

計畫編號：MOHW112-CDC-C-114-000107

衛生福利部疾病管制署 112 年委託研究計畫

計畫名稱：以 AI 資訊服務改善偏鄉肺結核胸部 X 光篩檢成效分析

年度/全程研究報告

執行機構：佛教慈濟醫療財團法人花蓮慈濟醫院

計畫主持人：吳彬安

協同主持人：林智斌、杜興洋

研究人員：鄭心宜、王志傑、劉民翔

執行期間：112 年 1 月 1 日至 112 年 12 月 31 日

研究經費：新臺幣 220 萬元整

\*本研究報告僅供參考，不代表本署意見，如對媒體發布研究成果應  
事先徵求本署同意\*

## 目錄

### 壹、摘要

- 一、中文摘要.....(1)
- 二、英文摘要.....(2)

### 貳、本文

- 一、前言.....(4)
- 二、計畫目標.....(6)
- 三、重要工作項目及實施辦法.....(8)
- 四、結果與討論.....(11)
- 五、重要研究成果及具體建議.....(20)
- 六、參考文獻.....(22)
- 七、附件：112 年計畫重要研究成果及具體建議.....(23)

### 八、圖次

- 圖一、整合系統主機串聯 X 光機影像.....(11)
- 圖二、系統接收影像與 AI 運算.....(11)
- 圖三、整合 AI 輔助報告系統.....(12)
- 圖四、標記軟體使用畫面.....(13)
- 圖五、導入模型驗證表現.....(14)
- 圖六、優化後模型驗證表現.....(14)
- 圖七、攜帶式 X 光設備.....(18)

### 九、表次

- 表一、資訊系統運用篩檢場次及人數.....(13)
- 表二、民眾受檢率比較.....(15)
- 表三、篩檢複判時間比較.....(16)
- 表四、111 年驗痰率.....(16)
- 表五、112 年驗痰率.....(17)

- 參、經費支用情形.....(25)

## 壹、摘要

### 一、中文摘要

#### 研究目的：

本次計畫目標在花蓮偏鄉地區民眾，導入一套整合 AI 資訊系統與肺結核 X 光篩檢流程，建立智慧肺結核篩檢資訊服務，並分析導入系統後對於民眾的 1. 受檢率、2. X 光篩檢後留痰率、3. 從 X 光篩檢後到醫師複判時效，能否在結合 AI 輔助資訊流程後有所提升。

#### 研究方法：

研究計畫中預計導入市場上已有的肺結核 X 光辨識 AI 模型，以完成臨床流程的資訊整合服務，以人工智慧與資訊的輔助，再藉由計畫期間所蒐集到的回溯影像資料進行模型優化，達成模型符合花蓮地區民眾特色的目的。

在執行資訊服務使用的同時，蒐集篩檢到醫師複判影像的時間、秀林鄉民眾肺結核篩檢率、留痰率，對照 111 年度資料進行篩檢成效上的統計分析。

#### 結果與建議：

完成資訊系統建置後，分析整體篩檢成效，發現在篩檢率雖然有提升，但較難直接證明為資訊系統導入結果，篩檢影像的複判時效以及驗痰率，則需要配合篩檢服務流程的調整，才發揮資訊服務系統的優勢。另外，從執行計畫的過程中，發現偏鄉篩檢仍需要有可近性更佳的服務模式，例如使用可攜式 X 光設備直接於社區中架設篩檢站，才有機會改善長期篩檢率低的偏鄉社區。

關鍵字：胸部 X 光篩檢、人工智慧、肺結核防治、醫療可近性

## 二、英文摘要(Abstract)

### Research Objective:

The goal of this project is to introduce an integrated AI information system and tuberculosis (TB) X-ray screening process in remote areas of Hualien. The aim is to establish a smart TB screening information service and analyze the impact of implementing the system on the local population in terms of: 1.Screening rate, 2.Sputum retention rate post X-ray screening, and 3.Duration from X-ray screening to physician reevaluation, aiming to ascertain whether there's an improvement after integrating AI-assisted information processes.

### Research Methodology:

The research plan involves the implementation of existing AI models for tuberculosis (TB) X-ray recognition available in the market. These models will be employed to integrate information services into the clinical process, utilizing artificial intelligence and information assistance. The collected retrospective image data during the project period will be utilized to optimize the model, ensuring it aligns with the characteristics of the population in Hualien.

While executing the information services, data will be gathered on the time taken from screening to physician reevaluation, TB screening rates among Xiulin residents, and sputum retention rates. Statistical analysis comparing the screening effectiveness will be conducted against the data from the year 2022.

### Results and Recommendations:

Upon the completion of the information system establishment, an analysis of the overall screening effectiveness revealed an improvement in the screening rate. However, directly attributing this increase solely to the introduction of the information system was challenging. The reevaluation time of screening images and the sputum testing rate require adjustments in the screening service process to fully leverage the advantages of the information service system.

Additionally, during the implementation of the project, it was evident that screening in remote areas necessitates a more accessible service model. For instance, setting up screening stations within the community using portable X-ray equipment could potentially improve the persistently low long-term screening rates in these remote communities. This approach would enhance proximity to screening services, especially in remote areas.

