

2024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

兒童髖關節偵測輔助系統 (DDH - Detection Assistive System, DDH - DAS)

2. 實用功能描述

發展性髖關節發育不良(developmental dysplasia of the hip, DDH)又名兒童髖關節發育不良，為一種在嬰兒和幼兒中常見的髖關節發育異常疾病。面對該疾病，超音波篩檢為一種常見的檢測手段，醫師將針對75%~80%的潛在異常案例，透過超音波從正側面檢查嬰兒骨盆和髖關節的包覆關係，並生成包含股骨頭、髖關節及髖臼窩影像，再根據影像得出Alpha和Beta的夾角，而後判斷兒童髖關節病況。本團隊透過與醫師訪談得知，當前根據影像所得出的夾角數值仍須經由人工判讀並計算，其看診流程不僅效率欠佳，且由於缺乏影像輔助辨識的技術，使得從影像判讀到宣讀病歷的診病步驟仍舊繁雜，尚未有相對應的系統輔助診斷得以提升其診療效率。

基於上述需求，本團隊設計了「兒童髖關節偵測輔助系統, DDH - DAS」，功能示意圖如圖1所示。主要功能包括「影像增強」、「標記結果」、「結果描述」以及「資料保存」。本系統使用與區域醫院合作提供的1192筆兒童髖關節影像作為訓練資料集，影像經過對比度增強與標記後，系統採用U-Net作為主幹網路，結合KeypointNet進行特徵點標記連線，並使用本團隊設計之I-AD (Image-Angle Detection)圖形角度測量演算法計算Alpha角與Beta角，最終生成影像特徵定位的預訓練模型。當使用者輸入影像後，系統將自動計算Alpha角與Beta角，並生成對應的描述，為醫師提供一套完整的影像輔助判讀流程，從而提升診療效率。

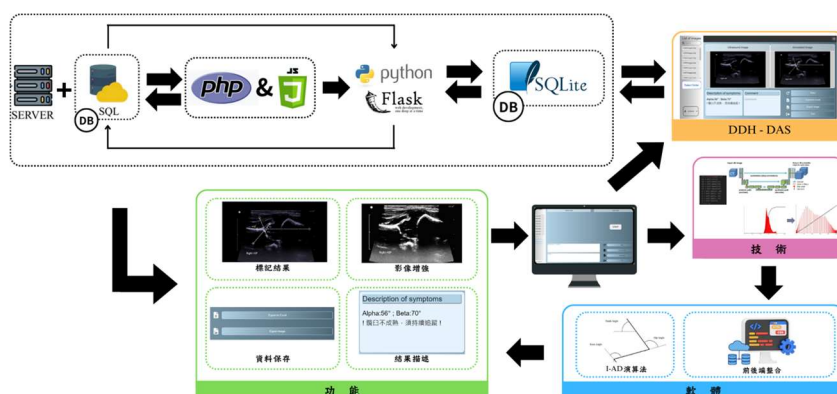


圖1、「DDH - DAS」系統示意圖

3. 作品與市場相關產品差異

A. 泰瑞聲超音波影像系統

此產品主要為放射學科所設計，具備直觀的觸控式介面和增強型視覺化針導功能（ENV）技術。由於本團隊所開發的「DDH-DAS」系統能通過後台管理系統與醫師端進行無縫對接，使得本系統的高延展性將可以與該產品的隨取即用便攜性相結合。

B. 即視髖-人工髖關節手術AR(MR)輔助系統

此產品運用MR技術，可在手術中即時回饋髖臼杯置放角度及安全區之立體範圍，於頭戴顯示器中直觀提供骨科醫師於手術中須知資訊。該產品與本系統接運用科技輔助當今髖關節治療，與本系統最大差異處在於該產品透過MR技術輔助醫師進行手術規劃，而本團隊開發的「DDH-DAS」系統則是協助醫師簡化診療時影像判讀與記錄的繁瑣流程。

