IOT-BASED VIRTUAL HEALTH DETERMINATION

Solution Workflow & Methodology

GROUP 3
711333119 蔡佳軒
711333121 陳彥瑾
711233111 黃柏淞
711233114 陳威儒
711233122 廖柏竣

06 May, 2025

架構總覽

01

提案回顧

02

資料說明

03

參考文獻

04

常見特徵

05

機器學習

06

深度學習

07

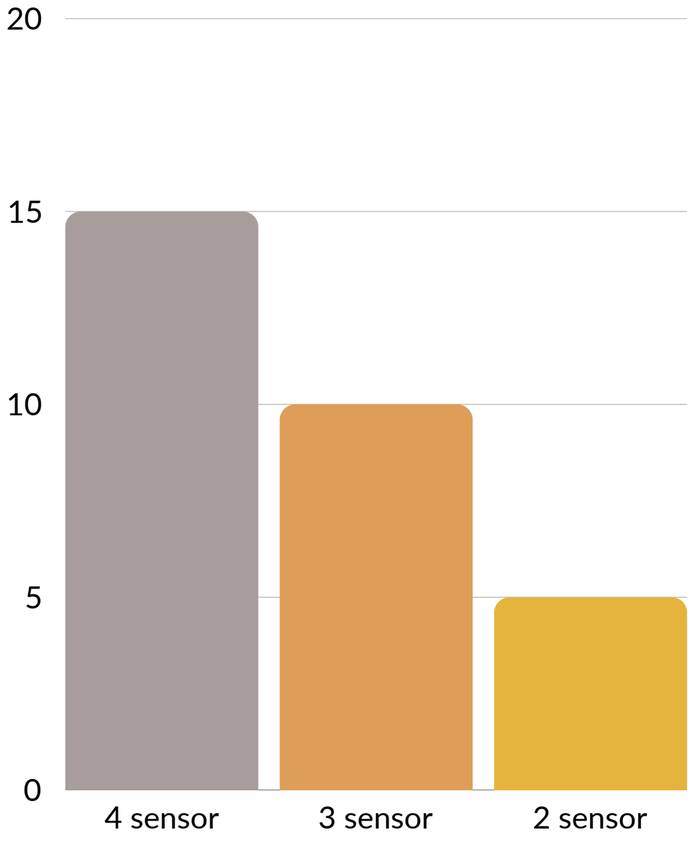
預期設計

一次設備異常，數小時停產，**損失超過百萬元**

這一切...
其實是可以預防的

我們的預測性維護方案
旨在防患未然，確保生產線穩定運作

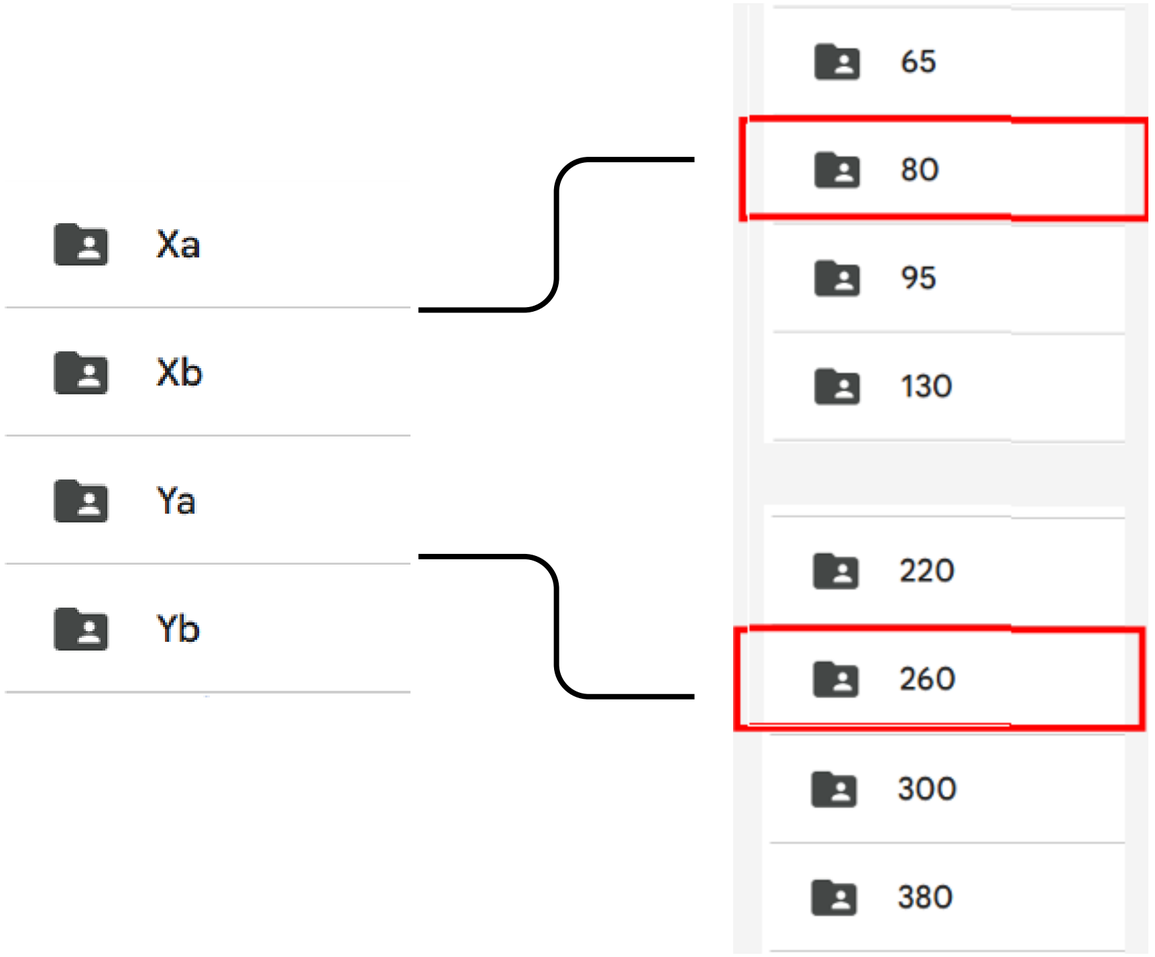
部署成本與傳統瓶頸



最多可節省約一半的成本

閱讀技術門檻高
非專業人員難以即時判斷異常

原始資料



"X"	"Y"	"Z"
-0.0647137285205012	1.94959861288062	-0.0109912861901138
-0.0504322142165693	1.9699521766317	-0.0148883143992769
-0.0900220535062505	1.94775112625434	-0.0207654481600396
-0.0582744495056288	1.97654335976726	-0.0202944629415415
-0.0651517494052608	1.95454594578529	-0.0177993814453826
-0.0447374422094031	1.95664626954469	-0.0109748541689581
-0.0617731346464011	1.9520673235903	-0.0246291532680379
-0.0677586346511409	1.96313515816375	-0.0275739628451474
-0.0787490107873744	1.97446828306004	-0.0383553855933661