Keywords : Chest X-ray screening, artificial intelligence, tuberculosis prevention, medical accessibility

## 貳、本文

### 一、前言

過去台灣在推動 DOTS 等肺結核防治計畫，透過通報機制的整合，已經大幅度的改善肺結核發生率，統計在過去十年全國的發生率降低了五成，然而花東發生率還是高於全國平均值。

花蓮慈濟所處的花蓮縣位於台灣東部，轄內包含了秀林鄉、萬榮鄉、卓溪鄉三個山地原鄉，其中秀林鄉為台灣原鄉中面積最大、也是人口最多的原鄉，依疾管署出版 2020 年台灣結核病防治年報，台灣結核病發生率仍以東區最高，其次為高屏區，發生率以北區最低。發生率最高縣市為屏東縣(每十萬人口 59.7 人)，次之為花蓮縣(每十萬人口 58.7 人)，再次之為台東縣(每十萬人口 49.5 人)；而山地鄉結核病發生率為每十萬人口 113.4 人，發生率最高之山地鄉為台東縣延平鄉(每十萬人口 253.9 人)，其次為花蓮縣萬榮鄉(每十萬人口 191.2 人)。由上述統計資料可見，花蓮縣無論是整體的肺結核發生率或是山地原鄉的肺結核發生率，都為全國較高的區域。

針對山地原鄉肺結核防治，疾管署也於結核病防治工作手冊明訂對於發生率較高之危險群與醫療資源不足之地區，應實施胸部 X 光篩檢等主動發現措施，補足被動發現之不足，以期及早發現傳染源並妥善治療，及時阻斷結核病的傳染。

從歷年在山地鄉所推廣 X 光巡迴篩檢，結果面也已經有相當顯著的成效，過去研究統計即發現，山地鄉藉由巡檢主動發現率為全國平均值之四倍以上。但實際運作上，過去研究也發現仍有初判為異常無關肺結核，複判後才建議驗痰並確診為肺結核，如何強化初判時肺結核風險的確認、或是如何在完成胸部 X 光篩檢後，快速鎖定有潛在風險的個案，縮短複判的時間、盡早阻斷結核病的傳染，

能夠實質的幫助到肺結核的防治。

總結上述所提，雖然胸部 X 光巡迴篩檢已經大幅提升醫療可近性，但能否建立一套完整的服務流程，達到提升篩檢現場的民眾留痰意願、縮短複判時間，會是本次研究的首要目標。本次計畫中，參照過去本院在花蓮偏鄉執行篩檢經驗，與廠商共同打造的資訊服務，加速篩檢到報告產出時間，其解決方案包含下列特色，透過該完整的服務流程，成功縮短了乳房篩檢巡迴車執行篩檢到完成報告的時間，也是本次希望藉由過去成功的服務模式，重新調整出一套完整的資訊流成並導入到胸部 X 光篩檢。

## 二、計畫目標

本次計畫目標在於研究花蓮偏鄉地區民眾，導入 AI 人工智慧技術，整合肺結核 X 光篩檢流程，建立一套智慧醫療資訊服務，並分析對於民眾的 1. 受檢率、2. X 光篩檢後留痰率、3. 從 X 光篩檢後到醫師複判時效，能否在結合 AI 輔助資訊流程後有所提升。

資訊技術開發項目包含：

(一) 導入市場上已成熟肺結核 X 光辨識 AI 模型整合資訊服務：

1. 建構一套可搭載 AI 模型之資訊服務流程：本次計畫目標為透過資訊服務的導入，研究資訊服務能否改善花蓮偏鄉地區民眾胸部 X 光篩檢的成效，故首要工作為打造一套能結合 X 光篩檢巡迴車的資訊服務流程，其特色包含：

- (1) 能與 X 光篩檢巡迴車快速整合的終端服務系統，不需要繁複的軟硬體整合、不改變臨床人員作業程序，讓 X 光篩檢巡迴車能容易的使用該項資訊服務。
- (2) 該資訊服務為具有彈性，可容易掛載、更換 AI 模型，未來在導入 AI 模型，當有更合適的 AI 模型可用時，能輕易的重新佈署而不影響臨床服務效能。
- (3) 資訊服務流程使用面向涵蓋 X 光篩檢巡迴車到院內影像報告系統，透過資訊服務優化醫師對於胸部 X 光複判流程。

2. 導入市場上現有胸部 X 光肺結核判讀 AI 模型：為了驗證資訊服務流程的可用性，計畫初期在完成資訊服務的建置後，考量自行訓練 AI 模型需要較長的時間蒐集影像、標記資料進行模型訓練，擬先以現有市面上相對可靠的 AI 模型進行導入與服務整合，以先評量整體使用上的成效。



(二)開發一套符合花蓮地區民眾特色的肺結核判讀 AI 模型：

雖然現行市場上已有胸部 X 光肺結核判讀 AI 模型，但 AI 模型受到地域性、人口種族特色不同等因素，直接影響其準確度，本次計畫除了導入現有模型外，也規劃開發符合花蓮地區特性胸部 X 光肺結核判讀 AI 模型。

改善成效分析，預計從以下項目進行：

(一)花蓮偏鄉民眾受檢率：

透過 AI 人工智慧的導入，作為胸部 X 光篩檢的判讀輔助，在篩檢現場就能提供結果風險的初判給民眾，藉由讓民眾可以立即得知風險結果，期待能提升偏鄉民眾受檢率，本次計畫將統計在 AI 資訊服務導入後及導入前的民眾受檢率進行統計分析比較。