二、 創意構想

根據彰化基督教兒童醫院提供的數據顯示，每2000個台灣新生兒中，就有3人罹患DDH（兒童髖關節發育不良）。然而現有的方法仍需醫師手動計算髖關節角度並做出診斷，導致整體看病流程依舊相當繁雜且耗時。此外，超音波影像可能因為氣體或骨骼等因素而影響其清晰度，將容易造成醫生診斷上的不便。

基於上述緣由，本團隊開發出「兒童髖關節偵測輔助系統, DDH-DAS」。透過髖關節影像的處理與輸出，針對現今看病流程提出一套新的輔助方案。本系統主要利用影像增強技術來增強影像細節，並採用U-Net做為醫學影像深度學習演算法，以及特徵點技術標記連線工程，再透過本團隊所設計之I-AD圖形角度測量演算法計算出Alpha角與Beta角。最終會根據患者病歷號進行資料保存，也可根據醫師需求，將影像及資料導出，提供醫師有系統性且便捷的髖關節輔助判定流程。

1. 理論基礎

本系統採用AHE自適應直方圖均衡化技術來增強影像細節，並使用U-Net作為主幹網路架構。最終，利用特徵點技術進行標記連線，後通過I-AD圖形角度測量演算法計算出Alpha角和Beta角，並依照其結果對影像進行分類和狀況描述。在確認影像測量結果後，可以根據醫師的需求，將影像和數據分別導出，為醫師提供系統性且便捷的髖關節輔助判斷流程，主要開發技術將分成「AHE自適應直方圖均衡化技術」、「U-Net醫學影像辨識網路框架」與「I-AD圖形角度測量演算法」。

A. AHE自適應直方圖均衡化技術

由於輸入的超音波影像常帶有影響判讀的雜訊，因此本系統將利用自適應直方圖均衡化（AHE）技術，透過計算圖像每一個顯著區域的直方圖，重新分佈圖像的亮度值來改變影像的局部對比度，以此增強影像細節，讓影像輸入至下一步模型後能夠更準確地進行標記和測量。

B. U-Net醫學影像辨識網路框架

本系統選用U-Net作為影像辨識的主幹網路架構，先將訓練集分為左側與右側進行預處理後，透過構建模型並訓練的方式，其過程主要經由語意切割，將影像中的所有像素點進行分類，讓電腦根據影像的語義來進行分割，再透過端到端結合KeypointNet，訓練一個整合的模型進行特徵點標記連線，最終得出DDH預訓練模型，將可判斷Alpha、Beta角的特徵點進行權重標記。

C. I-AD圖形角度測量演算法

本系統於角度計算部分，將基於髖關節超音波影像中的股骨頭與髌白窩等特徵點連線後之影像，依據Alpha與Beta角度拆解，並各自進行影像角度判讀，主要將計算兩條直線之間的夾角，通過計算斜率後使用三角函數計算出影像夾角，並將其從弧度轉換為度數。具體演算法如下：

I-AD Algorithm

Step1 :

梯度計算

Input

(x_1, y_1) ：第一個點的坐標

(x_2, y_2) ：第二個點的坐標

Output

m ：兩點之間的梯度（斜率）

Procedure :

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

m 代表從點 (x_1, y_1) 到點 (x_2, y_2) 的直線斜率，主要描述直線的傾斜程度。

Step2 :

角度計算

Input

m_1 ：第一條直線的梯度（斜率）

m_2 ：第二條直線的梯度（斜率）

Output

θ ：兩條直線的夾角弧度

$angle_{deg}$ ：兩條直線的夾角度數

Procedure :

$$\tan(\theta) = \frac{m_2 - m_1}{1 + m_1 \cdot m_2} \quad \theta = \text{atan}\left(\frac{m_2 - m_1}{1 + m_1 \cdot m_2}\right)$$

將角度從弧度轉換為度數

$$\text{angle}_{deg} = \text{round}\left(\frac{\theta \cdot 180}{\pi}\right) \quad \text{If } \text{angle}_{deg} < 0 :$$

$$\text{angle}_{deg} = 180 + \text{angle}_{deg}$$

2. 設計創新說明

此系統結合影像辨識技術與兒童髖關節診斷，具備分析髖關節影像數據和高效管理資料等功能。以下將針對「**髖關節角度影像辨識**」與「**自動化輔助流程**」進行介紹。