參考文獻

- 基於振動的狀態監測中特徵擷取方法之綜述（LEI ET AL., 2020）
- 振動分析及其應用之綜論（RANDALL, 2011）
- 用於資料驅動之振動式結構健康監測的無監督學習方法：文獻回顧（FARRAR & WORDEN, 2012）
- 健康指標預測技術以提升剩餘壽命估計的準確性（ZHENG ET AL., 2017）
- 深度學習中卷積運算的指南 (Vincent Dumoulin, 2016)
- 卷積神經網路的一項有趣缺陷與 CoordConv 解法 (Rosanne Liu ET AL., 2018)

震動訊號常見特徵

時域

代表特徵:
RMS,
Skewness
Kurtosis
Entropy
Impulse_Factor
Margin_Factor
Approximate_Entropy

捕捉訊號形狀變化

頻域

代表特徵:
Freq_Center
RMSF
Spectral_Kurtosis
Spectral_Entropy
Spectral_Energy

能量集中程度

時頻域

代表特徵:
Wavelet_D3_Kurtosis

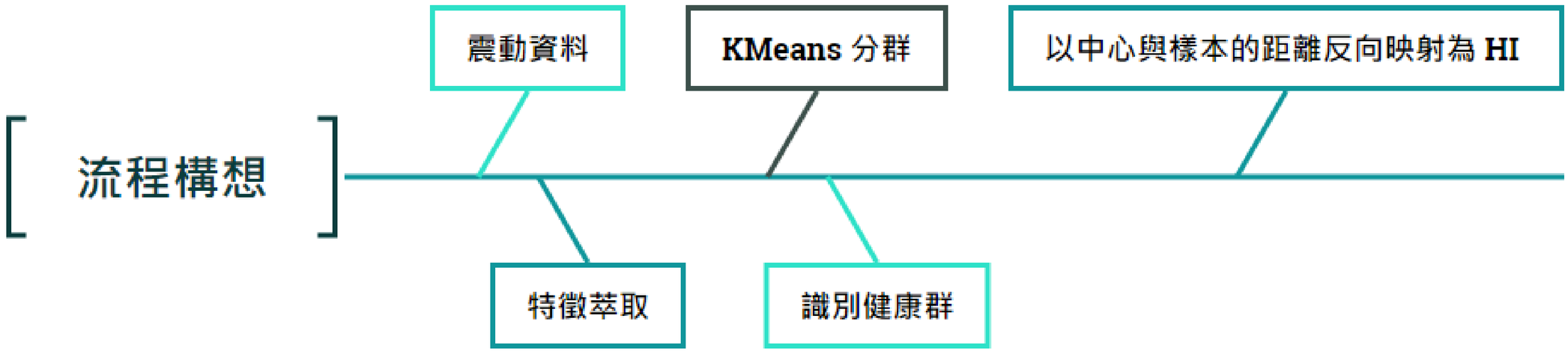
特定區間的瞬間異常

複雜度

代表特徵:
CrestFactor
Clearance_Factor

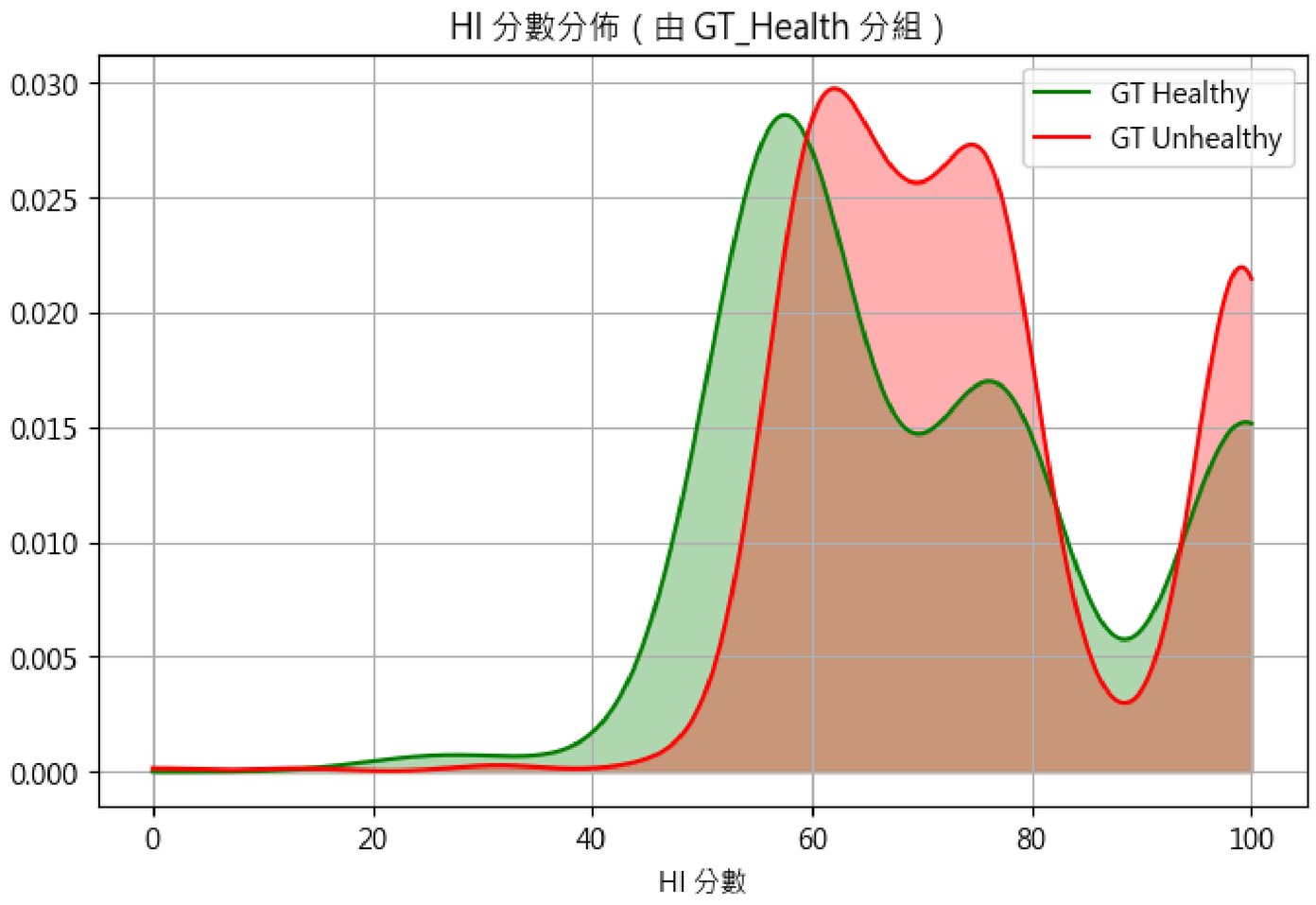
雜亂度與突波情況

以無監督式學習建構



考量:

- 實務上, 在無標籤下讓模型自動識別異常模式
- 假設特徵有識別力能進行分群,以kmeans建構

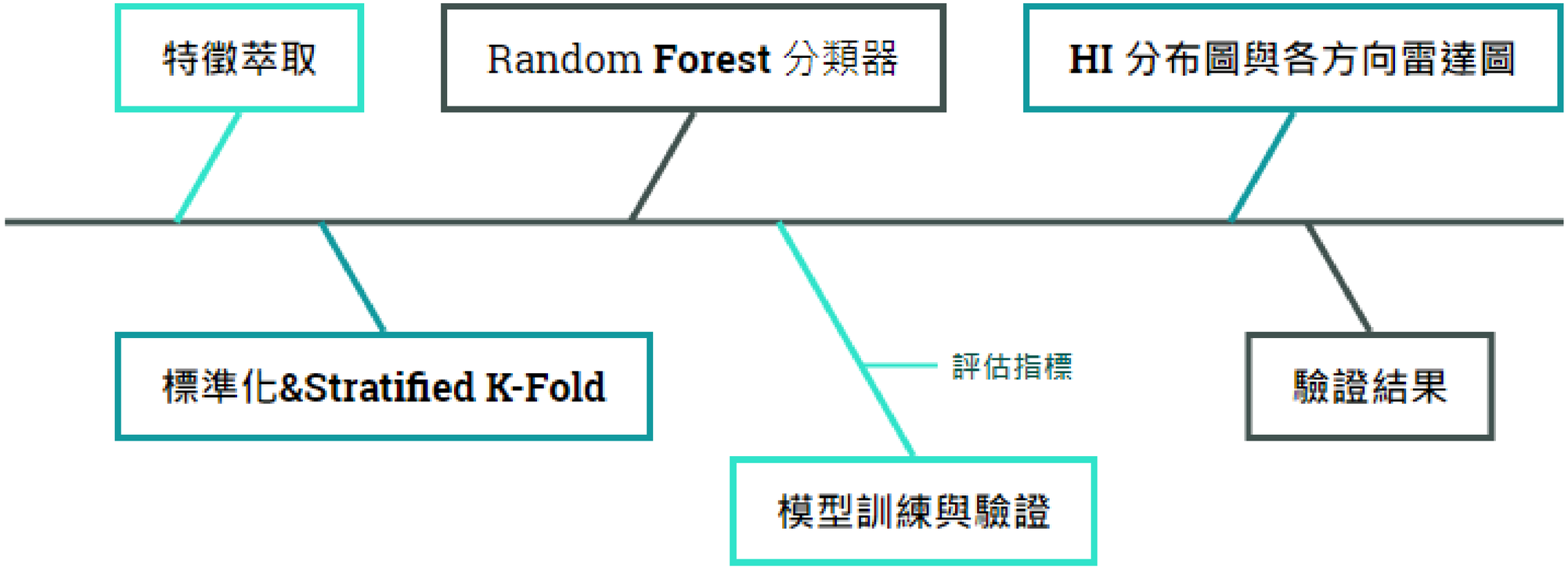


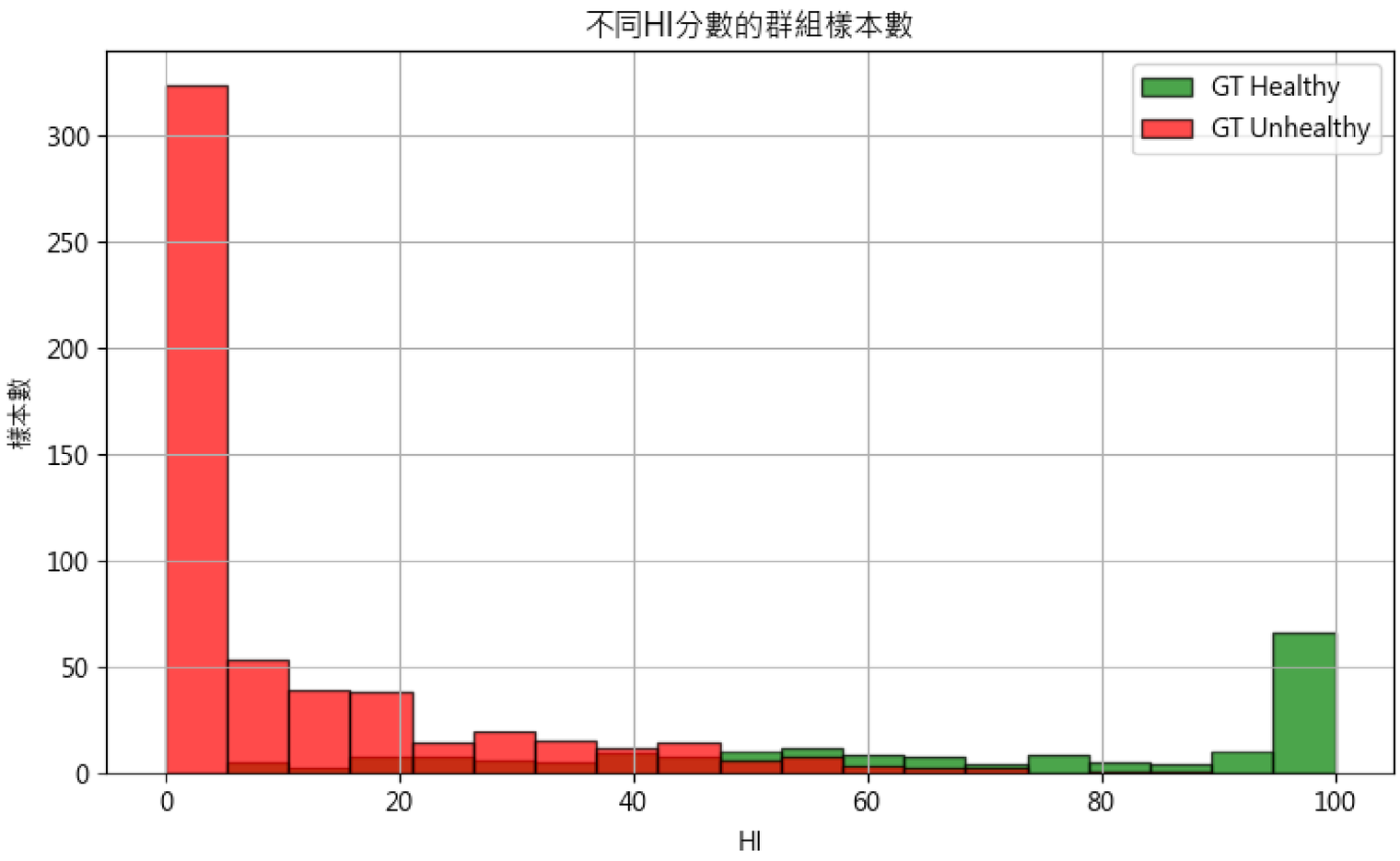
其它嘗試:

- dbscan
- 高斯混合模型
- Extreme Value Theory
- Mahalanobis Distance

以上皆在不同健康狀態下
分數分布有仍有相當程度的重疊

以隨機森林分類建構


特徵萃取
Random Forest 分類器
HI 分布圖與各方向雷達圖
標準化&Stratified K-Fold
評估指標
驗證結果
模型訓練與驗證

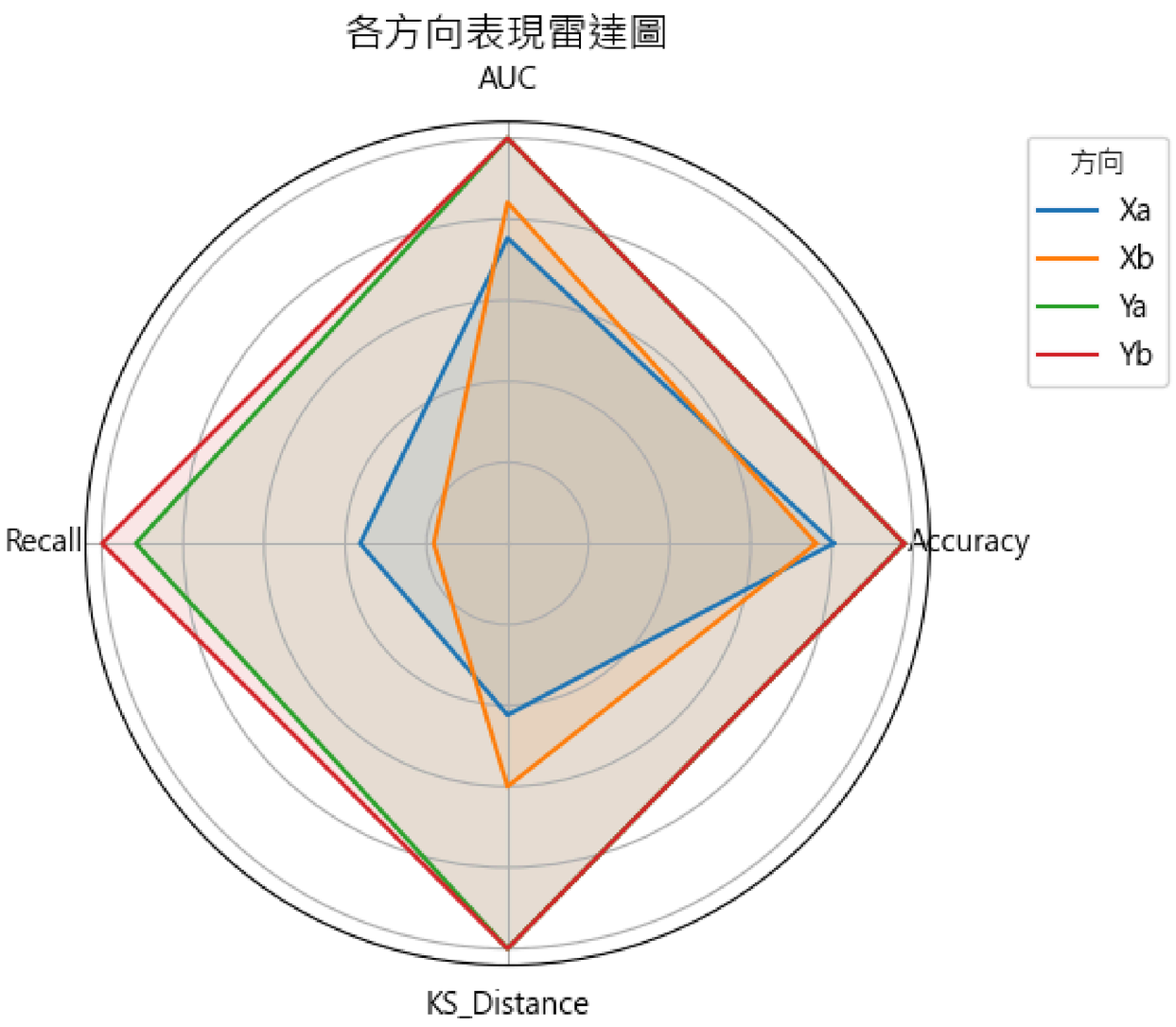


健康樣本平均HI: 68.98 ± 29.67

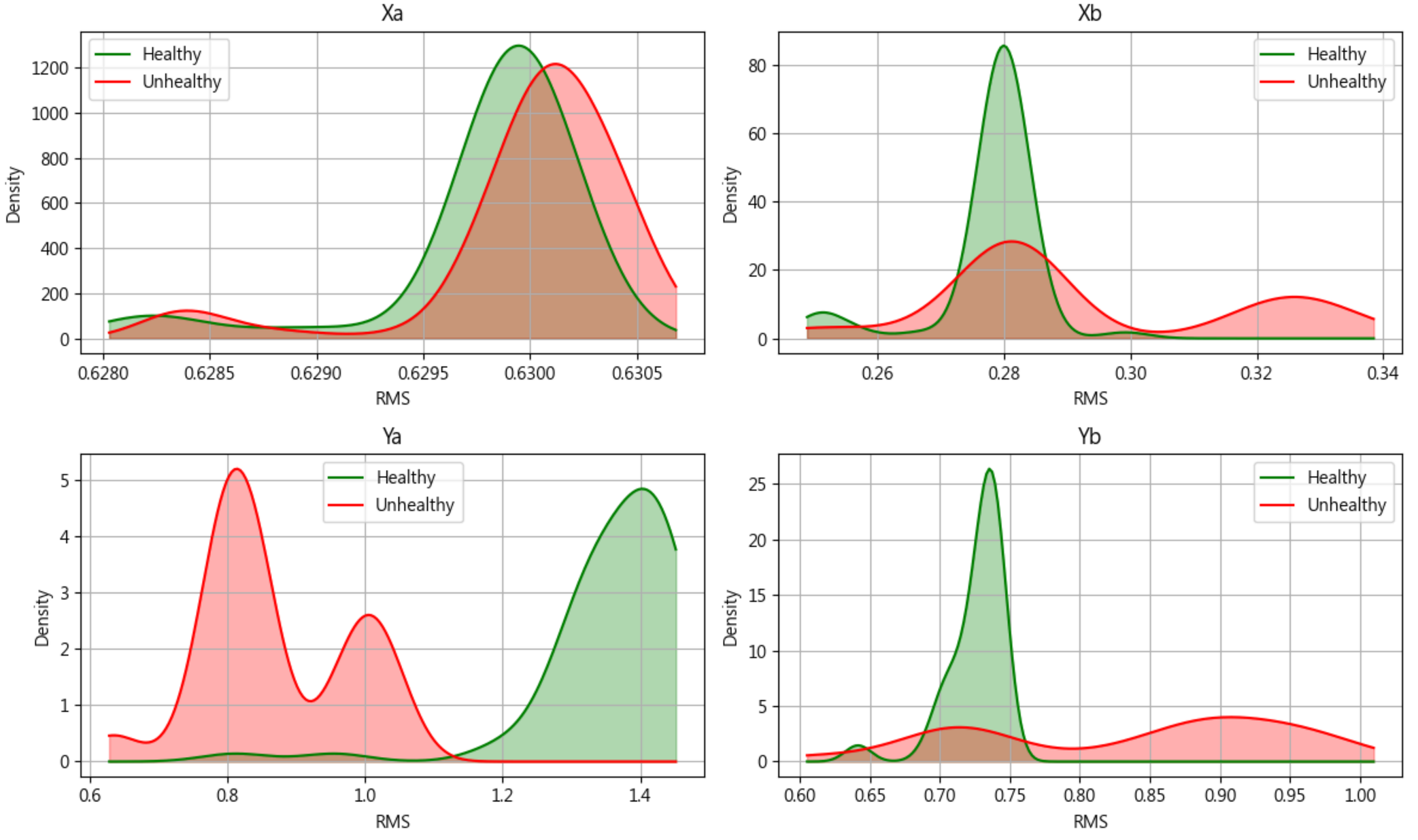
不健康樣本平均HI: 10.51 ± 15.57

平均差距: 58.47

	Direction	Accuracy	AUC	Recall	KS_Distance
0	Xa	0.7609	0.7532	0.3636	0.4571
1	Xb	0.7609	0.8545	0.1818	0.7429
2	Ya	0.9783	1.0000	0.9167	1.0000
3	Yb	0.9783	0.9975	1.0000	0.9706