(二)偏鄉民眾胸部 X 光篩檢後留痰率：

在本次計畫中導入胸部 X 光篩檢肺結核 AI 判讀輔助模型，民眾在 X 光篩檢巡迴車完成篩檢後，現場即可以有初步的風險判讀，可運用 AI 模型初判結果，鼓勵有陽性風險的民眾現場採痰，本次研究計畫也將分析 AI 資訊服務導入後及導入前的民眾留痰率是否有所提升。

(三)陽性民眾進行胸部 X 光篩檢後到醫師複判的時效性：

時效的掌握為肺結核防治的重要指標，陽性民眾如果在進行 X 光篩檢後能越快被醫師複判，個案管理師便能越早進行後續的防治工作。本次計畫也將 AI 運用在醫師的複判流程上，透過風險初判的分級，當 X 光篩檢影像回到院內時，醫師可進行風險排序，由風險高的影像開始閱片，期望能縮短陽性民眾從接受胸部 X 光篩檢後到複判的時程，而資訊服務流程導入前後的時效比較也將是本次研究重點之一。

### 三、重要工作項目及實施辦法

本次計畫重要工作項目區分為：1.整合巡迴篩檢車，建立一套肺結核 X 光 AI 辨識資訊服務系統、2.進行 AI 模型優化，以符合花東民眾特性、3.分析資訊服務系統導入後，對於篩檢成效差異。

(一) 資訊服務系統建構：計畫初期擬建置 AI 模型整合資訊服務架構，讓肺結核篩檢影像於巡迴篩檢車即可進行風險辨識，建置步驟包含：

1. 安裝 AI 輔助伺服器，導入 AI 整合平台：利用標準 DICOM 通訊，將胸部 X 光肺結核篩檢 AI 模型與 PACS 系統進行整合。
2. 導入「胸部 X 光肺結核輔助判讀人工智慧模型」(TB AI Model)
3. 自動化解析 AI 模型輸出結果，並打包成 DICOM PR 物件回傳 PACS 系統，以提供分級資訊。
4. 將 AI 模型轉換為 CoreML 框架並整合於資訊服務系統，提供篩檢車即時判別異常影像的能力。

(二) AI 模型優化：考量初期導入模型未必符合花蓮地區民眾特性，在計規劃蒐集花蓮地區民眾胸部 X 光回溯影像料，進行模型優化訓練：

1. 於院內 HIS 系統、個管系統，挑選過去肺結核個案，取得回溯性個案資料蒐集清單。
2. 蒐集過去 10 年(或至少 1,000 筆)確診個案胸部 X 光影像資料，及相對應至少 1,000 筆健康民眾胸部 X 光影像資料。
3. 導入廠商 AI 整合平台中影像標記服務功能，由影像醫學部醫師及臨床人員進行胸部 X 光影像肺結核病灶標記。

4. 由院內 AI 資料科學家，以標記後資料進行胸部 X 光肺結核篩檢 AI 模型優化訓練。

5. 優化訓練後胸部 X 光肺結核篩檢 AI 模型，重新佈署於 AI 模型整合資訊服務架構，提供線上服務使用。

(三) 成效分析：本計畫在成效分析，包含胸部 X 光肺結核篩檢 AI 模型的臨床驗證，以及資訊服務導入後對於整體 X 光巡迴車篩檢成效分析：

AI 模型臨床驗證：

1. 以 AI 模型進行肺結核影像辨識。
2. 蒐集影像以及醫師判讀結果。
3. 彙整 AI 判讀結果分布與實際資料分布結果進行比對，進行敏感度、特異度的準確度分析。

肺結核篩檢的成效分析：

1. 受檢率成效分析：

- (1) 資料蒐集：蒐集 111 年度本院執行 X 光巡迴車篩檢，民眾受檢率作為比較資料，並隨著本計畫開發 AI 服務流程導入巡迴車後，進行 112 年度 X 光巡迴車受檢率資料蒐集。
- (2) 資料處理：所蒐集資料區分為對照資料：111 年度 X 光巡迴車民眾受檢率、實驗資料：導入 AI 服務後 112 年度 X 光巡迴車民眾受檢率。
- (3) 統計分析：以導入 AI 服務後 112 年度 X 光巡迴車民眾受檢率與 111 年度受檢率進行統計比較。

2. 偏鄉民眾胸部 X 光篩檢後留痰率成效分析：

- (1) 資料蒐集：蒐集 111 年度執行 X 光巡迴車篩檢，民眾

留痰率作為比較資料，並隨著本計畫開發 AI 服務流程導入巡迴車後，進行 112 年度 X 光巡迴車留痰率資料蒐集。

- (2) 資料處理：所蒐集資料區分為對照資料：111 年度 X 光巡迴車民眾留痰率、實驗資料：導入 AI 服務後 112 年度 X 光巡迴車民眾留痰率。
- (3) 統計分析：以導入 AI 服務後 112 年度 X 光巡迴車民眾留痰率與 111 年度受檢率進行統計比較。

3. 陽性民眾進行胸部 X 光篩檢後到醫師複判時效性分析：

- (1) 資料蒐集：在本計畫 AI 服務流程導入巡迴車前及導入後，進行醫師複判的時間統計蒐集。
- (2) 統計分析：以導入 AI 服務前後的複判時間進行比較，分析是否在導入 AI 輔助篩檢流程後確實縮短複判時間。

