



(21)申請案號：113100873

(22)申請日：中華民國 113 (2024) 年 01 月 09 日

(51)Int. Cl. : *A61B5/0245 (2006.01)*

*G16H50/30 (2018.01)*

(71)申請人：國立臺灣科技大學(中華民國) NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (TW)

臺北市大安區基隆路4段43號

利凌企業股份有限公司(中華民國) MERIT LILIN ENT. CO., LTD. (TW)

新北市五股區五工六路20號

(72)發明人：花凱龍 HUA, KAI-LUNG (TW)；陳永耀 CHEN, YUNG-YAO (TW)；鍾昕燁 JHONG, SIN-YE (TW)；林詠翔 LIN, YONG-XIANG (TW)；謝雅芳 HSIEH, YA-FANG (TW)；林羿汎 LIN, YI-FAN (TW)；胡志剛 HU, CHIH-KANG (TW)；李佳欣 LI, CHIA-HSIN (TW)；黃耀邦 HUANG, YAO-BANG (TW)；許家雄 HSU, CHIA-HSIUNG (TW)

(74)代理人：高玉駿；楊祺雄

(56)參考文獻：

CN 116784818A

US 2023/0273318A1

期刊 J. Gong, X. Zhang, K. Lin, J. Ren, Y. Zhang, and W. Qiu, "RF vital sign sensing under free body movement," Proc. ACM Interact. Mobile Wearable Ubiquitous Technol., vol. 5, no. 3, pp. 1-22, 2021.

審查人員：吳丕鈞

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：8 共 32 頁

(54)名稱

人體活動心率預測方法及系統、電腦可讀取的記錄媒體

(57)摘要

一種人體活動心率預測方法，由一電腦裝置根據一毫米波雷達傳來的一偵測訊號預測一受測者的心率，該電腦裝置根據該偵測訊號運算而獲得該受測者與該毫米波雷達相距的一距離以及該受測者在運動前的靜態階段的一靜態心率和在運動階段的一運動功率，且該電腦裝置對該距離及該運動功率進行正規化而產生一正規化距離和一正規化運動功率，並持續累計該正規化運動功率而產生一累計運動功率，並根據該累計運動功率和該正規化距離產生一預測心率，再根據該靜態心率校正該預測心率而產生並輸出一校正後預測心率。

A human activity heart rate prediction method, it uses a computer device predicts the heart rate of a subject based on a detection signal transmitted from a millimeter wave radar. The computer device calculates based on the detection signal to obtain a distance between the subject and the millimeter wave radar, a static heart rate of the subject in the static phase before exercise, and an exercise power in the exercise phase, and the computer device normalizes the distance and the exercise power to generate a normalization distance and a normalized exercise power, and continue to accumulate the normalized exercise power to generate a cumulative exercise power, and generate a predicted heart rate based on the accumulated exercise power

and the normalized distance, and then correct the predicted heart rate based on the static heart rate to generate and output a corrected predicted heart rate.

指定代表圖：

符號簡單說明：

S1~S5: 步驟

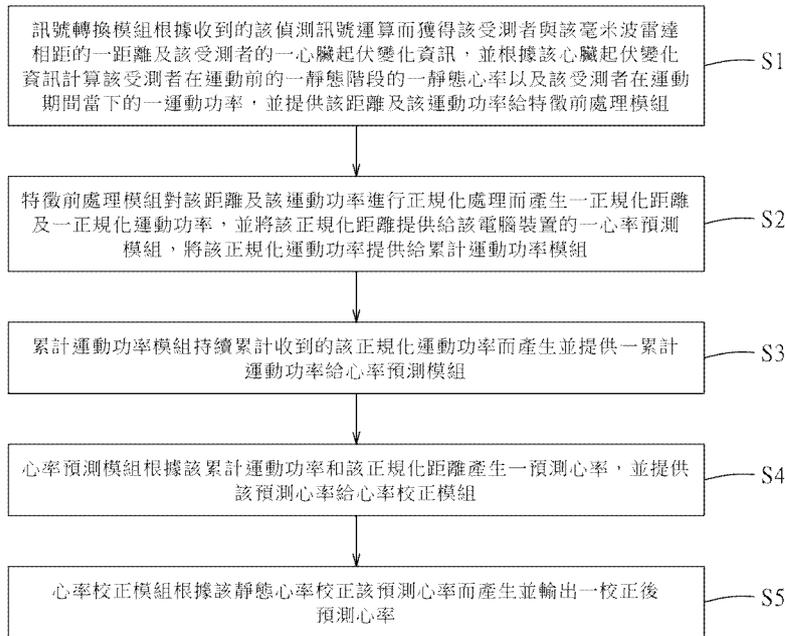


圖 1



I875423

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】 人體活動心率預測方法及系統、電腦可讀取的記錄媒體

【英文發明名稱】 Human Activity Heart Rate Prediction Method and System, Computer-Readable Recording Media

