或選擇遊戲選項。</p>

## 2. 設計創新說明

### A. 可攜式遊戲機台

有別於一般的互動式訓練遊戲設備，若要實現隨時隨地皆可進行互動訓練的便攜特色，則需要在互動遊玩體驗和可攜式特性之間找尋最合適設計。本團隊根據現今市面上的互動性認知訓練產品展開篩檢，針對功能與空間的使用進行取捨，將互動遊玩體驗透過本團隊設計之硬體架構來做保留。最後，為了導入CDT，將用於CDT的攜帶型繪圖板整合至硬體架構內，並彙整各式硬體元件安裝至手提箱內，使得保留互動遊玩體驗的同時，提供使用者系統性的畫鐘測試流程，並將可攜式特性融於本系統之中。

### B. 失智症風險分級機制

雖然現今的CDT檢測流程已十分完善，仍然無法即時提供使用者一項具系統性的CDT測後級數做為參考。為此，本團隊根據現今的CDT檢測流程，在系統內部加入CDT演算法，並透過預先訓練好的SVM模型，將使用者的CDT結果進行分類並記錄。此方式可讓系統更加客觀評估使用者的認知障礙嚴重程度，並根據模型的預測結果來確定使用者在失智症風險方面的分級，呈現出一套具有系統性的CDT測試流程。此外，本系統將遊戲內部預設的分級機制結合CDT分級結果，並根據每位使用者的個別需求，將客製化一個符合其狀況的互動認知訓練遊戲難易度級數。

## 3. 特殊功能描述

本團隊為了將可攜式特性加入互動性認知訓練，並提供使用者具系統性的認知測驗標準，開發出了「智得耆樂」系統，本系統分為「畫鐘測

驗」與「認知訓練」及「成果回顧」三種模式，且「認知訓練」又包含三款遊戲，分別為「與貓有約」、「樂活接龍」及「比圖快選」，以下將會分別進行介紹。

#### A. 「畫鐘測驗」

當使用者進入「畫鐘測驗」模式時，將開始進行本團隊根據CDT演算法設計之四道關卡，並於攜帶型繪圖板上進行繪製：第一關系統將提示使用者畫出一個完整封閉的圓；第二關系統會提示使用者在指定的字卡填空區域默寫數字1~12；第三關系統會根據第二關指定的字卡填空區域，展示使用者在第二關時默寫出的1~12，並要求使用者拖曳這些數字卡至時鐘盤面上的正確位置；第四關系統則會指定一個時間作為題目，使用者將根據前三關所繪製的畫鐘素材，將時鐘繪製出對應的時間。完成關卡後，系統會根據測試過程所蒐集出的特徵傳入SVM模型進行分類，所得出的結果將是該使用者於本次測驗時預測的失智症風險評級，並即時呈現給使用者查看。「畫鐘測驗」功能流程圖如圖2所示。

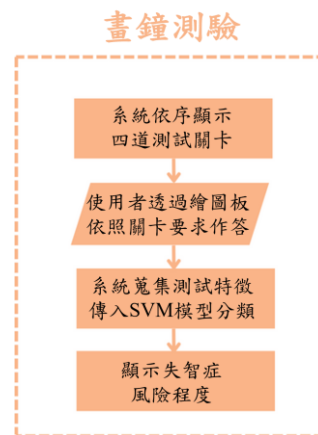


圖3、「畫鐘測驗」功能流程圖

#### B. 「認知訓練」

當使用者進入「認知訓練」模式時，將有三款根據三動訓練而設計的訓練遊戲供使用者選擇遊玩，且使用者可在遊玩前調整難易度，同時系統將根據遊玩紀錄與CDT分級自動微調難易度。「認知訓練」功能流程圖如圖3所示。