A. 髖關節角度影像辨識

在髖關節診斷中，影像辨識技術的應用可以顯著提升分析的準確性和效率。本系統採用了先進的影像處理技術，包括「AHE自適應直方圖均衡化」、「U-Net醫學影像辨識網路框架」和「I-AD圖形角度測量演算法」，以此進行髖關節角度的精確辨識。通過上述技術的綜合應用，本系統將能夠為髖關節的診斷過程提供高效、準確的影像分析，幫助醫師快速獲得精確的角度數據。

B. 自動化輔助流程

一般在診斷髖關節時，醫師需依賴自身經驗自行計算與判讀髖關節的影像，該影像也可能因為氣體、骨骼或其他因素而影響其清晰度，造成醫生判讀上的不便，不同醫生可能使用略微不同的標準來測量角度，因此容易導致診斷時在角度測量方面出現誤差。本系統將自動計算出Alpha角與Beta角，取代傳統手工測量角度的方式，不僅減少人工判讀的誤差，也提高診斷流程的效率和準確性，讓醫師得以透過系統的流程設計，獲取精準客觀的輔助數據來做診斷。

3. 特殊功能描述

本團隊為提供醫師一套完整的兒童髖關節影像輔助判讀流程，開發出了「**兒童髖關節偵測輔助系統, DDH - DAS**」，本系統提供四大功能，分別為「**影像增強**」、「**標記結果**」、「**結果描述**」及「**資料保存**」，以下將分別進行介紹。

A. 影像增強

當使用者將髖關節超音波影像輸入至本系統時，可選擇是否對影像進行增強。若使用者不滿意對增強後的影像結果，可選擇將影像恢復至增強前的狀態，或者繼續進行增強。「**影像增強**」功能流程圖如圖2所示。

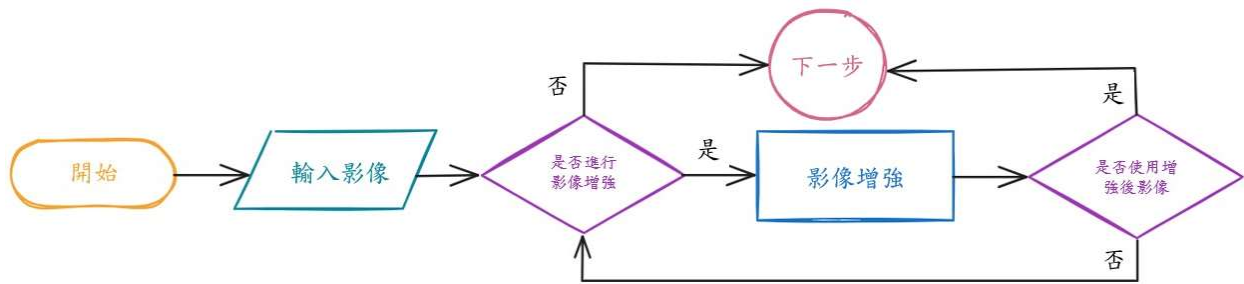


圖2、「影像增強」功能流程圖

B. 標記結果

增強後的超音波影像經由模型分類標記後，利用特徵點技術標記並連線，再透過本團隊所設計之I-AD(Image-Angle Detection)圖形角度測量演算法自動計算出Alpha角與Beta角，並將標記結果、角度及準確度顯示於系統畫面。「標記結果」功能流程圖如圖3所示。

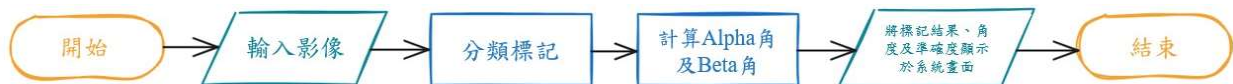


圖3、「標記結果」功能流程圖

C. 結果描述

根據影像測量結果之Alpha角與Beta角，將影像進行分類，並且依據影像中骨盆跟髌關節包覆的關係及測量結果，對影像進行狀況描述，最後將影像之類別與狀況描述結果顯示於系統畫面，方便使用者對髌關節超音波影像進行判讀。「結果描述」功能流程圖如圖4所示。