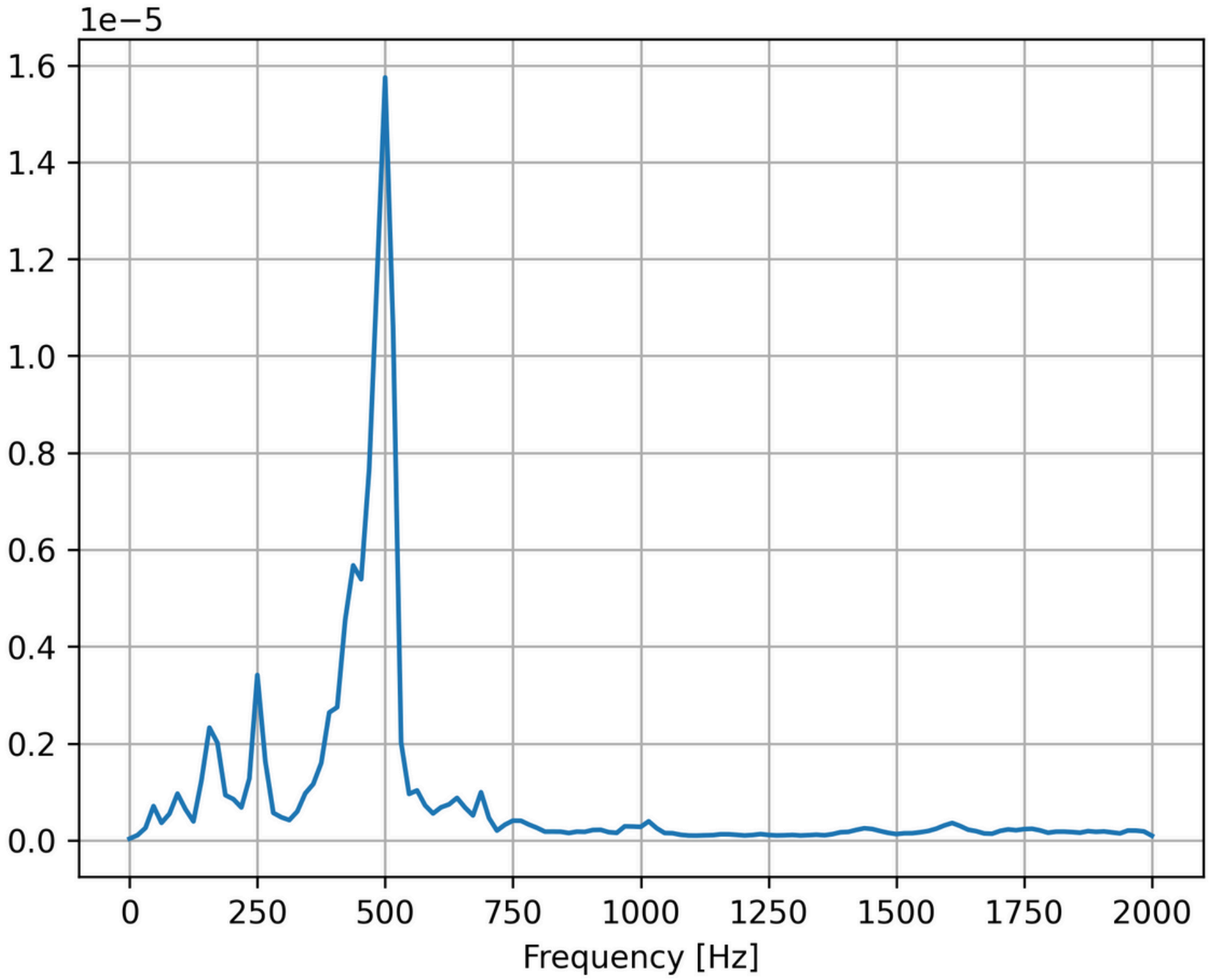


RMS 分布對比（健康 vs 不健康）

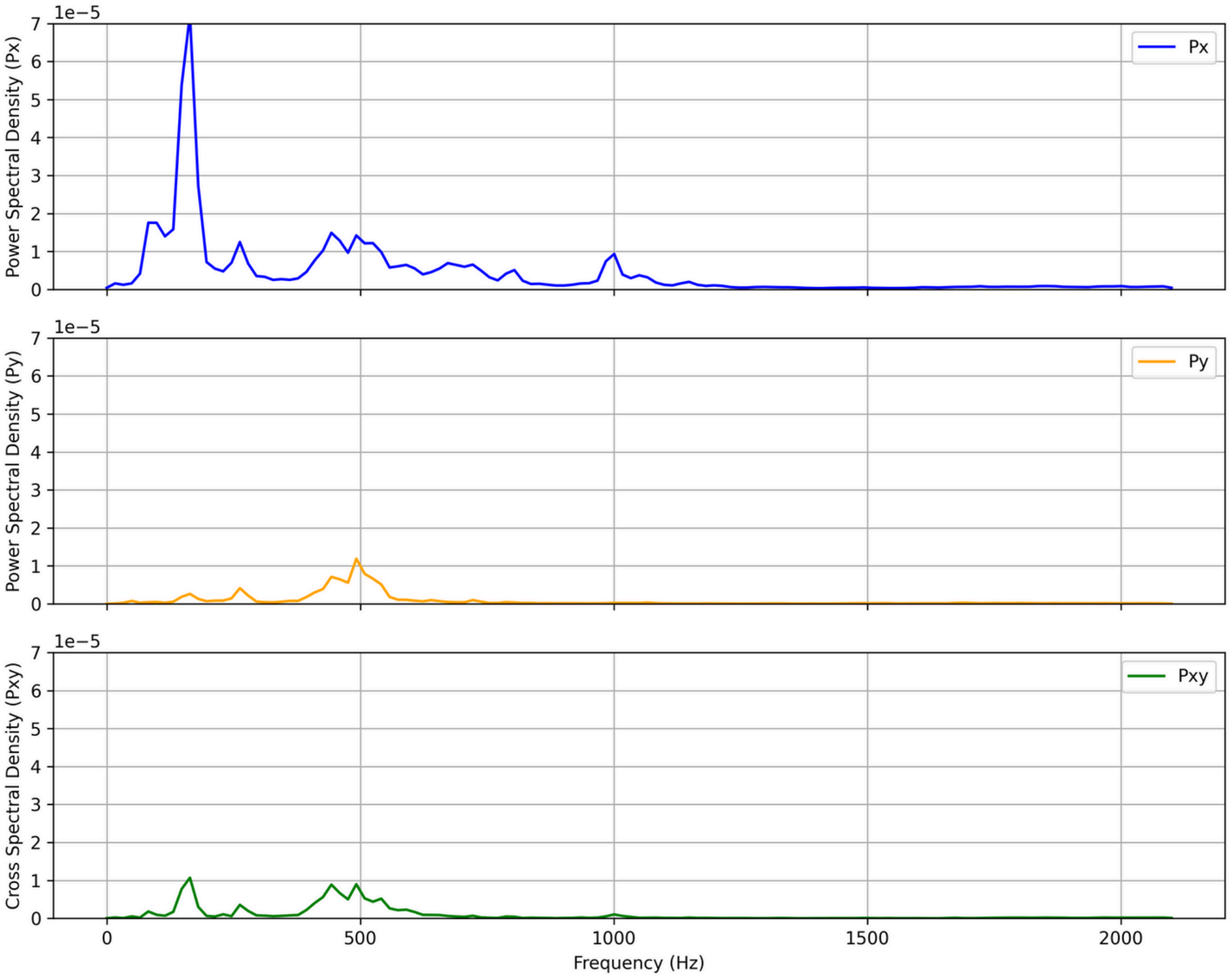


功率譜密度(PSD)

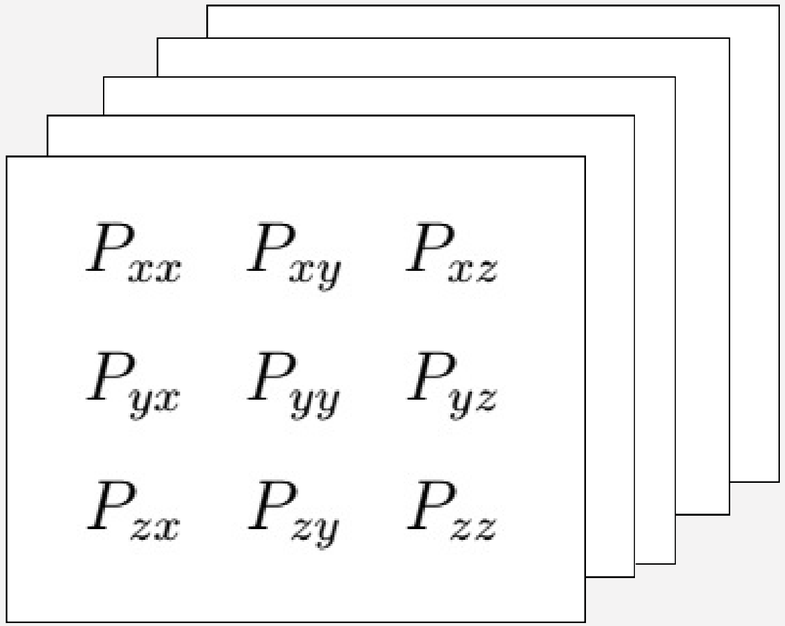
單位時間的頻譜能量分布



交叉功率譜密度(CSD)


1e−5
Power Spectral Density (Px)
Px
1e−5
Power Spectral Density (Py)
Py
1e−5
Cross Spectral Density (Pxy)
Pxy
0
500
1000
1500
2000
Frequency (Hz)

資料型態



卷積神經網路(CNN)