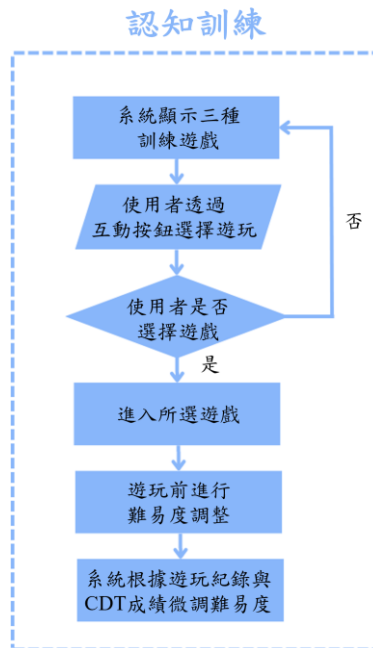


圖4、「認知訓練」功能流程圖

➤ 「與貓有約」

為了訓練使用者的專注力與反應力，本團隊根據三動訓練，以互動的比例為65%、運動的比例為25%、動腦的比例為10%，設計出了「與貓有約」。當貓的圖示從洞口竄出來時，使用者需依照其洞口位置，按壓互動按鈕來操縱毛線移動，當到達洞口位置時，就會觸發貓咪玩毛線的事件並獲得分數。「與貓有約」功能流程圖如圖4所示。

➤ 「樂活接龍」

為了訓練使用者的判斷力與反應力，本團隊根據三動訓練，以互動的比例為40%、運動的比例為30%、動腦的比例為30%，設計出「樂活接龍」。在遊戲開始後，龍的圖示會從畫面頂端掉下來，使用者須按壓互動按鈕，控制網子接取龍的圖示來獲得分數。「樂活接龍」功能流程圖如圖4所示。

➤ 「比圖快選」

為了訓練使用者的判斷力與記憶力，本團隊根據三動訓練，以互動的比例為15%、運動的比例為20%、動腦的比例為65%，設計出「比圖快選」。使用者須先記住前一個畫面的圖片，然後在接下來的畫面中判斷是否與前一張圖片相同，使用者將透過互動按鈕內部的發光器，進行引導與操控作答選項，系統會根據使用者的作答，採用加分機制來做分數的判斷。「比圖快選」功能流程圖如圖4所示。