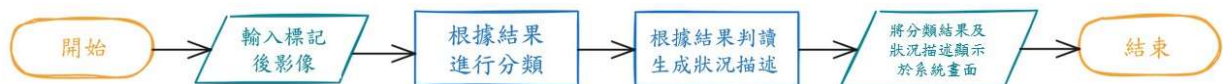
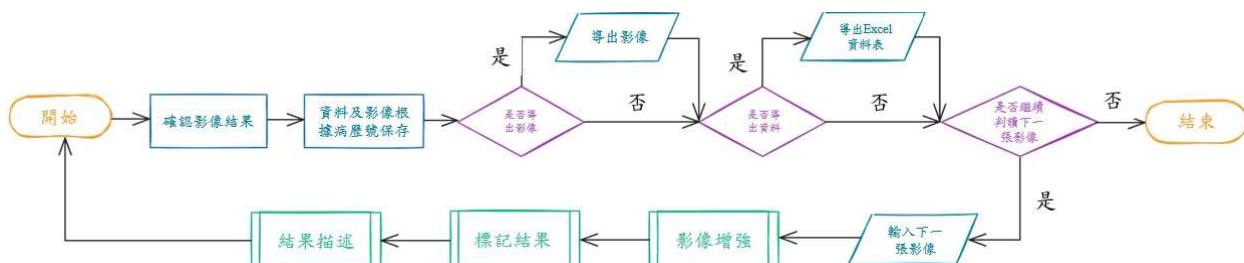


圖4、「結果描述」功能流程圖

D. 資料保存

確認影像測量之結果後，使用者可按下資料保存鍵，將有三個選項進行操作，可選擇將影像及資料表根據患者病歷號保存於資料庫中，或選擇是否導出影像或Excel資料表，接著繼續進行下一個影像之判讀，或選擇直接結束使用本系統。當使用者使用本系統時，須先登入帳號，若需對患者資料進行修改時，登入後可於髌關節影像列表紀錄，針對患者資料及髌關節超音波影像進行CRUD操作。「資料保存」功能流程圖如圖5所示。



5、「資料保存」功能流程圖

三、系統架構

1. 架構說明

本團隊所開發出的「兒童髖關節偵測輔助系統, DDH - DAS」主要有四大功能，分別為「影像增強」、「標記結果」、「結果描述」與「資料保存」，系統架構圖如圖6所示、系統示意圖如圖7所示。