卷積層

利用核選取特徵

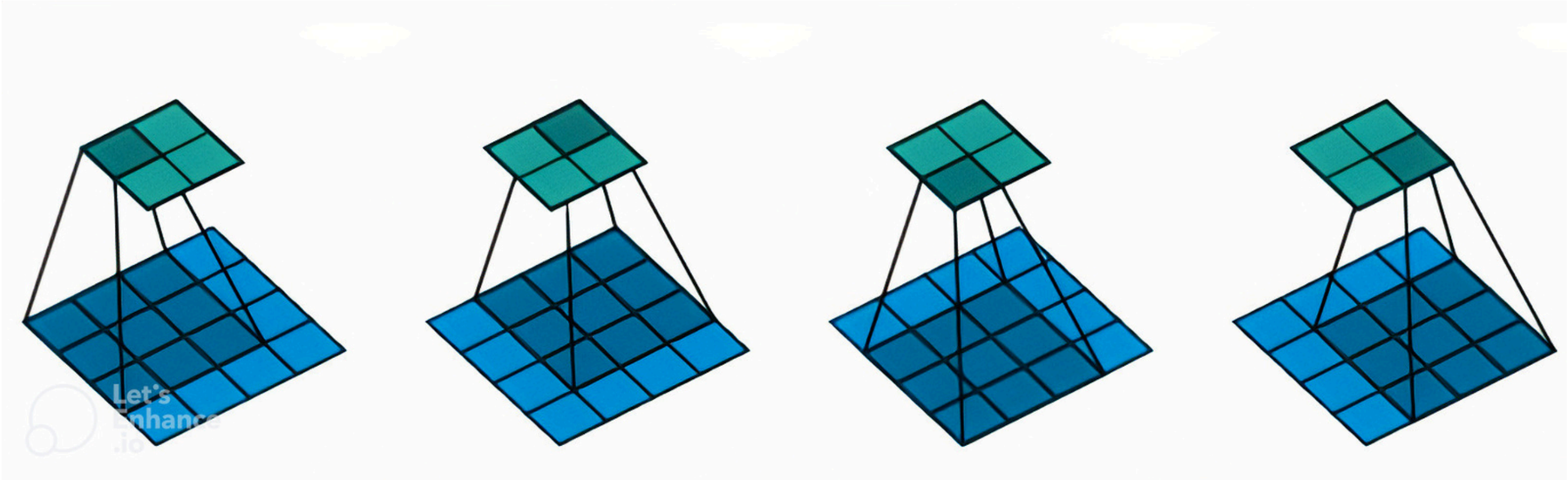
池化層

縮小資料尺寸
提升平移不變性

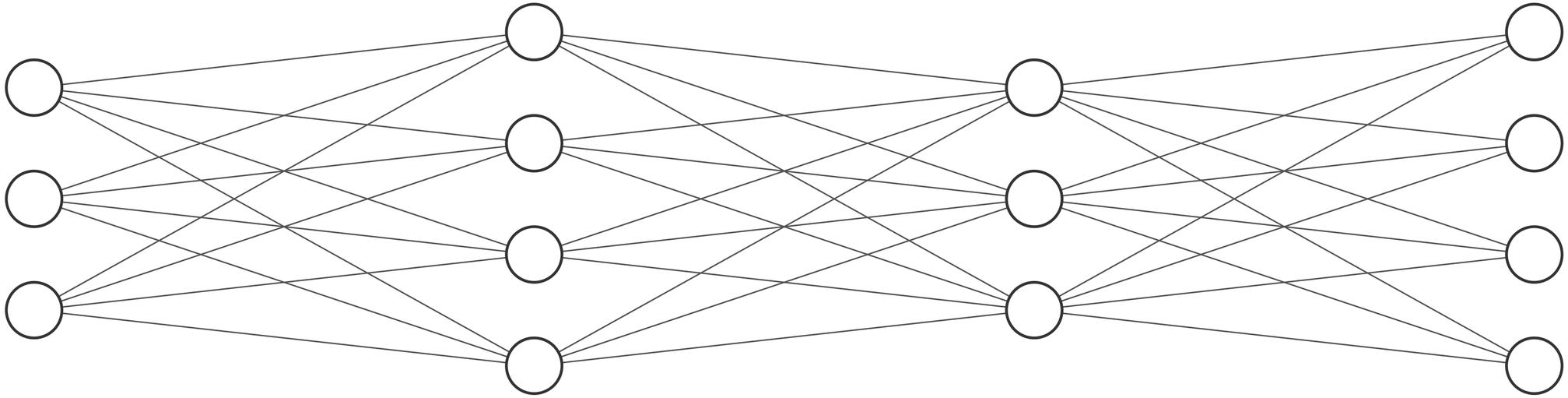
全連接層

傳統神經網路

卷積及池化



全連接層



Input Layer $\in \mathbb{R}^3$ Hidden Layer $\in \mathbb{R}^4$ Hidden Layer $\in \mathbb{R}^3$ Output Layer $\in \mathbb{R}^4$

CoordConv

- 克服CNN在座標轉換的問題
- 提供座標通道，提升CNN的性能

$$\begin{bmatrix} P_{xx} & P_{xy} & P_{xz} \\ P_{yx} & P_{yy} & P_{yz} \\ P_{zx} & P_{zy} & P_{zz} \end{bmatrix}$$