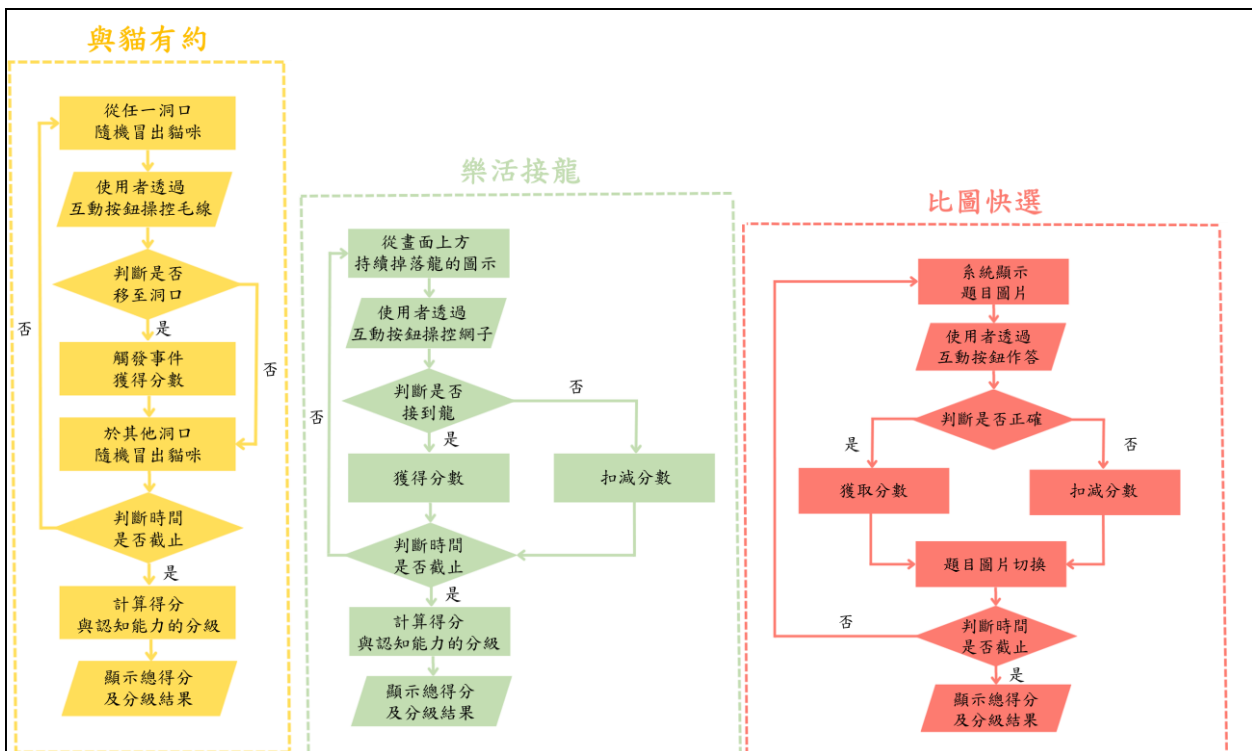


圖5、「與貓有約」、「樂活接龍」與「比圖快選」功能流程圖

### C. 「成果回顧」

此功能主要用於追蹤使用者的失智症變化程度。透過本系統的測試和訓練遊戲，系統將自動存儲使用者的數據與表現，這些數據包括使用者在測試中的得分、反應時間、解題能力等量化特徵值，再根據「畫鐘測驗」及「認知訓練」的三款遊戲自動分類索引，並搭配線性統計圖表作為數據紀錄的呈現方式，分析使用者失智症的風險程度與認知障礙的嚴重程度變化，以此提供觀察者或照護人員方便追蹤使用者的失智症訓練療程效果。「成果回顧」功能流程圖如圖5所示。



圖6、「成果回顧」功能流程圖

## 三、系統架構

### 1. 架構說明

本團隊所開發出的「智得耆樂」系統，主要有三大功能，分別為「畫鐘測驗」、「認知訓練」與「成果回顧」，系統架構圖如圖6所示。





圖7、「智得耆樂」系統功能架構圖

本團隊將互動式按鈕、嵌入式系統主機板及攜帶型繪圖板等各式元件組成，並結合提前部署的SVM模型，用於分類並量化CDT演算法的測試結果，加上三款本團隊基於三動訓練設計之認知訓練遊戲，以及存儲使用者各功能的數據資料庫。圖7為本系統示意圖。