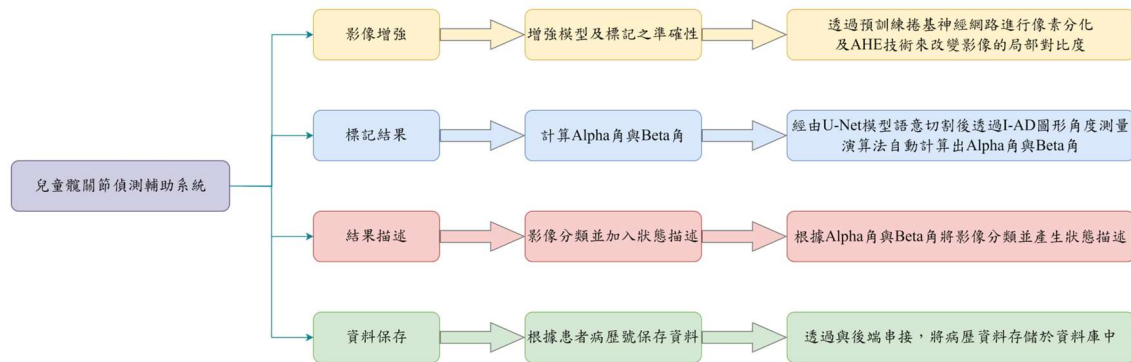


圖6、「DDH - DAS」系統功能架構圖

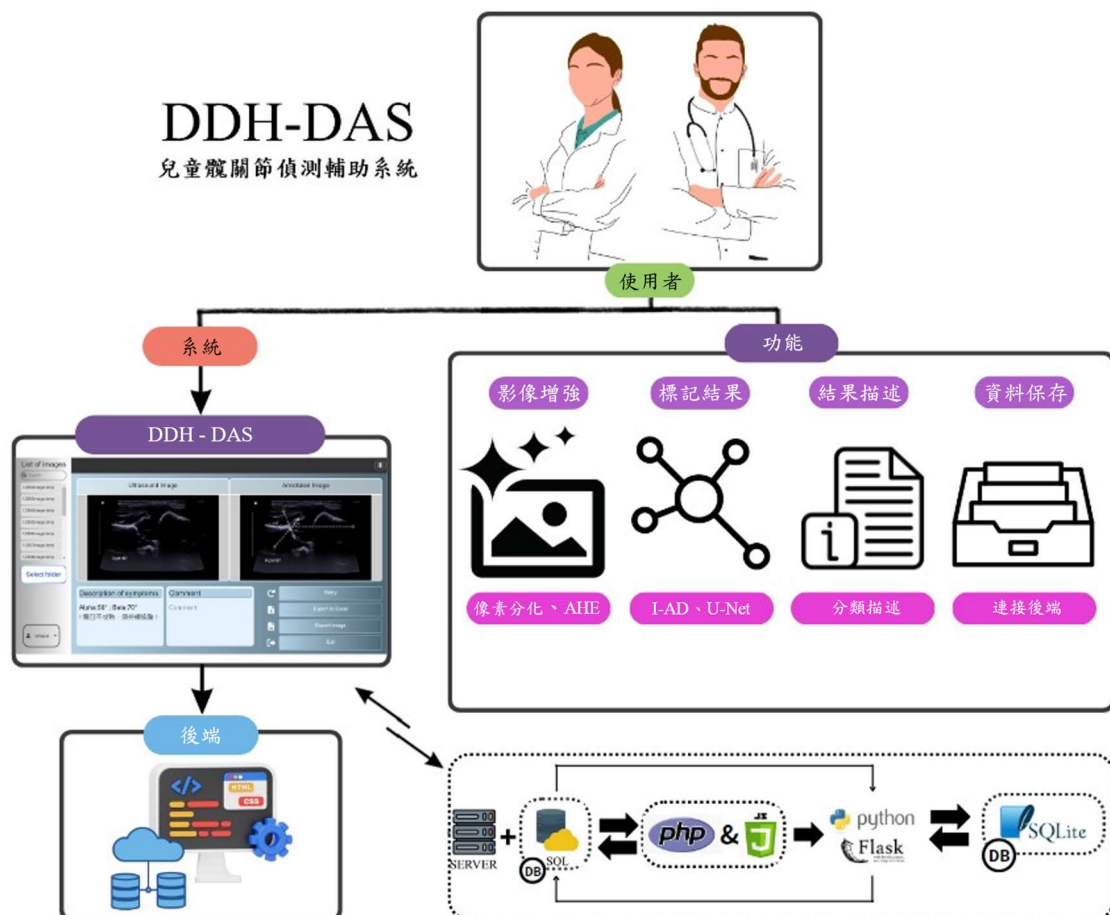


圖7、「DDH - DAS」功能示意圖

2. 「人機介面設計」(UI) 與「使用者體驗」(UX) 設計

A. 人機介面設計(UI)

「DDH - DAS」系統登入介面如圖8所示，為防止未經授權用戶登入，系統的註冊功能將僅限於後台人員操作，經由人工授權後，醫生將取得帳號與密碼，即可登入該系統並獲得存取功能的權限。