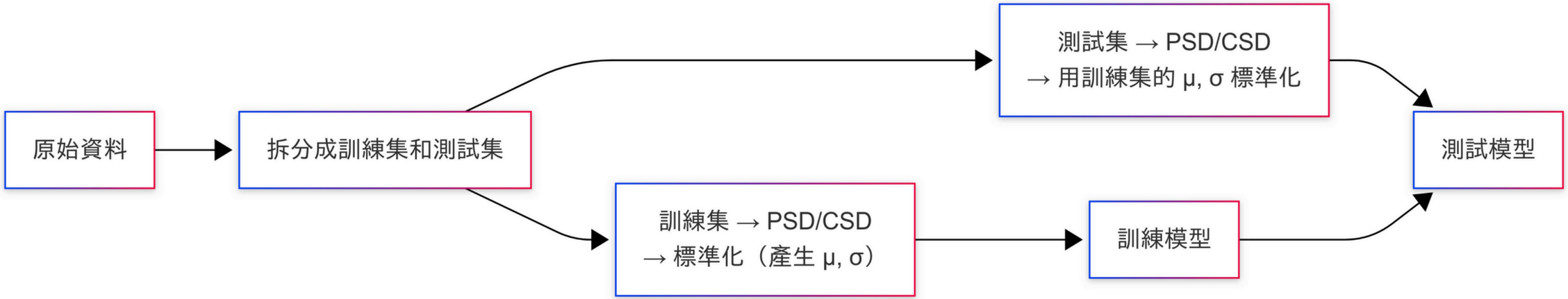
X座標通道

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

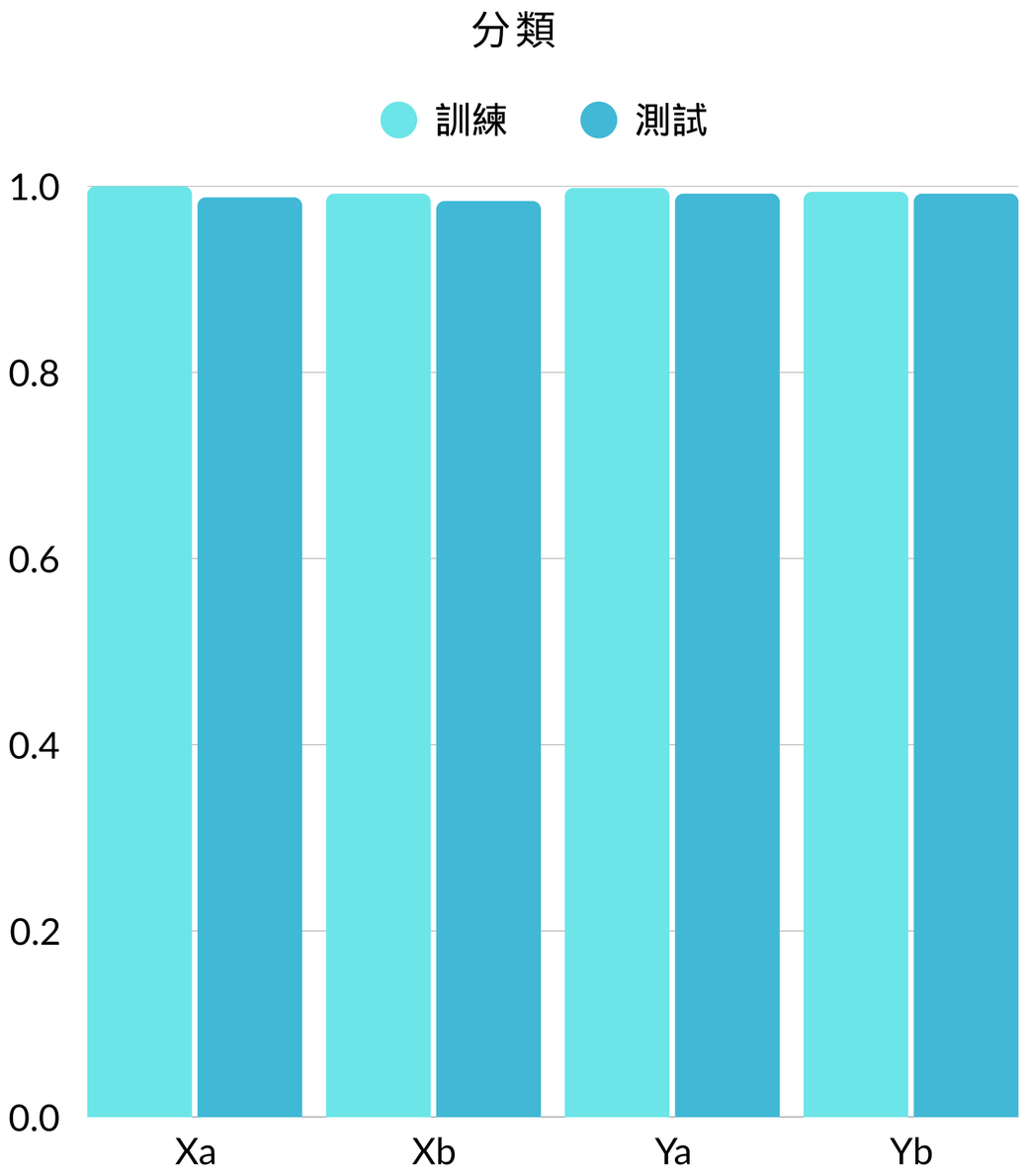
Y座標通道

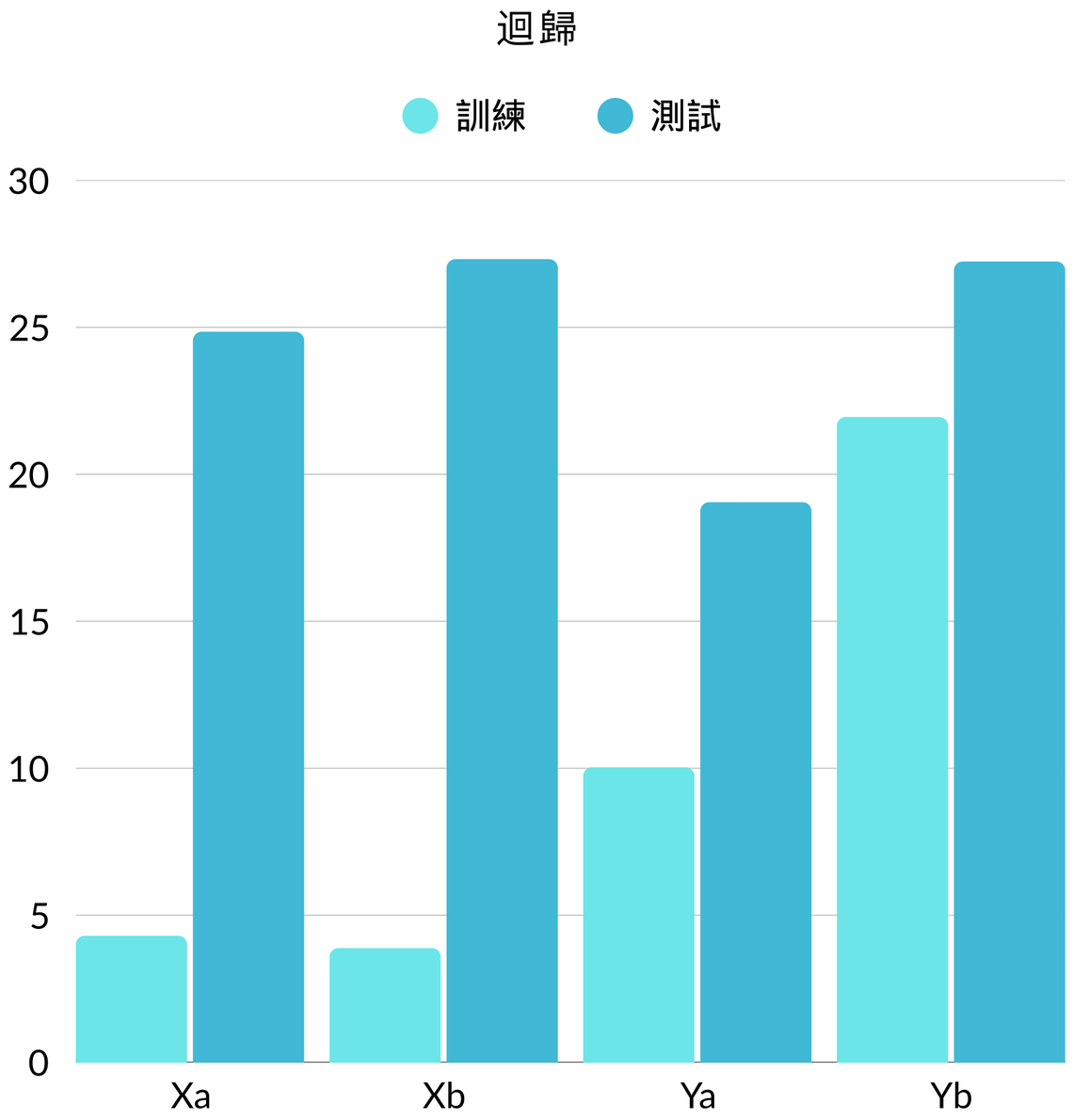
$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

流程圖


原始資料
拆分成訓練集和測試集
測試集 → PSD/CSD
