

結合ResNet與Transformer架構的深度學習模型 運用PPG訊號做血糖的即時量測

A deep learning model that combines ResNet and Transformer architectures for real-time blood glucose measurement using PPG signals

指導教授:王壘

學生:陳庭宏 洪千巽 徐玉佳



一、摘要

近幾年來隨著穿戴式裝置與生理訊號監測技術的進步，透過穿戴式裝置做非侵入性的連續血糖量測用以掌握血糖變化趨勢，已成為糖尿病管理與預防中的重要研究方向，雖然已有出現許多研究解果，但這些研究往往受限於極少的受測與訓練樣本數，也很少考慮到同一個測試者的PPG訊號是否參與了訓練集。因此我們使用了MIMIC-III公開資料集進行訓練，其中涵蓋10000名受測者，透過一系列預處理改善並挑選較高品質的數據，模型部分則使用ResNet + Transformer block的混合模型，實驗證實能提升泛化能力。

二、研究目的與方法

三、結果

雖然我們所提出的混合模型架構使個性化的表現較之前差，但卻大幅的改善先前泛化性不足的問題，且在對於實際應用較關鍵的非個性化資料上面取得了很好的結果使MARD降低至14.17%

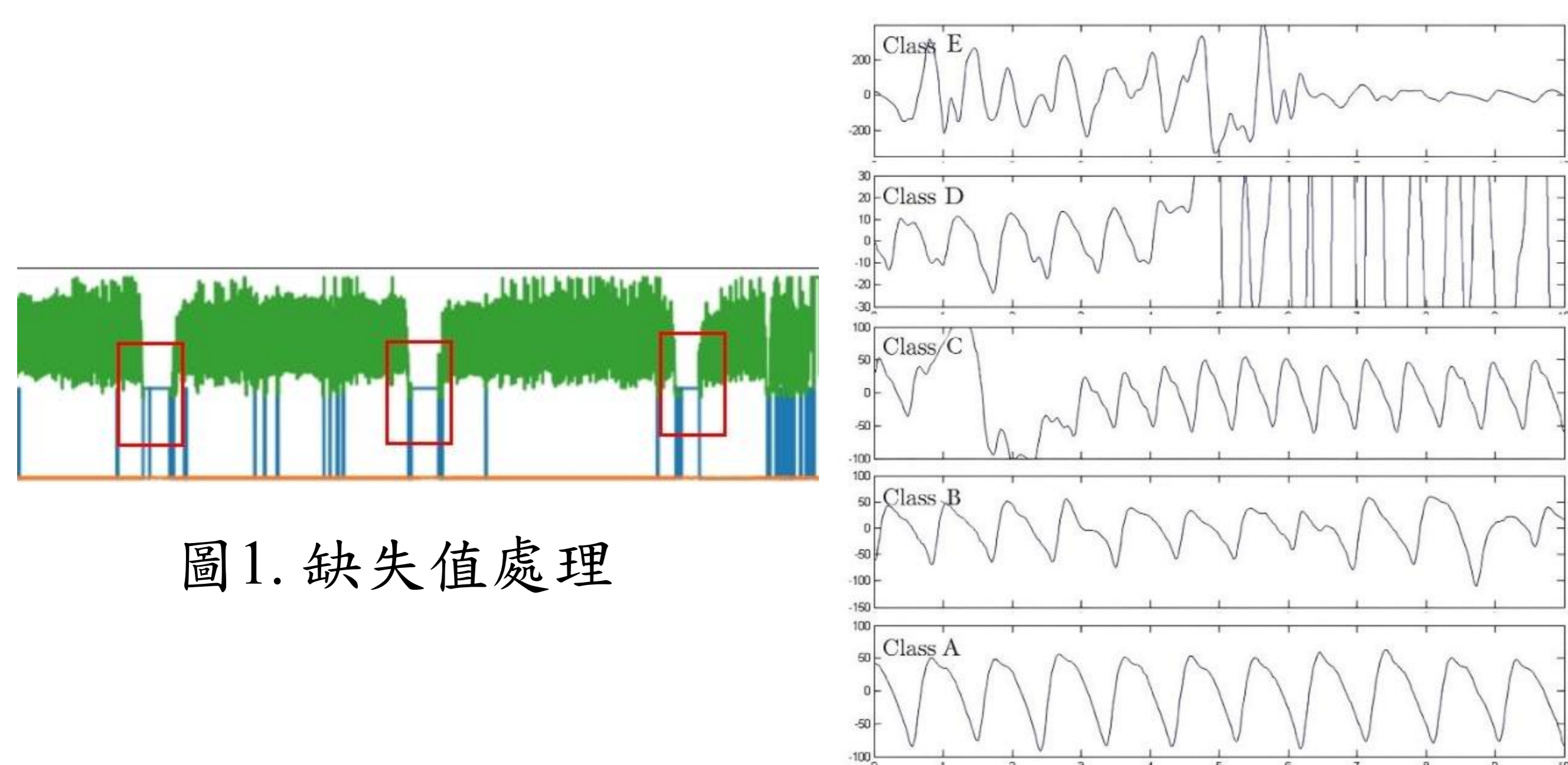


圖1. 缺失值處理