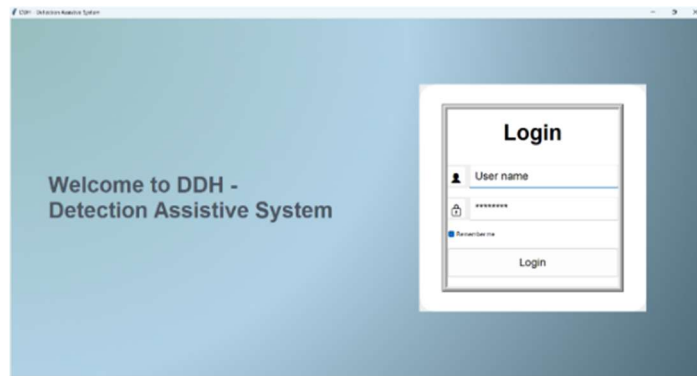


圖8、「DDH - DAS」系統登入介面

進入系統首頁後，左側將顯示髖關節影像列表，使用者可點選下方的「**Select folder**」或「**Click to load image**」按鈕，皆可匯入超音波影像圖，待匯入後，使用者也可在搜尋欄內依據病歷編號查找病患的超音波影像圖，如圖9所示。

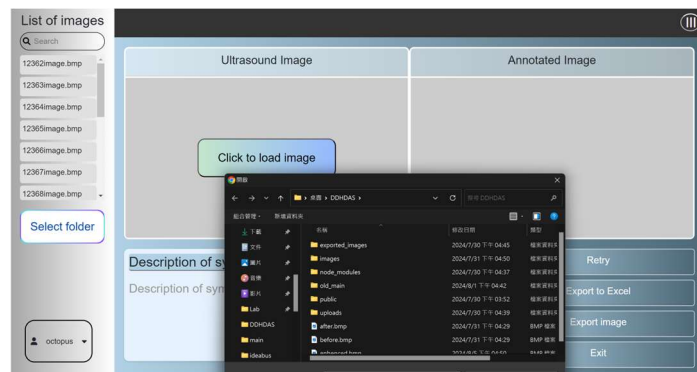


圖9、「DDH - DAS」匯入影像範例

選取完後，髖關節影像圖將顯示在「**Ultrasound Image**」下方模塊中，當需要對髖關節進行影像處理時，點選「**START**」按鈕。系統會先詢問使用者是否要增強影像的清晰度，若增強後的效果不滿意，使用者也可選擇恢復到原始圖檔，繼續進行影像處理，如圖10(a)與圖10(b)所示。

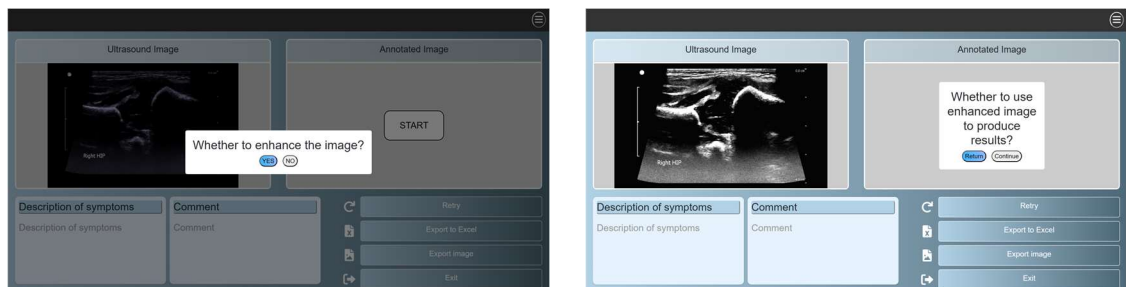


圖10(a)與圖10(b)、「DDH - DAS」介面操作範例

最終，系統會在「**Annotated image**」下的模塊生成經過標記後的影像，並在「**Description of symptom**」下方的欄位顯示兒童髖關節的診斷結果，包含Alpha角、Beta角以及病情狀況。此外，使用者也能在「**Comment**」下方欄位自行添加醫囑與補充說明，作為診斷的參考資料。確認結果後，右下方的選單中可選擇**導出Excel資料表**或**標記後影像**，完成操作後，可以繼續判讀下一個影像，或選擇直接結束系統的使用，如圖11所示。