#### 四、結果與討論

##### (一) 執行結果與模型驗證

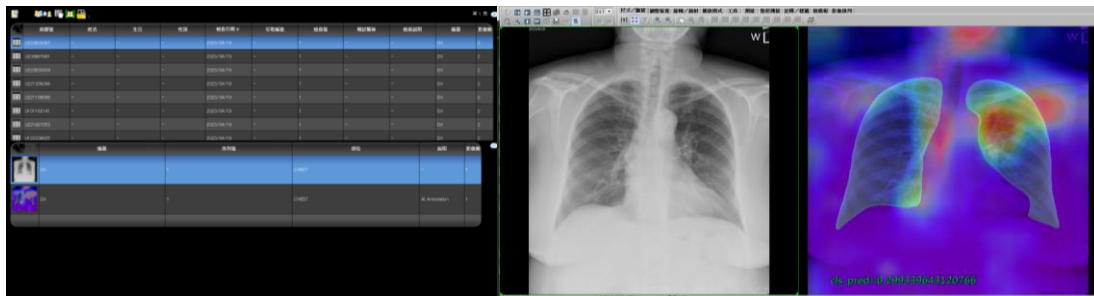
###### 資訊服務系統建構：

1. 運算服務主機：本次計畫於巡迴篩檢車設置一運算主機，於運算主機上所搭載影像系統，該系統運作為單機作業，不需要連至外部網路，影像傳輸則是透過巡迴車內部網路線傳送，拍攝 X 光完成後自動拋轉至主機進行 AI 運算，系統、主機與 X 光設備整合後實際使用如圖一。



圖一、整合系統主機串聯 X 光機影像

2. AI 影像辨識系統：AI 模型直接掛載於該影像系統，當 X 光車拍攝完成，約 5-10 秒 X 光影像即會自動拋轉至運算主機上的影像系統，接收到影像後 AI 模型於系統後台進行辨識運算，約 20-30 秒可完成並顯示結果。



圖二、系統接收影像與 AI 運算

3. 整合 AI 輔助報告系統：為透過 AI 判讀輔助，縮短醫師對於肺結核影像複判時效，進行 AI 影像服務系統整合時，同時進行院內影像報告系統功能設計，在將 AI 影像服務系統所辨識之結果匯入報告系統後，醫師可於報告系統上進行風險查看，方便醫師先由有風險影像開始閱片。



圖三、整合 AI 輔助報告系統

4. 整體資訊服務於計畫期間(至 112/10/31)共運用於 10 場次胸部 X 光巡迴篩檢，完成 957 人次篩檢輔助，期間系統每次運作約為連續執行 4-8 小時，其資訊系統服務皆能正常運作，無發生影像傳送錯誤或系統當機狀況。

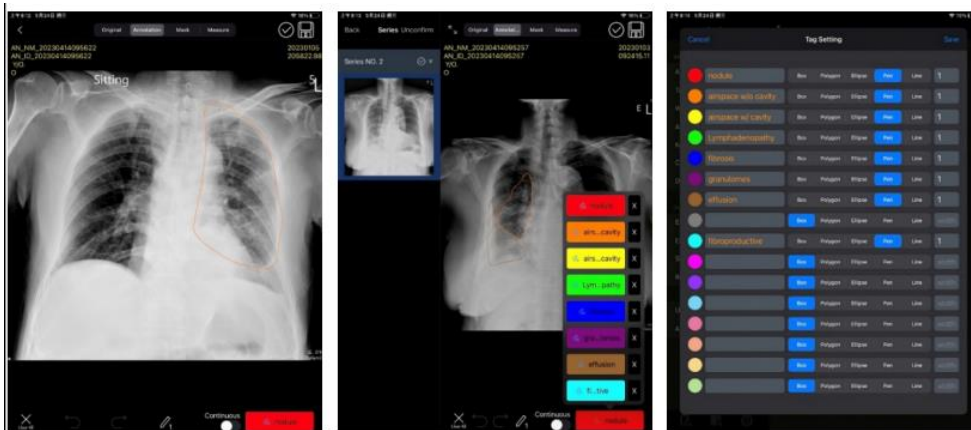
場次	日期	篩檢人數	備註
1	4/19	125	花蓮慈院巡迴車
2	5/26	41	花蓮慈院巡迴車
3	7/21	112	花蓮慈院巡迴車
4	8/18	53	花蓮慈院巡迴車
5	8/25	23	花蓮慈院巡迴車
6	8/30	241	花蓮慈院巡迴車
7	8/31	261	花蓮慈院巡迴車
8	9/11	28	秀林衛所巡迴車
9	9/12	49	秀林衛所巡迴車