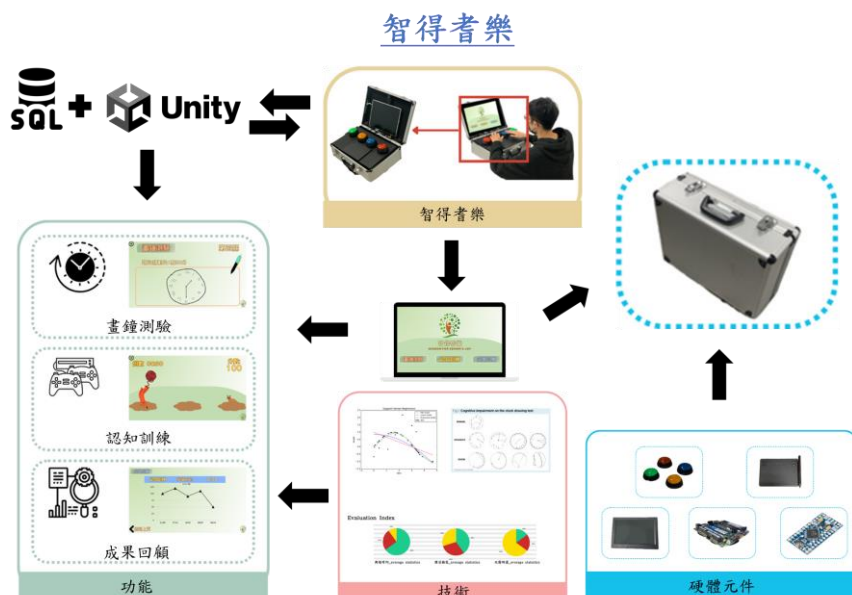


圖8、「智得耆樂」系統示意圖

## 2. 「使用者介面」(UI) 與「使用者體驗」(UX) 設計

### A. 使用者介面(UI)

當使用者開啟此裝置時，可於「智得耆樂」系統的首頁選單中選擇「**畫鐘測試**」、「**認知訓練**」及「**成果回顧**」三項功能，下方會詳細說明各大功能。首頁介面如(a)所示。當使用者透過互動按鈕點選「**畫鐘測試**」模式時，將進入CDT功能的流程，「**畫鐘測試**」功能介面圖如(b)所示。當使用者透過互動按鈕點選「**認知訓練**」模式時，將跳轉至選擇遊戲頁面，並根據使用者的選擇進行遊玩，「**認知訓練**」功能介面圖如(c)所示，遊玩過程功能介面圖如(d)所示。當使用者透過互動按鈕點選「**成果回顧**」模式時，將跳轉至遊玩數據頁面，將有線性圖表呈現給使用者查看，「**成果回顧**」功能介面圖如(e)所示。

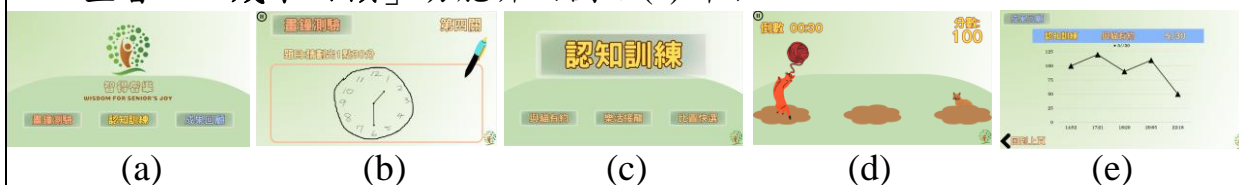


圖9、系統介面圖(a)為「智得耆樂」首頁介面圖、(b)為「畫鐘測驗」功

能介面圖、(c)及(d)為「認知訓練」功能介面圖、(e)為「成果回顧」功能介面圖

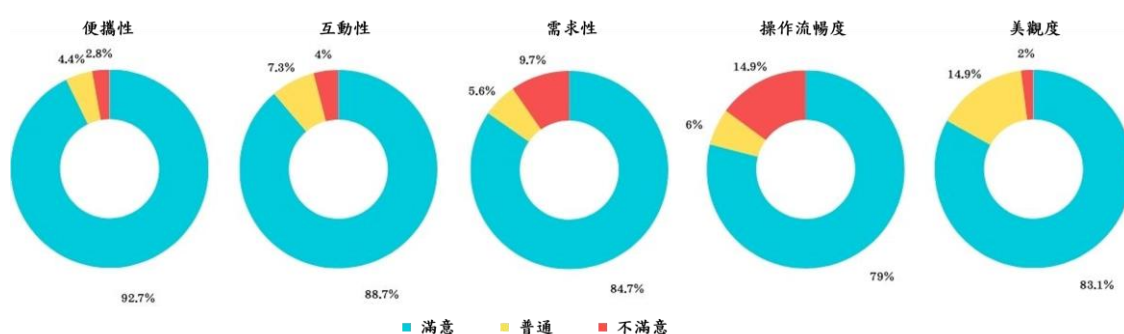
## B.使用者體驗(UX)

為瞭解使用者對於本系統介面及功能的評價，本團隊發放278份線上問卷，共有248份為有效問卷，利用問卷調查使用者之看法，在統整調查結果，提出相對應的調整方法，使本系統更加完善。