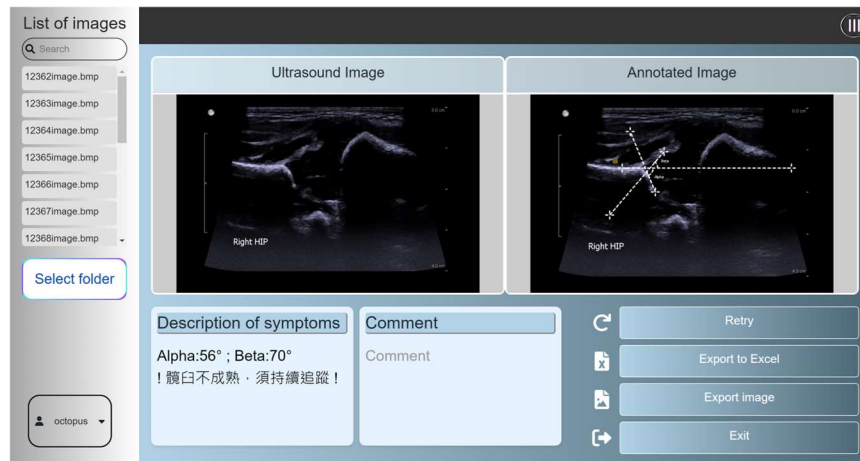


圖11、「DDH - DAS」影像生成範例

B. 使用者體驗(UX)

為了瞭解使用者對於本系統介面與功能的評價，本團隊在「Settings」選單中的「Help」部分新增了「Suggestion function」、「Return problem」兩個欄位，如圖12所示。使用者可以在這些欄位中提交意見與反饋，協助本團隊進一步優化和完善系統。我們重視使用者的建議並鼓勵他們積極參與反饋過程，以便我們能夠根據他們的需求做出相應的改進，提升系統的整體體驗。

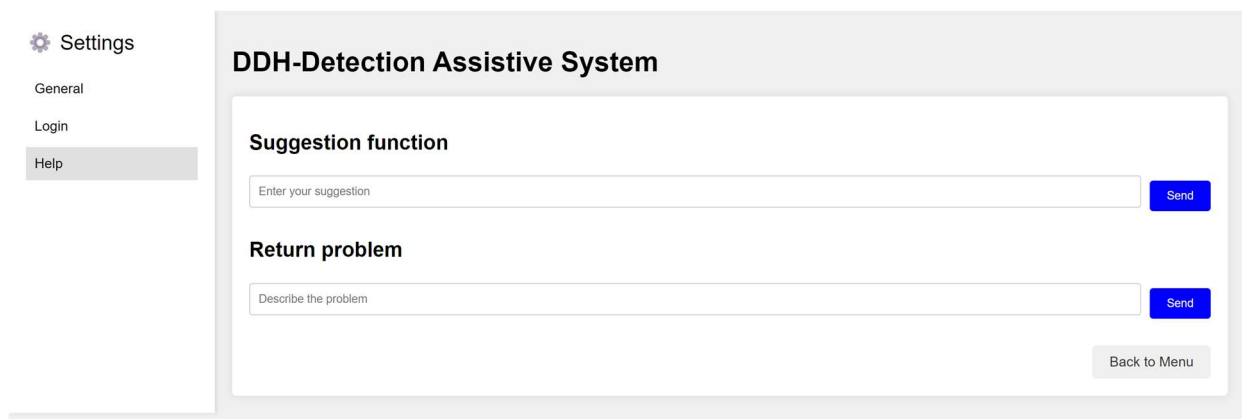
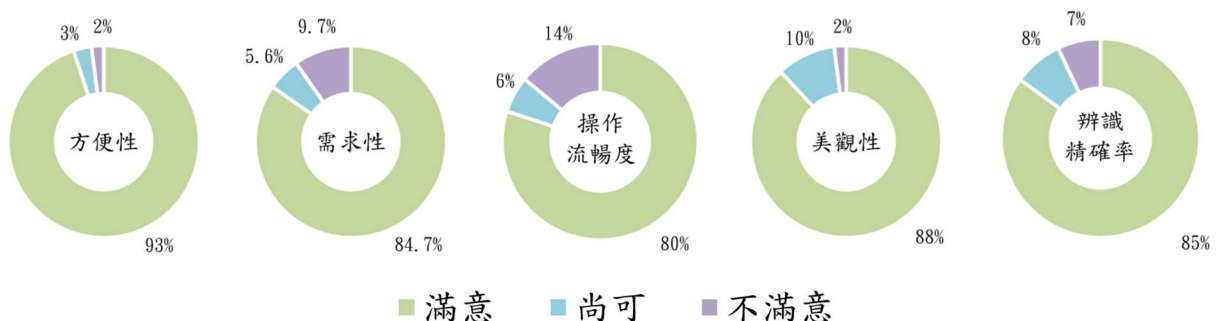