## 【中文】

一種人體活動心率預測方法，由一電腦裝置根據一毫米波雷達傳來的一偵測訊號預測一受測者的心率，該電腦裝置根據該偵測訊號運算而獲得該受測者與該毫米波雷達相距的一距離以及該受測者在運動前的靜態階段的一靜態心率和在運動階段的一運動功率，且該電腦裝置對該距離及該運動功率進行正規化而產生一正規化距離和一正規化運動功率，並持續累計該正規化運動功率而產生一累計運動功率，並根據該累計運動功率和該正規化距離產生一預測心率，再根據該靜態心率校正該預測心率而產生並輸出一校正後預測心率。

## 【英文】

A human activity heart rate prediction method, it uses a computer device predicts the heart rate of a subject based on a detection signal transmitted from a millimeter wave radar. The computer device calculates based on the detection signal to obtain a distance between the subject and the millimeter wave radar, a static heart rate of the subject in the static phase before exercise, and an exercise power in the exercise

phase, and the computer device normalizes the distance and the exercise power to generate a normalization distance and a normalized exercise power, and continue to accumulate the normalized exercise power to generate a cumulative exercise power, and generate a predicted heart rate based on the accumulated exercise power and the normalized distance, and then correct the predicted heart rate based on the static heart rate to generate and output a corrected predicted heart rate.

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

S1~S5：步驟

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 人體活動心率預測方法及系統、電腦可讀取的記錄媒體

【英文發明名稱】 Human Activity Heart Rate Prediction Method and System,  
Computer-Readable Recording Media

【技術領域】

【0001】本發明是有關於一種心率預測方法，特別是指一種預測人體在運動狀態下的心率之人體活動心率預測方法。

【先前技術】

【0002】近年因應疫情影響，民眾健康、運動意識逐漸抬頭，但現今市場針對運動時的心率偵測方法仍有待加強，現階段多使用配戴接觸式裝置進行心率的測量，除了影響舒適度，也不方便隨時查看以調整運動或訓練的狀態；而目前常見的非接觸式生理徵象(例如心率)偵測裝置主要以毫米波雷達最為普及，但由於毫米波雷達的偵測特性，目前市售產品皆只能偵測人在靜態活動情境下的生理徵象，無法準確偵測人在動態情境下的生理徵象。

【發明內容】

【0003】因此，本發明之目的，即在提供一種人體活動心率預測方法及實現該方法的一種人體活動心率預測系統和一種電腦可讀取的記錄媒體，其能準確預測人體在運動狀態下的心率。

**【0004】**於是，本發明一種人體活動心率預測方法，由一電腦裝置根據一毫米波雷達傳來的一偵測訊號預測一受測者的心率，該偵測訊號是該毫米波雷達偵測位於其偵測方向的該受測者的活動狀態所產生；該方法包括下列步驟。

**【0005】**該電腦裝置的一訊號轉換模組根據收到的該偵測訊號運算而獲得該受測者與該毫米波雷達相距的一距離及該受測者的一心臟起伏變化資訊，並根據該心臟起伏變化資訊計算該受測者在運動前的一靜態階段的一靜態心率以及該受測者在運動階段的一運動功率，並提供該距離及該運動功率至該電腦裝置的一特徵前處理模組。

**【0006】**該特徵前處理模組對該距離及該運動功率進行正規化處理而產生一正規化距離及一正規化運動功率，並將該正規化距離提供給該電腦裝置的一心率預測模組，將該正規化運動功率提供給該電腦裝置的一累計運動功率模組；該累計運動功率模組持續累計收到的該正規化運動功率而產生並提供一累計運動功率至該心率預測模組。

**【0007】**該心率預測模組根據該累計運動功率和該正規化距離產生一預測心率，並提供該預測心率至該電腦裝置的一心率校正模組。

**【0008】**該心率校正模組根據該靜態心率校正該預測心率而產生

並輸出一校正後預測心率。

**【0009】** 再者，本發明實現上述方法的一種人體活動心率預測系統，用以預測一受測者的心率，並包括一毫米波雷達和一電腦裝置。

**【0010】** 該毫米波雷達偵測位於其偵測方向的該受測者的活動狀態並對應產生和輸出一偵測訊號。

**【0011】** 該電腦裝置與該毫米波雷達電連接，以接收該毫米波雷達輸出的該偵測訊號，且該電腦裝置包括一訊號轉換模組、一特徵前處理模組、一累計運動功率模組、一心率預測模組及一心率校正模組；其中，該訊號轉換模組根據該偵測訊號運算而獲得該受測者與該毫米波雷達的一距離及該受測者的一心臟起伏變化資訊，並根據該心臟起伏變化資訊計算該受測者在運動前的一靜態階段的一靜態心率以及該受測者在運動階段的一運動功率，並提供該距離及該運動功率給該特徵前處理模組；該特徵前處理模組對該距離及該運動功率進行正規化處理而產生一正規化距離及一正規化運動功率，並將該正規化距離提供給該心率預測模組，將該正規化運動功率提供給該累計運動功率模組；該累計運動功率模組持續累計收到的該正規化運動功率而產生並提供一累計運動功率給該心率預測模組；該心率預測模組根據該累計運動功率和該正規化距離產生一預測心率，並提供該預測心率給該心率校正模組；該心率校正模組根據該靜態心率校正該預測心率而產生並輸出一校正後預測心率。