10	10/13	24	秀林衛所巡迴車
----	-------	----	---------

表一、資訊系統運用篩檢場次及人數

AI 模型優化訓練與臨床驗證：

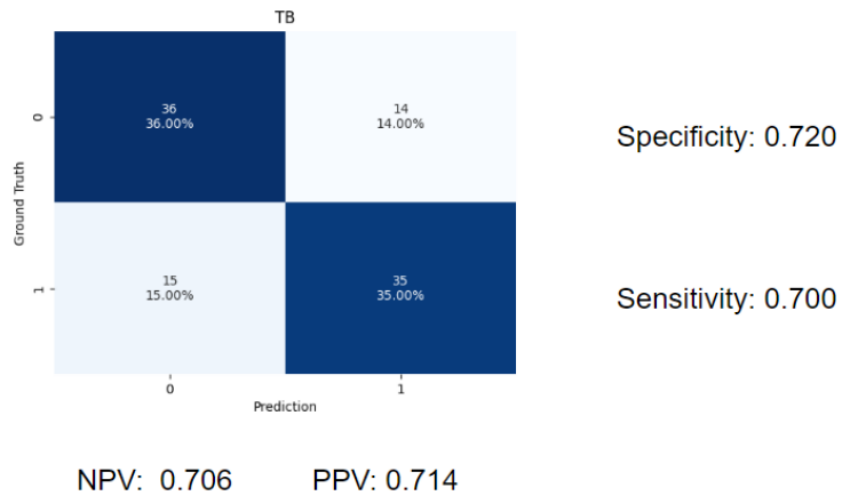
1. 模型標記：為訓練 AI 模型，本計畫將完整的個案清單影像匯出共 1,000 筆陽性個案影像，並且利用軟體進行去識別化，處理後影像會完全去除病患 ID、檢驗單號、日期等資訊。並將影像資料建立為訓練資料庫，以匯入標記軟體，由影像醫學部醫師進行病徵標記後，作為模型優化訓練資料，同時也整理 1,000 筆陰性個案影像，作為模型訓練對照資料。



圖四、標記軟體使用畫面

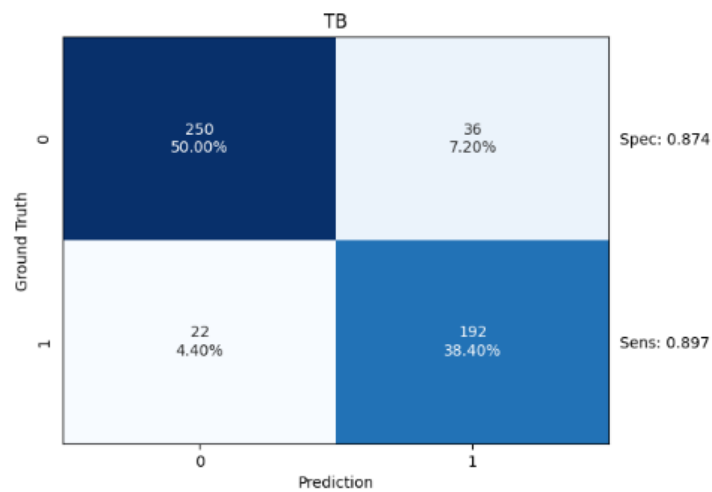
2. 模型訓練與臨床資料驗證：

- (1) 在本次計畫完成回溯性資料蒐集後，便以少量資料進行所導入的 AI 模型測試，其結果敏感度 0.720、特異度 0.700。



圖五、導入模型驗證表現

- (2) 該模型在影醫部醫師完成 1,000 筆陽性影像資料標記後，由工程師反覆調整模型進行優化，並從回溯個案影像中選取 500 筆影像作為臨床驗證資料集(Test dataset)，最終驗證結果敏感度 0.897、特異度 0.874。



圖六、優化後模型驗證表現

## (二) 篩檢成效分析

### 篩檢率：

研究團隊整理 112 年秀林鄉篩檢率，應篩檢人數共 7,092 人，性



分別布為女性 3,758 人(53%)、男性 3,332 人(47%)，對照 111 年資料，112 年 1-10 月整體篩檢率以達 52.5%，較 111 年 50.6% 成長 1.9%；其中 35-64 歲篩檢率，112 年為 52.7%、111 年為 53.4%，但 112 年僅計算至 10 月，預計於 11 月即可達成目標；65 歲以上篩檢率，112 年為 51.7%，較 111 年 39.0% 成長 12.7%。

秀林鄉	35-64 歲篩檢人數		65 歲以上篩檢人數		總篩檢人數	
應篩人數	7,121		1,738		8,859	
111 年 (至 111/12/31)	已篩人數	篩檢率	已篩人數	篩檢率	已篩人數	篩檢率
	3,801	53.4%	678	39.0%	4,479	50.6
應篩人數	7,092		1,870		8,962	
112 年 (至 112/10/31)	已篩人數	篩檢率	已篩人數	篩檢率	已篩人數	篩檢率
	3,735	52.7%	967	51.7%	4,702	52.5%
差異比較	-0.7%		+12.7%		+1.9%	

表二、民眾受檢率比較

#### 影像複判時效：

在本次計畫中，AI 肺結核篩檢共有兩種不同使用情境，分別為花蓮慈院巡迴篩檢車與秀林鄉衛生所巡迴篩檢車，其差異在於秀林鄉衛生所篩檢車，現場進行篩檢後，可立即將 AI 辨識結果回傳臨床醫師進行複判，而花蓮慈院巡迴篩檢車，需要將影像存回院內 PACS(影像系統)後再安排醫師複判：

##### 1. 花蓮慈院篩檢車：

計算 112 年度(至 10/31 止)本院巡迴篩檢車以 AI 服務執行胸部 X 光巡迴篩檢共計 7 場次、856 位篩檢民眾，扣除其中 41 名為學童健檢，因學童健檢半日會完成報告，不列於本次計畫收案計算，共 815 位民眾，女性共 573 位(70%)、男性 242 位(30%)計算其影像複判時間平均為 76.4