圖12、「DDH - DAS」意見反饋欄

I. 測試

本團隊根據使用者的反饋建議進行了分類與整理，分析了使用者對系統的方便性，需求性、操作流暢度、美觀性以及辨識精確率的想法，將這些意見量化為數據後，經統計得出以下結果，如圖13所示。

圖13、使用者數據統計



II. 分析使用者感受

分析使用者的回饋後，多數使用者認為本系統的自動化流程顯著提升了兒童髖關節的診斷效率，簡化了診療流程，為其帶來了更多便利性。此外，使用者普遍認為系統的介面設計簡單易懂，操作起來也十分便捷。然而，也有使用者認為影像增強後的效果差別不大，並建議如果能在影像增強功能中添加自定義選項與即時預覽功能，讓使用者根據個人需求調整增強效果，系統將會更完善。

III. 解決方法

基於上述建議及使用者感受，本團隊將對現有的影像增強進行優化，特別是在細節處理和對比度提升方面，以此滿足使用者對增強效果的期望，並開發自定義影像增強功能，允許使用者根據個人需求調整增強參數，並添加一選項面板，讓使用者可以即時預覽和調整影像效果。

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 | 5 | a. 設計並評估題目可能性 b. 確認主題 |
| 2.研究實現方法 | 7 | a. 確認系統所需功能 b. 查詢相關技術實現方式 |
| 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.影像分析模型訓練 | 14 | a. 建置模型環境 b. 進行資料前處理 c. 建置模型 d. 針對資料進行訓練與測試 |
| 5.系統設置與建置 | 28 | a. 設計使用者介面 b. 程式撰寫 c. 介面實現 d. 設計演算法流程 e. 將模型部署至程式中 |
| 6.系統實測與整合 | 8 | 系統運行驅動測試 |
| 7.系統一次測試 | 6 | a. 運行實驗 b. 運作實驗 c. 存儲實驗 |
| 8.優化整體系統 | 12 | 修改部分程式碼與系統錯誤 |
| 9.系統二次測試 | 4 | 模擬系統流程 |
| 10.使用者測試 | 7 | 收集使用者回饋 |
| 11.微調系統結構 | 8 | 優化系統程式碼 |

| 周次 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|
| 年分 | | | | | | | | | | | | | | |
| 起始日期 | 4/26 | 5/3 | 5/10 | 5/17 | 5/24 | 5/31 | 6/7 | 6/14 | 6/21 | 6/28 | 7/5 | 7/12 | 7/19 | 7/26 |
| 工作階段 | 1 | ■ | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| | 4 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| | 5 | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | 6 | | | | | | | | ■ | ■ | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | ■ | ■ | | | |
| | 8 | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | |
| | 9 | | | | | | | | | | | | ■ | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | ■ | ■ |
| | 11 | | | | | | | | | | | | ■ | ■ |

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_____

3. 專案支援語言(可複選)

☒ 中文 ☒ 英文 ☐ 其他_____

4. 開發環境

(1) Visual Studio Code

(2) Anaconda

(3) OpenCV

(4) PyTorch

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。