→ 用訓練集的 μ, σ 標準化
訓練集 → PSD/CSD
→ 標準化（產生 μ, σ）
訓練模型
測試模型

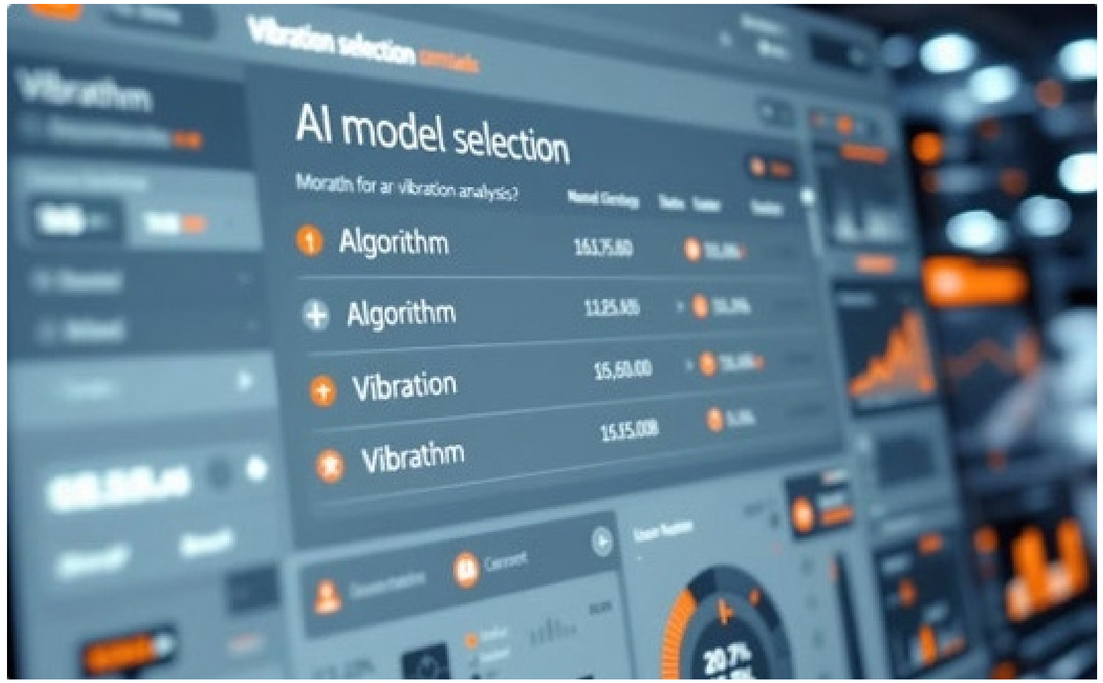
訓練與測試結果


分類
訓練
測試
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Xa
Xb
Ya
Yb


迴歸
訓練
測試
30
25
20
15
10
5
0
Xa
Xb
Ya
Yb

期望面板設計

燈號警示



模型選擇

Timmerman Industries

THANK YOU

02 May, 2024