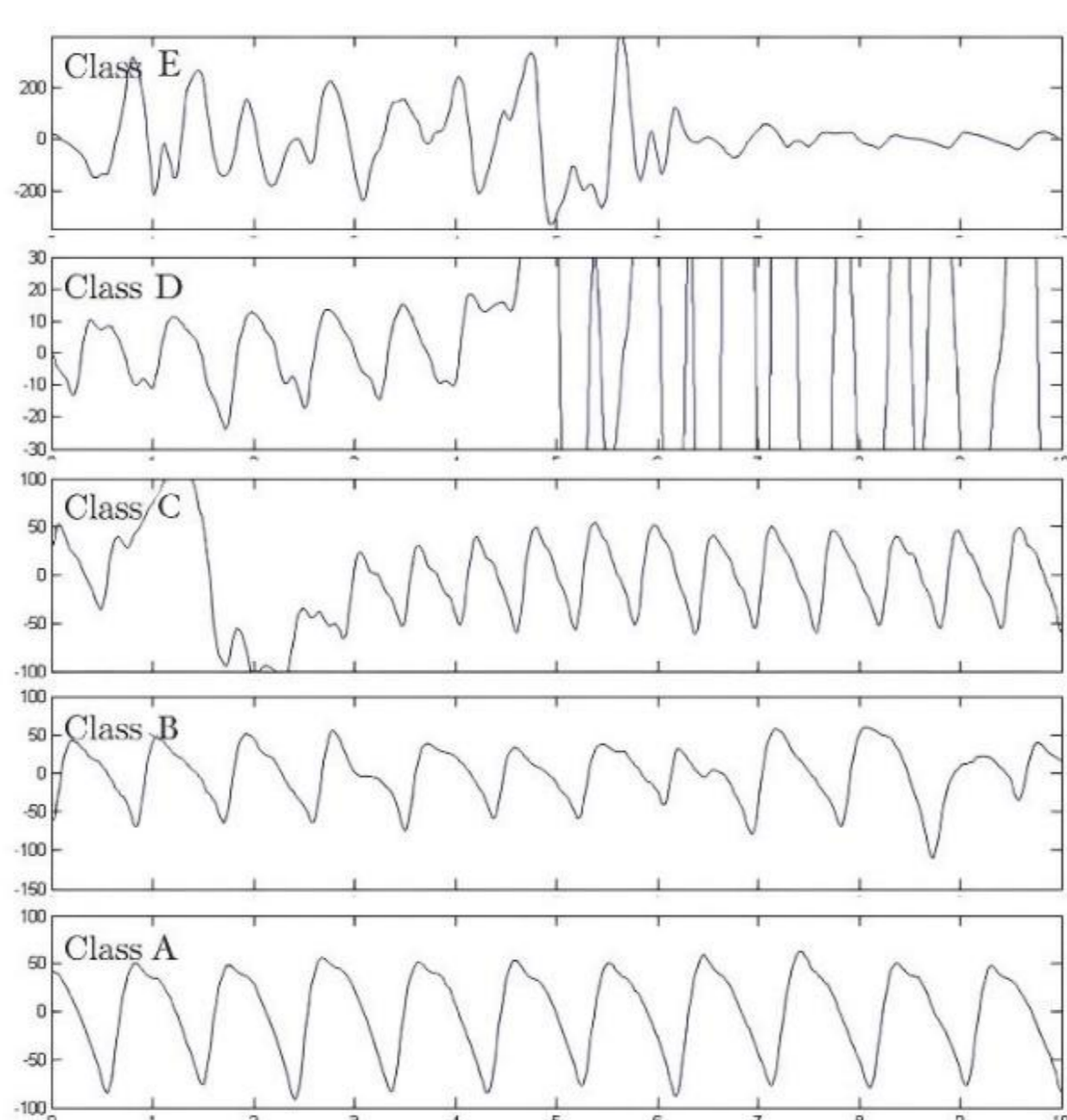


圖2. SQI分級

表1. ResNet50+Transformer混合模型架構

Layer name	Layer size
Input	(1250, 1)
Conv1	[7×1, 64, s=2]
Max pool	[3×1, s=2]
Conv2_x	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 & 64 \\ 3 \times 1 & 64 \\ 1 \times 1 & 256 \end{bmatrix} \times 3$
Conv3_x	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 & 128 \\ 3 \times 1 & 128 \\ 1 \times 1 & 512 \end{bmatrix} \times 4$
Conv4_x	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 & 256 \\ 3 \times 1 & 256 \\ 1 \times 1 & 1024 \end{bmatrix} \times 6$
Conv5_x	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 & 512 \\ 3 \times 1 & 512 \\ 1 \times 1 & 2048 \end{bmatrix} \times 3$
Dense	[2048→256]
Transformer Block 1	MultiHeadAttention(4 heads), FFN: (256→2048→256)
Transformer Block 2	MultiHeadAttention(4 heads), FFN: (256→2048→256)
Info input	(6)
Dense (info)	(6→256)
Expand/Tile	(T,256)
Cross attention Block 1	MultiHeadAttention (2 heads), FFN: (256→1024→256) Query = Transformer output sequence Key/Value = expanded auxiliary features
Cross attention Block 2	MultiHeadAttention (2 heads), FFN: (256→1024→256) Query = Transformer output sequence Key/Value = expanded auxiliary features
Attention Pooling	(T,256)→(1,256)
Dense (fusion)	(1,256)
Fully Connected Layer	(1,256)→(1,180, softmax)