小時，相較於 111 年平均時間 76.7 小時，並無顯著縮減時間。

年度	複判時間	差異
111	76.7	--
112	76.4	-0.3

表三、篩檢複判時間比較

## 2. 秀林鄉衛生所篩檢車：

經研究團隊實際於篩檢現場量測，一位受檢民眾從進到 X 光篩檢車到公衛端協助安排民眾掛號驗痰，所需時間約為 10 分鐘，相較過去平均約 3 天的時間，由於流程上隨資訊服務導入調整，整體民眾從 X 光篩檢到掛號驗痰的時間有顯著的差異。

### 陽性個案驗痰率：

分析陽性個案篩檢率，本次計畫中對比 xpert 完成率作為驗痰成效比較，111 年驗痰率為 95.0%、112 年為 95.6%，並未有明顯提高，但在所有月份中，112 年 9 月、10 月所執行的是搭配秀林衛生所巡迴篩檢車以及調整後，篩檢 AI 判讀異常立即通知醫師複判流程，其驗痰率為 98.7%(應完成 77 人、實際完成 76 人)，相較前年度或當年其他月份有小幅度成長。

111 年/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	共計
xpert 需送驗數	0	15	88	4	15	3	22	27	40	30	9	5	258
xpert 完成數	-	14	83	4	12	3	22	27	37	29	9	5	245
驗痰率	<b>95.0%</b>												

表四、111 年驗痰率

112 年/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	共計
xpert 需 送驗數	1	29	34	51	46	33	11	31	49	28	313
xpert 完 成數	1	29	34	51	45	31	1	31	49	27	299
驗痰率	<b>95.6%</b>										

表五、112 年驗痰率

### (三) 結論與討論

#### 1. 資訊服務建置：

本次研究中，透過建置一套搭載 AI 模型的資訊服系統，用於偏鄉肺結核 X 光巡迴篩檢，雖然計畫中未專門針對施行滿意度進行調查，整體上不管是衛所或受檢民眾所給予的回饋皆是正向的，不過在計畫施行過程中，研究團隊也發現，雖然秀林鄉在醫院、衛所的努力下，整體篩檢率已經成長至超過 50%，但仍有篩檢率相當低的社區，例如秀林鄉文蘭村篩檢率便只有 35%，經研究團隊實際走訪當地巡迴篩檢活動，發現其原因是該社區聯外道路狹小，坡度及道路彎度皆不利 X 光篩檢車進入社區，僅能在距離社區約 10 分鐘車程的外圍地區架設篩檢站，但限制了交通不便、行動不便的民眾接受篩檢意願。

為此，本院研究團隊也積極討論解決方案，並找到市面上可攜帶式 X 光設備，規劃未來能以攜帶式設備搭配小型車輛，直接深入社區架設篩檢站，以降低民眾接受胸部 X 光篩檢的可近性，期望能讓偏鄉篩檢率、尤其是原本長期篩檢率低的社區，能有所提升。



圖七、攜帶式 X 光設備

## 2. 篩檢成效分析：

### (1) 篩檢率：

在本次研究執行期間，計算篩檢率相較去年 111 年是有成長的，其中整體篩檢率 112 年累積 1-10 月便已經較去年成長 1.9%，65 歲以上長者篩檢率更是成長 12.7%，但篩檢率的成長背後原因有可能是本院篩檢負責單位以及衛生所努力推動的成果，較無法直接證實是資訊服務的導入。不過從執行單位以及衛所的反饋，確實資訊服務的導入可增加宣導篩檢活動時的話題性，增加民眾對於篩檢服務的興趣。

另外針對長者篩檢率提升，進一步與執行單位討論，其可能原因為：今年巡迴篩檢為疫情後的篩檢，相較疫情期間，長者因擔心篩檢活動的群聚導致意願較低，今年長者願意出來接受篩檢的意願有相對較高。加上本院與秀林衛所在 112 年都有特別加強肺結核巡迴篩檢的宣導，也增開篩檢場次，增加了長者參與的便利性。

### (2) 影像複判時效：

計算花蓮慈院所執行的巡迴篩檢，在導入資訊系統輔助

後，複判時效平均僅從去年的 76.7 小時縮短至今年 112 年的 76.4 小時，基本上並未有顯著差異。但衛生所的篩檢模式，透過本次計畫的服務系統進行了流程調整，讓現場 AI 模型辨識異常結果即時提供醫師複判，整體在調整流程後，從民眾進到 X 光篩檢車到公衛端協助安排民眾掛號驗痰，所需時間約為 10 分鐘，相較過去平均約 3 天的時間，確實有機會改善複判需要較長的時間。

且花蓮地區民眾除了有些居住地交通較不便，也有部分民眾平常是在其他鄉鎮工作，若未即時提供影像結果安排驗痰，民眾一旦離開居住地回到工作地區，由於花蓮縣地幅狹長、交通距離及時間都會影響民眾立即前往驗痰的意願，而這樣的時間差便可能影響肺結核傳染的防治，因此，不單依靠一套穩定的資訊服務系統、搭配上篩檢流程的調整會是更好的篩檢模式。