【0012】在上述發明的一些實施態樣中，該特徵前處理模組包含一經過訓練的GRU模型，該GRU模型包含一GRU層、一全連接層及一正規化層，該GRU層和該全連接層對該距離及該運動功率進行特徵擷取處理，並將產生的特徵資訊輸入該正規化層進行正規化而輸出該正規化距離及該正規化運動功率。

【0013】在上述發明的一些實施態樣中，該電腦裝置還提供該受測者的一個人特徵給該特徵前處理模組，該特徵前處理模組對該個人特徵進行正規化處理而產生並提供一正規化個人特徵給該心率預測模組，且該心率預測模組根據該累計運動功率、該正規化距離及該正規化個人特徵產生該預測心率。

【0014】在上述發明的一些實施態樣中，該個人特徵包含活動分數、體能分類、性別、年齡及身體質量指數至少其中之一。

【0015】在上述發明的一些實施態樣中，該心率預測模組包含一經過訓練的LSTM模型，該LSTM模型包含兩個LSTM層和一全連接層，該累計運動功率和該正規化距離輸入該LSTM模型後，經由該等LSTM層和該全連接層進行特徵擷取處理後產生並輸出該預測心率。

【0016】在上述發明的一些實施態樣中，該累計運動功率模組是以下列公式計算該累計運動功率  $Move Curve_t$ ：

$$【0017】 Move Curve_t = \sum_{i=1}^t Power_i * m_i \quad ; \quad \text{其中}$$

【0018】  $Power_i$  是該正規化運動功率；

【0019】  $m_i$  是不同運動階段的權重，{運動前，運動中，運動後} = {0, 1, -1}。

【0020】 在上述發明的一些實施態樣中，該心率校正模組是以下列公式計算該校正後預測心率  $H_C^i$ ：

【0021】  $(1) D_H = \overline{H_S^i} - \overline{H_R^i}$

【0022】  $(2) H_C^i = H^i - q * D_H$

【0023】 其中

【0024】  $\overline{H_S^i}$ ：該心率預測模組預測之該受測者在該靜態階段的平均心率。

【0025】  $\overline{H_R^i}$ ：該訊號轉換模組計算之該受測者在該靜態階段的該靜態心率的平均心率。

【0026】  $H^i$ ：該心率預測模組預測的該預測心率。

【0027】  $q$ ：誤差權重。

【0028】 此外，本發明實現上述方法的一種電腦可讀取的記錄媒體，其中儲存一包含一訊號轉換模組、一特徵前處理模組、一累計運動功率模組、一心率預測模組及一心率校正模組的程式軟體，該程式軟體被一電腦裝置載入並執行後，該電腦裝置能完成如上所述的人體活動心率預測方法。

【0029】 本發明之功效在於：藉由使用該累計運動功率做為該心

率預測模組的輸入參數之一，讓該心率預測模組可以透過該累計運動功率滾動調整預測心率的變化速度，補強預測心率和運動功率的相關性，並藉由增加該距離和該個人特徵做為該心率預測模組的輸入參數，可加強心率預測與該距離和該個人特徵的相關性而優化心率預測，使該心率預測模組的訓練結果和預測結果更好，且藉由使用運動前的該靜態心率對預測心率進行校正，使整體預測誤差大幅下降，而達到更精準的運動心率預測。

#### 【圖式簡單說明】

【0030】本發明的其他的特徵及功效，將於參照圖式的實施方式中清楚地呈現，其中：

圖 1 是本發明人體活動心率預測方法的一實施例的主要流程步驟；

圖 2 是本發明人體活動心率預測系統的一實施例包括的主要元件方塊示意圖；

圖 3 是本實施例的特徵前處理模組包含的細部組成元件方塊示意圖；

圖 4 是本實施例的正規化層包含的細部組成元件方塊示意圖；

圖 5 顯示隨著時間增加所產生的正規化運動功率的運動功率曲線和隨著時間累加正規化運動功率所產生的累計運動功率曲線；

圖 6 顯示心率量測裝置量測受測者在不同活動階段的心率變化曲線；

圖 7 是本實施例的心率預測模組包含的細部組成元件方塊示意圖；及

圖 8 顯示本實施例之心率預測模組預測的心率變化曲線和校正後的心率變化曲線。

### 【實施方式】

【0031】在本發明被詳細描述的前，應當注意在以下的說明內容中，類似的元件是以相同的編號來表示。

【0032】參閱圖1所示，是本發明人體活動心率預測方法的一實施例的主要流程步驟，其用以預測一受測者A在運動狀態下的心率，並由圖2所示之本發明人體活動心率預測系統實現，該人體活動心率預測系統100主要包括一毫米波雷達1和與該毫米波雷達1電連接的一電腦裝置2。