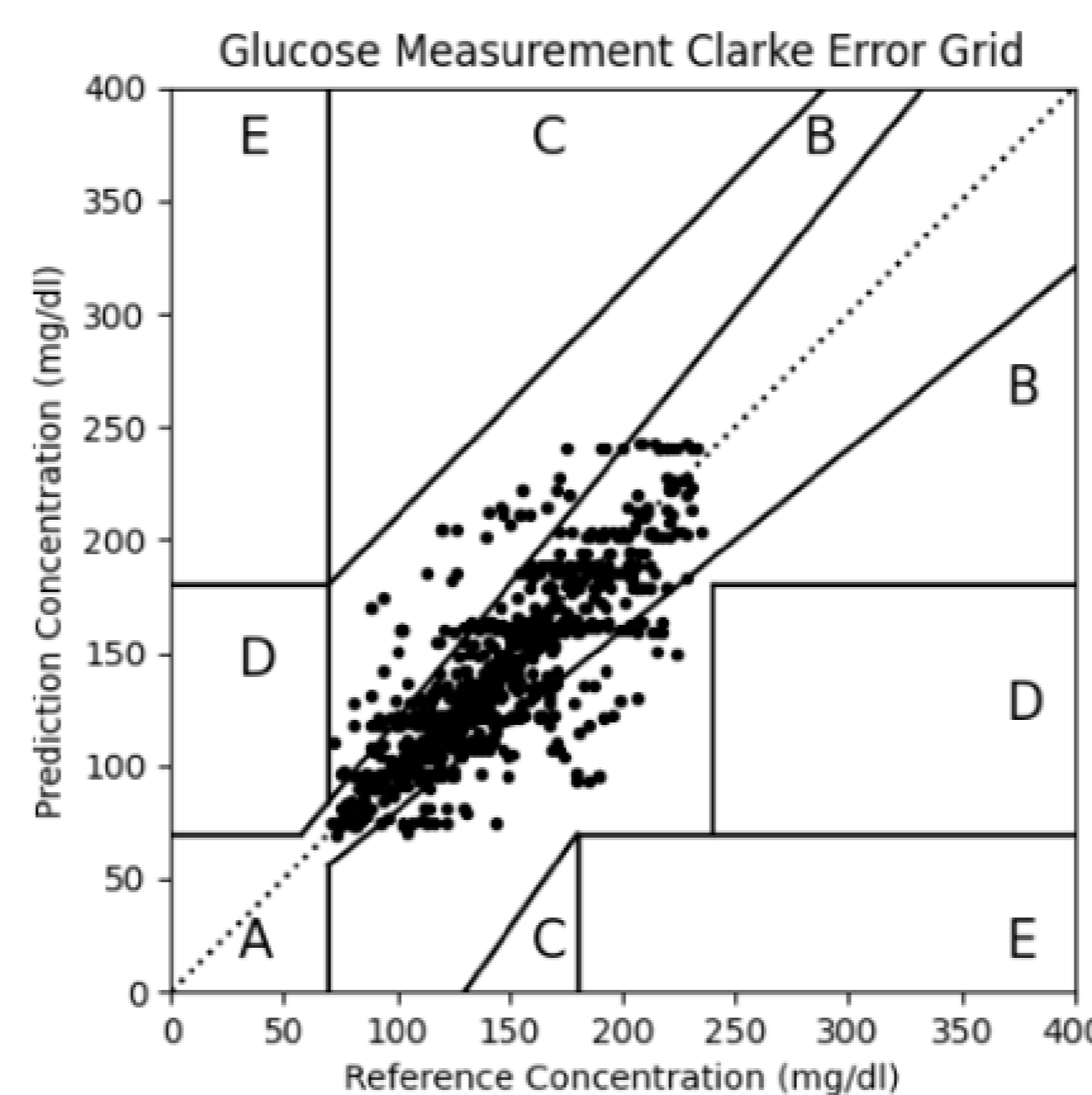


圖3. 個性化克拉克誤差網格

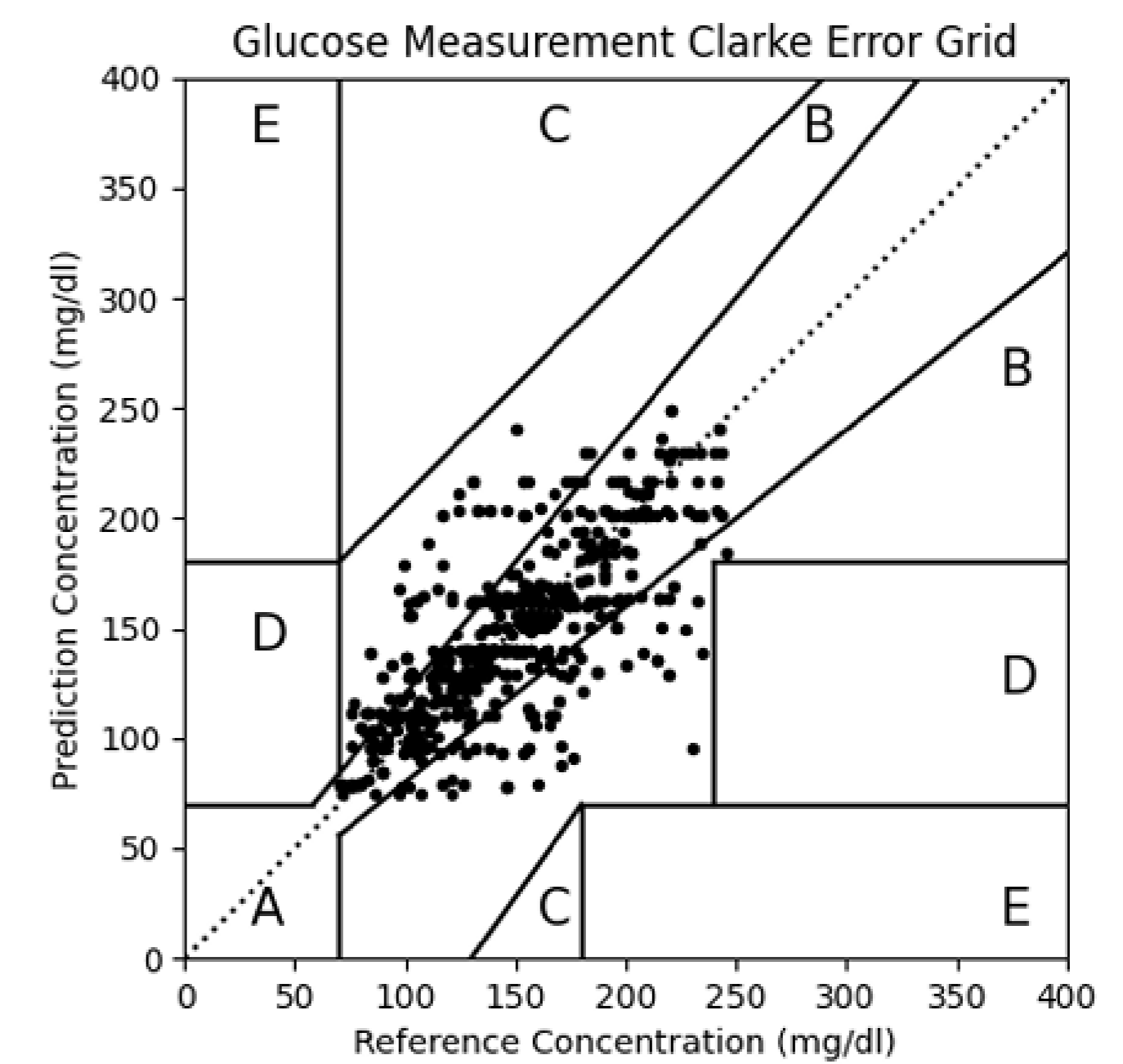


圖4. 非個性化克拉克誤差網格

表2. 改善前後之克拉克誤差網格分析

	zone A	zone B	zone C	zone D	zone E
Grade A personalized	91.01%	8.19%	0.58%	0.22%	0%
Grade A non-personalized	44.33%	52.66%	2.33%	6.66%	0%
Grade A personalized (Modified)	82.70%	17.30%	0%	0%	0%
Grade A non-personalized (Modified)	78.10%	21.90%	0%	0%	0%

表3. 改善前後之MARD比較

	ResNet	Grade A ResNet + Transformer block + Cross Attention block
Train	5.52%	11.27%
personalized	9.25%	11.69%
non-personalized	19.17%	14.17%

四、結論

本專題最主要的目的是為非侵入式連續血糖量測提供一個具備高泛化性及可行性的方法，我們透過缺失值、濾波以及SQI分級等前處理改善了模型的輸入資料品質，模型部分則先採用ResNet50進行局部特徵的擷取，再引入Transformer block透過多頭自注意力機制建模時間序列中的全域依賴特性，最後融合全域平均池化與多維額外生理資訊以增強模型判斷能力。雖最終未能達到醫療標準，但驗證其在非侵入式PPG訊號即時血糖量測任務中的可行性與潛力。

五、成本評估

專題名稱	結合ResNet與Transformer架構的深度學習模型運用PPG訊號做血糖的即時量測	
	時間	成本
製作前預估	6個月	0
實際完成後	7個月	0