### (3) 陽性個案驗痰率：

對照 111 年與 112 年留痰率資料，雖然 112 年並沒有顯著的提升，但可以看到本次計畫在秀林鄉衛生所巡迴篩檢車所執行的篩檢場次，藉著資訊系統整合、加上篩檢流程再造，在篩檢現場就可以讓醫師即時確認 AI 模型所辨識的風險，確認後若民眾有風險，便可立即轉由公衛端協助掛號留痰，其留痰率可達到 98.7%，說明在有一套具一定敏感度( $sensitivity = 0.897$ )的 AI 輔助系統，進行篩檢流程的調整後，對於民眾的留痰率是可以提升的。

## 五、重要研究成果及具體建議

### 重要研究成果：

#### (一)建構智慧化資訊服務系統：

透過本次研究，花蓮慈院完成了一套可穩定於 X 光巡迴篩檢車運作的資訊服務系統，並搭載以花蓮民眾影像資料優化後，具一定敏感度(sensitivity = 0.897)的肺結核辨識 AI 模型，經實際執行 10 場次巡迴篩檢驗證，在系統的反應、模型辨識速度上，達到民眾進到 X 光篩檢車開始拍攝 X 光，30 秒內即可顯示 AI 判讀結果，以滿足臨床服務需求。且該套系統在長時間運作也能穩定的提供資訊服務，過程中皆無發生因長時間運作導致判讀速度降低或是系統當機的狀況。

#### (二)提升篩檢成效：

1. 篩檢影像複判時效：花蓮縣秀林鄉衛生所肺結核篩檢模式，搭配本次計畫的服務系統進行流程調整，調整後民眾從進到 X 光篩檢車到公衛端協助安排民眾掛號驗痰，從過去篩檢後需要約 3 天的時間才能完成判讀、通知民眾驗痰，轉變為現場僅需約為 10 分鐘，就可以讓有風險的民眾進一步掛號驗痰。
2. 陽性個案驗痰率：  
本次計畫在秀林鄉衛生所巡迴篩檢車所執行的篩檢場次，藉由資訊系統與具相當敏感度(sensitivity = 0.897)的 AI 輔助系統，配合篩檢流程再造，有風險的民眾可立即轉由公衛端協助掛號留痰，期間應執行 xpert 共 77 人、完成人數 76 人，完成率為 98.7%，即使是原本秀林鄉衛生所完成率已經高達 95%，仍可以有小幅度的提升。

## 具體建議：

### (一) 偏鄉交通不便篩檢服務建議：

在本次計畫執行過程中，研究團隊發現秀林鄉整體篩檢率目前超過 50%，但部分社區如秀林鄉文蘭村篩檢率只有 35%，其原因是該社區聯外道路狹小，大型 X 光篩檢車無法進入社區，篩檢站設置位置離社區較遠限制了交通不便、行動不便的民眾接受篩檢意願。

本院過去也嘗試以小型巴士、客車進行點對點的接駁，但接駁方式改善成效仍有限，建議仍應盡可能於社區內進行篩檢，可能利用攜帶式 X 光機或其他輕便設備，於社區內架設篩檢站，搭配公衛端聯繫應受檢民眾，以提升整體篩檢率。

### (二) 資訊服務與篩檢流程建議：

在計畫期間，研究團隊所整合導入的資訊服務系統，分別使用於花蓮慈院篩檢流程與秀林衛生所篩檢流程，其中秀林衛生所因醫師能協助現場就 AI 判讀有風險的民眾立即查看影像，調整了整體的篩檢流程，讓民眾在篩檢後尚未離開現場，公衛端就可以進一步得知是否需要安排民眾掛號驗痰。這樣的服務流程調整的經驗，足以作為院內參考，未來可以進一步的發展有風險的影像傳遞、回饋系統與機制，讓花蓮慈院負責的篩檢活動也能如同衛生所的流程，現場就能協助有風險的民眾確認、掛號驗痰。或是更進一步讓模型取得 TFDA 認證，以此做為服務流程的調整，評估在正式報告產出前先讓有風險的民眾驗痰，縮短民眾暴露在可能的風險中。

## 六、參考文獻

英文：

1. Marahatta SB, Yadav RK, Giri D, Lama S, Rijal KR, Mishra SR, Shrestha A, Bhattra PR, Mahato RK, Adhikari B. Barriers in the access, diagnosis and treatment completion for tuberculosis patients in central and western Nepal: A qualitative study among patients, community members and health care workers. PLoS One. 2020 Jan 15;15(1).
2. Qin, Zhi Zhen et al. Tuberculosis detection from chest x-rays for triaging in a high tuberculosis-burden setting: an evaluation of five artificial intelligence algorithms. The Lancet Digital Health, 2021 Sep Volume 3, Issue 9, e543 - e554.