【0033】該毫米波雷達1是但不限於採用FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave，線性調頻信號)技術的FMCW雷達，且該毫米波雷達1偵測位於其偵測方向且與其相距一定距離(例如該毫米波雷達1距離地面 1.5 公尺、距離受測者 1~2公尺)的該受測者A的活動狀態並對應產生一偵測訊號，且即時傳送該偵測訊

號至該電腦裝置2。

【0034】該電腦裝置2將該毫米波雷達1傳來的該偵測訊號輸入其中的一處理單元(例如中央處理器，圖未示)，且該電腦裝置2包括一訊號轉換模組21、一特徵前處理模組22、一累計運動功率模組23、一心率預測模組24及一心率校正模組25，在本實施例中，這五個模組是以一程式軟體的方式實現，但不以此為限，這五個模組也可以韌體或軟體與硬體結合的方式實現。該電腦裝置2的該處理單元可藉由讀取並執行儲存在一電腦可讀取的記錄媒體(例如該電腦裝置2內建的記憶體模組或儲存單元)中之包含上述五個模組的程式軟體而實施圖1所示的流程步驟。

【0035】因此，如圖1的步驟S1，首先，該訊號轉換模組21根據該偵測訊號運算而獲得該受測者A與該毫米波雷達1的一距離D及該受測者A的一心臟起伏變化資訊，並根據該心臟起伏變化資訊計算該受測者A在運動前的一靜態階段(例如開始運動前5~50秒期間)的一靜態心率b以及該受測者A在運動階段當下的一運動功率p(例如每秒的運動功率)，並提供該距離D及該運動功率p給該特徵前處理模組22。其中該距離D及該運動功率p的計算是現有技術，且非本案重點，在此不予詳述，其相關技術細節可以參考「Gong, Jian, et al. "RF vital sign sensing under free body movement." *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* 5.3 (2021):

1-22.」該篇研究論文。

【0036】接著，如圖1的步驟S2，該特徵前處理模組22對該距離D及該運動功率p進行正規化處理而產生一正規化距離D'及一正規化運動功率p'，並將該正規化距離D'提供給該心率預測模組24，將該正規化運動功率p'提供給該累計運動功率模組23。

【0037】此外，該電腦裝置2還可提供該受測者A的一個人特徵給該特徵前處理模組22，以透過該特徵前處理模組22對該個人特徵進行正規化處理而產生一正規化個人特徵；其中，該個人特徵包含該受測者A的活動分數、體能分類、性別、年齡及身體質量指數(BMI)全部或至少其中之一，其中活動分數(IPAQ分數)是根據該受測者A填寫一份國際體力活動問卷(International Physical Activity Questionnaire，簡稱IPAQ)的調查結果所計算出來的分數，其公式為：

【0038】 $IPAQ \text{ 分數} = V_D \cdot V_m + M_D \cdot M_m + W_D \cdot W_m$ ；其中

【0039】 $V_D$ ， $V_m$  分別為費力活動之天數 (Day) 和時長 (min)。

【0040】 $M_D$ ， $M_m$  分別為中等費力活動之天數 (Day) 和時長 (min)。

【0041】 $W_D$ ， $W_m$  分別為走路活動之天數 (Day) 和時長 (min)。

【0042】體能分類也是來自國際體力活動問卷的調查結果。

【0043】此外，具體而言，如圖3所示，該特徵前處理模組22包含

一經過訓練的GRU (Gate Recurrent Unit)模型，該GRU模型包含由複數串連的GRU (Gate Recurrent Unit，閘循環單元)，時間循環神經網路 (Recurrent Neural Network, RNN) 的一種)組成的一GRU層221、一全連接層(Fully Connected(FC) Layer)222及一正規化層223，該GRU層221對輸入的資訊(該距離D、該運動功率p及該個人特徵)進行特徵擷取(透過捕捉數據中不同的時間相依性，學習序列中有用的特徵)，該全連接層222將該GRU層221學到的分佈式特徵映射到樣本標記空間而產生目標結果，並將產生的目標結果輸入該正規化層223進行正規化而輸出該正規化距離D'、該正規化運動功率p'及該正規化個人特徵。

【0044】且如圖4所示，該正規化層223包含一Z-score正規化單元224、一Min-Max正規化單元225及一One-Hot編碼單元226；該Z-score正規化單元224對該距離和該運動功率分別進行Z-score正規化，以對應產生在一預設範圍內的該正規化距離D'和該正規化運動功率p'，以便該正規化距離D'輸入該心率預測模組24以及該正規化運動功率'被用於後續的運算。該Min-Max正規化單元225對該個人特徵中的活動分數、年齡和身體質量指數(BMI)進行Min-Max正規化，其主要以線性方式將每個輸入的數值重新調整為落在[0,1]之間的一個值，以便於輸入該心率預測模組24。該One-Hot編碼單元226對該個人特徵中的體能分類和性別各別進行One-Hot