### a. 測試

本團隊藉由線上問卷進行使用者體驗調查，針對便攜性、互動性、需求性、操作流暢度與美觀度進行調查，得出如圖10所示之數據。

圖10、使用者數據統計



### b. 分析使用者感受

在統計使用者調查後，多數使用者認為本系統設計的訓練遊戲互動性良好，並表示安裝於手提箱內的硬體架構設計富有巧思，使得本系統於互動性與便攜性之間取捨得當，且對於CDT後易懂的成績分級感到滿意。然而使用者對於本系統的操作流暢度評價卻不如本團隊的預期，使用者也有提及本系統的部分訓練遊玩時間有些耗時。

### c. 解決方法

基於上述建議及使用者感受，本系統重新檢討使用者介面及互動按鈕來控制的可行性，減去部分的判斷事件，同時將每個顯示於螢幕的功能介面加上操作指引，以避免過於複雜的操作體驗，本團隊也藉由多方參考各認知訓練遊戲的設計，將訓練遊戲的各時長資料進行數據分析，並將本系統互動訓練的遊戲時長依照分析後的結果進行調整，並加入暫停遊玩的功能，以此修正遊戲過於耗時的問題。

## 四、計劃管理

工作階段	工作日數	工作內容
1.題目發想&理論查詢	6	a. 題目設計及評估可能性 b. 查詢佐證數據資料
2.研究實現方法	8	a. 查詢相關技術實現方式 b. 確認系統所需之功能
3.系統功能與流程規劃	10	a. 設計系統使用流程 b. 規劃系統整體架構
4.硬體架構設計與採購	4	a. 設計產品外觀與結構 b. 購買所需之硬體元件
5.機器學習模型訓練	10	a. 建置SVM模型所需環境

		b. 進行資料前處理 c. SVM模型建置 d. 針對資料進行訓練與測試
6.系統設計與建置	24	a. 設計使用者介面 b. 程式撰寫 c. 介面實現 d. 設計CDT演算法流程 e. 將SVM模型部署至程式中
7.系統實測與整合	6	a. 整合各式硬體設備及模組 b. 設計並整合硬體設備外殼 c. 系統運行驅動測試
8.系統一次測試	4	a. 遊戲功能運行實驗 b. CDT流程運作實驗 c. 成績紀錄存儲實驗
9.優化整體系統	4	a. 重整硬體線路 b. 修改部分程式碼與系統錯誤
10.系統二次測試	3	c. 模擬系統流程
11.使用者測試	7	d. 收集使用者回饋
12.微調系統結構	5	e. 針對硬體不完善之處做出修正 f. 最佳化程式碼

周次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年份										
起始日期	5/6	5/13	5/20	5/27	6/3	6/10	6/17	6/24	7/1	7/7
工作階段	1	■								
	2	■	■	■						
	3		■	■	■					
	4		■	■						
	5			■	■	■				
	6			■	■	■	■	■		
	7							■	■	
	8							■	■	
	9								■	■
	10								■	■
	11									■
	12									■

##### 五、修改舊作參賽說明

■ 本專案開發之作品未使用團隊成員曾獲競賽獎勵之作品。

□ 本專案開發之作品採用團隊成員曾獲競賽獎勵之作品，至少應有50%差異，請說明(參考切結書第十點之規定)。

##### 六、軟體清單

1. 作業系統環境

☒ Windows ☐ FreeBSD ☒ Linux

☐ MacOSX ☐ MacOS Classic ☐ 其他\_\_\_\_\_

2. 主要開發程式語言

☐ Assembly ☐ C ☐ C++ ☐ Java ☐ Perl

☒ PHP ☒ Python ☐ Ruby ☐ .NET ☒ 其他C#、JavaScript

3. 專案支援語言(可複選)

☒ 中文 ☐ 英文 ☐ 其他\_\_\_\_\_

4. 開發環境

(1) WampServer

(2) Arduino IDE

(3) Unity

(4) Visual Studio Code

七、 權力分配

☒ 依著作權法第 40 條之規定，由參賽學生與指導教授均等共有。

☐ 其他比例分配表，請說明。