中文：

1. 行政院衛生署疾病管制局，台灣結核病防治年報 2020，2021 年 11 月出版
2. 吳素萍（2000）。影響原住民肺結核病患治癒率相關因素之探討—以花蓮縣秀林鄉泰雅族為例。慈濟大學原住民健康研究所碩士論文，花蓮縣。
3. 李政益、王若珊、劉定萍、楊祥麟、黃湘芸(2014)。臺灣結核病流行概況與未來衝擊。疫情報導，30(6)，105-117
4. 莊曜瑄（2019）。運用深度學習做肺結核之特徵分類器。高雄醫學大學醫務管理暨醫療資訊學系碩士班碩士論文，高雄市。
5. 林穎志(2021)。基於深度學習之肺結核胸部 X 光電腦輔助診斷系統與快速篩檢之要件，國防醫學院公共衛生學碩士論文。桃園市



## 七、附件

### 衛生福利部疾病管制署委託研究計畫 112 年計畫重要研究成果及具體建議 (本資料須另附乙份於成果報告中)

計畫名稱：以 AI 資訊服務改善偏鄉肺結核胸部 X 光篩檢成效分析

主持人：吳彬安

計畫編號：MOHW112-CDC-C-114-000107

#### 1. 計畫之新發現或新發明

##### (1) 建構智慧化資訊服務系統：

透過本次計畫完成了一套可穩定於 X 光巡迴篩檢車運作的資訊服務系統，並搭載具有一定敏感度的肺結核辨識 AI 模型，在系統的反應、模型辨識速度上，從民眾進到 X 光篩檢車開始拍攝 X 光，30 秒內即可顯示 AI 判讀結果，以滿足臨床服務需求。

##### (2) 篩檢流程改善成效：

在本次計畫期間，透過資訊系統與秀林衛所進行篩檢流程調整，調整後民眾完成 X 光篩檢後，有風險影像將立即請現場醫師進行查閱，讓異常民眾能由公衛端安排掛號驗痰，這讓過去篩檢後需要約 3 天的時間才能完成判讀、通知民眾驗痰，轉變為現場僅需約為 10 分鐘，就可以讓有風險的民眾進一步掛號驗痰

#### 2. 計畫對民眾具教育宣導之成果

##### (1) 篩檢成效：

在本次研究執行期間，透過搭載 AI 服務系統推廣篩檢活動，計算篩檢率累積 112 年 1-10 月便已較去年成長 1.9%，65 歲以上長者篩檢率則是成長 12.7%。

##### (2) 複判驗痰時效：

本計畫隨服務系統進行衛所篩檢流程調整，現場 AI 辨識異常即時提供醫師複判，調整流程後民眾完成 X 光篩檢到公衛端安排掛號驗痰，所需時間僅需要 10 分鐘

##### (3) 陽性個案驗痰率：

藉著資訊系統整合、加上篩檢流程再造，在篩檢現場就可以讓醫師即時確認 AI 模型所辨識的風險，確認後若民眾有風險，便可立

即轉由公衛端協助掛號留痰，其留痰率可達到 98.7%

### 3.計畫對醫藥衛生政策之具體建議

#### (1)偏鄉交通不便篩檢服務建議：

在本次計畫執行過程中，研究團隊發現秀林鄉整體篩檢率目前超過 50%，但部分社區如秀林鄉文蘭村篩檢率只有 35%，其原因是該社區聯外道路狹小，大型 X 光篩檢車無法進入社區，篩檢站設置位置離社區較遠限制了交通不便、行動不便的民眾接受篩檢意願。

本院過去也嘗試以小型巴士、客車進行點對點的接駁，但接駁方式改善成效仍有限，建議仍應盡可能於社區內進行篩檢，可能利用攜帶式 X 光機或其他輕便設備，於社區內架設篩檢站，搭配公衛端聯繫應受檢民眾，以提升整體篩檢率。

### 參、經費支用情形

項目	本年度核定金額	支用狀況
計畫主持人費	NT\$120,000	本計畫編列主持人費 10,000 元/月，至十月底共支出主持人費 100,000 元。
專任研究助理費用	NT\$425,520	專任助理費用，每月 31,520 元，至十月底月共支出 243,239 元。
資訊系統整合服務	NT\$150,000	依計畫預期完成 X 光巡迴車影像拋轉、AI 模型服務掛載於使用裝置，共支出資訊整合服務費用 150,000 元。
AI 整合平台租用	NT\$120,000	已完成整合平台租用，租用期間至 112 年 12 月 31 日，共支出 120,000 元。
服務 App 租用	NT\$120,000	已租用標記 App，租用期間至 112 年 12 月 31 日，共支出 120,000 元。
報告系統整合	NT\$120,000	計畫已完成 AI 判讀結果與報告系統整合，共支出 120,000 元。
電腦處理費-影像標記費用	NT\$300,000	依照計畫預期目標，完成 1,000 筆影像標記，影像標記費用共支出 300,000 元。
電腦處理費-影像處理費	NT\$200,000	依照計畫蒐集回溯影像資料，並由 AI 中心進行影像匯出、去識別化，共執行 2,000 筆資料、費用每筆 100 元，共計 200,000 元。
電腦處理費-AI 模型優化訓練費用	NT\$200,000	完成以花蓮民眾影像資料進行模型優化，模型優化共支出費用 200,000 元。
IRB 審查費	NT\$10,000	該計畫申請院內 IRB，共支出經費 10,000 元。
餐費	NT\$24,000	計畫期間進行會議、討論餐費，共支出 24,000 元。
雜支	NT76,567	執行計畫包含同意書印刷、篩檢活動文具及文宣，共支出雜支 76,567 元。
管理費	NT\$261,913	計畫管理費共支出 261,913 元。
合計	NT\$2,200,000	執行計畫至十月底，共支出經費 1,925,719 元。

(篇幅不足，請自行複製)

第 1 頁