編碼，而產生以不同的One-Hot碼表示的體能分類和性別，以便於輸入該心率預測模組24。上述的Z-score正規化、Min-Max正規化及One-Hot編碼皆為已知技術，且非本案重點所在，故在此不予詳述。

【0045】值得一提的是，該個人特徵並非本實施例預測心率的必要資訊，也可以視實際應用情況省略，不過「Itoh, Haruki, et al. "Heart rate and blood pressure response to ramp exercise and exercise capacity in relation to age, gender, and mode of exercise in a healthy population." *Journal of Cardiology* 61.1 (2013): 71-78.」該篇研究論文證明身體組成如年齡、性別、身體質量指數（Body Mass Index, BMI）等對於運動中的心率變化具有影響性，因此，本實施例採用該個人特徵做為預測心率的因素之一，以進一步提升心率預測的準確性。

【0046】接著，如圖1的步驟S3，該累計運動功率模組23持續累計收到的該正規化運動功率 $p'$ 而產生並提供一累計運動功率 $P$ 至該心率預測模組24；具體而言，該累計運動功率模組23是以下列公式計算該累計運動功率 $P(Move Curve_t)$ ：

【0047】 $Move Curve_t = \sum_{i=1}^t Power_i * m_i$  ；其中

【0048】 $Power_i$ 是該正規化運動功率 $p'$ 。

【0049】 $m_i$ 是不同運動階段的權重，{運動前，運動中，運動後}  
= {0, 1, -1}。

【0050】如圖5所示，其中圖5(a)是該受測者A隨著時間增加所產生的運動功率 $p$ 經過正規化後的該正規化運動功率 $p'$ 的運動功率曲線，由圖中顯示可知，該受測者A的活動分成運動前的靜態階段(例如坐下、站著不動或一般走動)、運動中的運動階段(例如開始踩飛輪、跑步或跳動等)以及運動後的停止運動階段(例如停止踩飛輪、跑步或跳動等)，圖5(b)是該累計運動功率模組23隨著時間增加持續累計該正規化運動功率 $p'$ 所產生的累計運動功率曲線。例如圖5(b)中顯示在第100秒處的累計運動功率是圖5(a)中前100秒的運動功率(該正規化運動功率 $p'$ )累積所產生。

【0051】另外，圖6所示是以一配戴在該受測者A身上的心率量測裝置(例如心率帶)量測到該受測者A在不同活動階段(運動前、運動中、運動後)的心率變化曲線，且對照圖5(b)和圖6可以發現累計運動功率曲線與心率變化曲線高度相關，亦即累計運動功率曲線會隨著該受測者A的實際心率變化而變化。且根據「Schneider, Christoph, et al. "Heart rate monitoring in team sports—a conceptual framework for contextualizing heart rate measures for training and recovery prescription." *Frontiers in physiology* (2018): 639.」該篇研究論文對於運動員在不同運動階段的心率表現分析，得知運動心率與連續運動期間的能量消耗呈線性相關，運動停止後，心率呈指數下降，因此，本實施例的該累計運動功率模組23透過短期加總運動功率，讓該心率預測模組

24根據累計運動功率即時地滾動調整預測心率的變化速度，將可加強下列狀況下預測心率的準確度：

【0052】(1)、激烈運動導致心跳急劇加快。

【0053】(2)、從運動狀態轉為靜止時，心跳會逐步下降，而不是斷層式下降。

【0054】藉此，接著，如圖1的步驟S4，該心率預測模組24根據該累計運動功率 $P$ 、該正規化距離 $D'$ 和該個人特徵產生一預測心率 $H$ ，並提供該預測心率 $H$ 給該心率校正模組25；具體而言，如圖7所示，該心率預測模組24包含一經過訓練的LSTM模型241，該LSTM模型241包含兩個由複數個串連的長短期記憶(ong Short-Term Memory，簡稱LSTM，RNN的一種)組成的LSTM層242和一全連接層243，該累計運動功率 $P$ 、該正規化距離 $D'$ 和該個人特徵輸入該LSTM模型241後，經由該等LSTM層242和該全連接層243進行特徵擷取相關處理後產生並輸出該預測心率 $H$ 。

【0055】具體而言，該經過訓練的LSTM模型241是採用上述「Gong, Jian, et al. "RF vital sign sensing under free body movement." *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* 5.3 (2021): 1-22.」該篇研究論文中提出的LSTM模型，且本實施例在訓練LSTM模型241的階段，將做為訓練樣本的該累計運動功率 $P$ 、該正規化距離 $D'$ 和該個人特徵及其對應的心率(期望值，由配戴在受測

者身上的心率量測裝置測得)輸入LSTM模型241，以訓練LSTM模型241學習根據輸入的該累計運動功率P、該正規化距離D'和該個人特徵輸出與相對應的心率相同或接近的預測心率。

【0056】此外，圖8(a)顯示該心率預測模組24預測該受測者A在靜(靜態階段)、動(運動中)、靜(運動後)之活動過程中的一心率(該預測心率H)變化曲線和由該心率量測裝置量測到的一心率變化曲線的對比，由圖8(a)顯示可知該心率預測模組24預測的該預測心率H雖與該心率量測裝置量測到的心率變化高度相關，但該預測心率H普遍大於實際量測到的心率而存在一段明顯的差距 $D_H$ 。

【0057】因此，如圖1的步驟S5所示，該心率校正模組25根據該靜態心率b校正該預測心率H而產生並輸出一校正後預測心率H'。具體而言，該心率校正模組25是以下列公式計算該校正後預測心率H'(H<sub>C</sub><sup>i</sup>)：

【0058】 (1)  $D_H = \overline{H'_S} - \overline{H'_R}$

【0059】 (2)  $H'_C = H'^i - q * D_H$

【0060】 其中

【0061】  $\overline{H'_S}$ 是該心率預測模組24預測之該受測者A在該靜態階段的平均心率，例如若該靜態階段是20秒，平均心率即為該心率預測模組24在該靜態階段預測的該預測心率H的平均值。

【0062】  $\overline{H'_R}$ 是該訊號轉換模組21計算之該受測者A在該靜態階段

的該靜態心率 $b$ 的平均心率。

【0063】  $H^i$ 是該心率預測模組24預測該受測者A在運動階段的該預測心率 $H$ 。

【0064】  $q$ 是誤差權重，其數值範圍是0.2-0.4。

【0065】 且如圖8(b)所示，該校正後預測心率 $H'$ 已相當貼近該心率量測裝置量測到的心率。

【0066】 綜上所述，上述實施例藉由使用累計運動功率 $P$ 做為該心率預測模組24的輸入參數之一，讓該心率預測模組24可以透過累計運動功率 $P$ 來滾動調整預測心率的變化速度，補強預測心率和運動功率的相關性，並藉由增加該距離 $D$ 和個人特徵做為該心率預測模組24的輸入參數，加強心率預測與該距離 $D$ 和個人特徵的相關性而優化心率預測，使該心率預測模組24的訓練結果和預測結果更好，且藉由使用運動前的靜態心率 $b$ 對預測心率進行校正，使整體預測誤差大幅下降，而達到更精準、全局的運動心率預測，確實達到本發明準確預測人體在運動狀態下的心率的功效與目的。

【0067】 惟以上所述者，僅為本發明之實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍，凡是依本發明申請專利範圍及專利說明書內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。

## 【符號說明】

## 【0068】

100：人體活動心率預測系統	226：One-Hot編碼單元
1：毫米波雷達	23：累計運動功率模組
2：電腦裝置	24：心率預測模組
21：訊號轉換模組	241：LSTM模型
22：特徵前處理模組	242：LSTM層
221：GRU層	243：全連接(FC)層
222：全連接(FC)層	25：心率校正模組
223：正規化層	S1~S5：步驟
224：Z-score正規化單元	A：受測者
225：Min-Max正規化單元	

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種人體活動心率預測方法，由一電腦裝置根據一毫米波雷達傳來的一偵測訊號預測一受測者的心率，該偵測訊號是該毫米波雷達偵測位於其偵測方向的該受測者的活動狀態所產生；該方法包括：

該電腦裝置的一訊號轉換模組根據收到的該偵測訊號運算而獲得該受測者與該毫米波雷達相距的一距離及該受測者的一心臟起伏變化資訊，並根據該心臟起伏變化資訊計算該受測者在運動前的一靜態階段的一靜態心率以及該受測者在運動階段的一運動功率，並提供該距離及該運動功率至該電腦裝置的一特徵前處理模組；

該特徵前處理模組對該距離及該運動功率進行正規化處理而產生一正規化距離及一正規化運動功率，並將該正規化距離提供給該電腦裝置的一心率預測模組，將該正規化運動功率提供給該電腦裝置的一累計運動功率模組；其中，該特徵前處理模組包含一經過訓練的GRU模型，該GRU模型包含一GRU層、一全連接層及一正規化層，該GRU層和該全連接層對該距離及該運動功率進行特徵擷取處理，並將產生的特徵資訊輸入該正規化層進行正規化而輸出該正規化距離及該正規化運動功率；

該累計運動功率模組持續累計收到的該正規化運動功率而產生並提供一累計運動功率至該心率預測模組；

該心率預測模組根據該累計運動功率和該正規化距離產生一預測心率，並提供該預測心率至該電腦裝置的一心率校正模組；及

該心率校正模組根據該靜態心率校正該預測心率而產生並輸出一校正後預測心率。

【請求項2】如請求項1所述的人體活動心率預測方法，其中該電腦裝置還提供該受測者的一個人特徵給該特徵前處理模組，該特徵前處理模組對該個人特徵進行正規化處理而產生並提供一正規化個人特徵給該心率預測模組，且該心率預測模組根據該累計運動功率、該正規化距離及該正規化個人特徵產生該預測心率。

【請求項3】如請求項2所述的人體活動心率預測方法，其中該個人特徵包含活動分數、體能分類、性別、年齡及身體質量指數至少其中之一。

【請求項4】如請求項1所述的人體活動心率預測方法，其中該心率預測模組包含一經過訓練的LSTM模型，該LSTM模型包含兩個LSTM層和一全連接層，該累計運動功率和該正規化距離輸入該LSTM模型後，經由該等LSTM層和該全連接層進行特徵擷取處理後產生並輸出該預測心率。

【請求項5】如請求項1所述的人體活動心率預測方法，其中該累計運動功率模組是以下列公式計算該累計運動功率  $Move Curve_t$ ：

$$Move Curve_t = \sum_{i=1}^t Power_i * m_i ; \text{其中}$$

$Power_i$ 是該正規化運動功率；

第2頁，共6頁(發明申請專利範圍)

$m_i$ 是不同運動階段的權重，{運動前, 運動中, 運動後} = {0, 1, -1}。

【請求項6】如請求項1所述的人體活動心率預測方法，其中該心率校正模組是以下列公式計算該校正後預測心率  $H_C^i$ ：

$$(1) D_H = \overline{H'_S} - \overline{H'_R}$$

$$(2) H_C^i = H'^i - q * D_H$$

其中

$\overline{H'_S}$ ：該心率預測模組預測之該受測者在該靜態階段的平均心率；

$\overline{H'_R}$ ：該訊號轉換模組計算之該受測者在該靜態階段的該靜態心率的平均心率；

$H'^i$ ：該心率預測模組預測的該預測心率；

$q$ ：誤差權重。

【請求項7】一種人體活動心率預測系統，用以預測一受測者的心率，並包括：

一毫米波雷達，其偵測位於其偵測方向的該受測者的活動狀態並對應產生和輸出一偵測訊號；及

一電腦裝置，其與該毫米波雷達電連接，以接收該毫米波雷達輸出的該偵測訊號，且該電腦裝置包括一訊號轉換模組、一特徵前處理模組、一累計運動功率模組、一心率預測模組及一心率校正模組；其中

該訊號轉換模組根據該偵測訊號運算而獲得該受測者與該毫米波雷達的一距離及該受測者的一心臟起伏變化資訊，並根據該心臟起伏變化資訊計算該受測者在運動前的一靜態階段的一靜態心率以及該受測者在運動階

段的一運動功率，並提供該距離及該運動功率給該特徵前處理模組；

該特徵前處理模組對該距離及該運動功率進行正規化處理而產生一正規化距離及一正規化運動功率，並將該正規化距離提供給該心率預測模組，將該正規化運動功率提供給該累計運動功率模組；其中，該特徵前處理模組包含一經過訓練的GRU模型，該GRU模型包含一GRU層、一全連接層及一正規化層，該GRU層和該全連接層對該距離及該運動功率進行特徵擷取處理，並將產生的特徵資訊輸入該正規化層進行正規化而輸出該正規化距離及該正規化運動功率；

該累計運動功率模組持續累計收到的該正規化運動功率而產生並提供一累計運動功率給該心率預測模組；

該心率預測模組根據該累計運動功率和該正規化距離產生一預測心率，並提供該預測心率給該心率校正模組；

該心率校正模組根據該靜態心率校正該預測心率而產生並輸出一校正後預測心率。

**【請求項8】** 如請求項7所述的人體活動心率預測系統，其中該電腦裝置還提供該受測者的一個人特徵給該特徵前處理模組，該特徵前處理模組對該個人特徵進行正規化處理而產生並提供一正規化個人特徵給該心率預測模組，且該心率預測模組根據該累計運動功率、該正規化距離及該正規化個人特徵產生該預測心率。

第4頁，共6頁(發明申請專利範圍)

【請求項9】 如請求項8所述的人體活動心率預測系統，其中該個人特徵包含活動分數、體能分類、性別、年齡及身體質量指數至少其中之一。

【請求項10】 如請求項7所述的人體活動心率預測系統，其中該心率預測模組包含一經過訓練的LSTM模型，該LSTM模型包含兩個LSTM層和一全連接層，該累計運動功率和該正規化距離輸入該LSTM模型後，經由該等LSTM層和該全連接層進行特徵擷取處理後產生並輸出該預測心率。

【請求項11】 如請求項7所述的人體活動心率預測系統，其中該累計運動功率模組是以下列公式計算該累計運動功率  $Move\ Curve_t$ ：

$$Move\ Curve_t = \sum_{i=1}^t Power_i * m_i \quad ; \text{ 其中}$$

$Power_i$ 是該正規化運動功率；

$m_i$ 是不同運動階段的權重，{運動前, 運動中, 運動後} = {0, 1, -1}。

【請求項12】 如請求項7所述的人體活動心率預測系統，其中該心率校正模組是以下列公式計算該校正後預測心率  $H_C^i$ ：

$$(1) D_H = \overline{H'_S} - \overline{H'_R}$$

$$(2) H_C^i = H'^i - q * D_H$$

其中

$\overline{H'_S}$ ：該心率預測模組預測之該受測者在該靜態階段的平均心率；

$\overline{H'_R}$ ：該訊號轉換模組計算之該受測者在該靜態階段的該靜態心率的平均心率；

$H^i$ : 該心率預測模組預測的該預測心率；

$q$ : 誤差權重。

**【請求項13】** 一種電腦可讀取的記錄媒體，其中儲存一包含一訊號轉換模組、一特徵前處理模組、一累計運動功率模組、一心率預測模組及一心率校正模組的程式軟體，該程式軟體被一電腦裝置載入並執行後，該電腦裝置能完成如請求項1至6其中任一項所述的人體活動心率預測方法。

## 【發明圖式】



圖 1

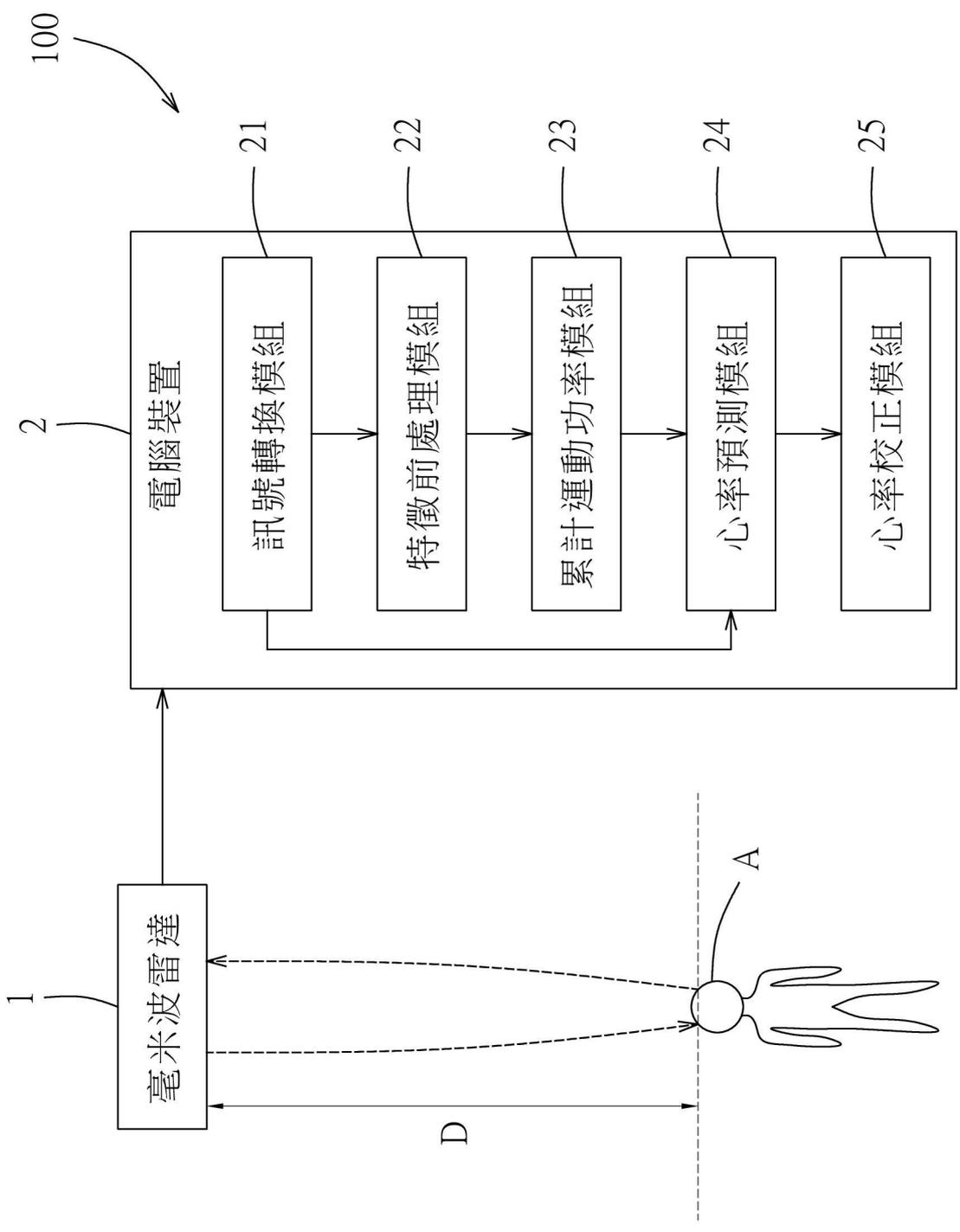


圖 2

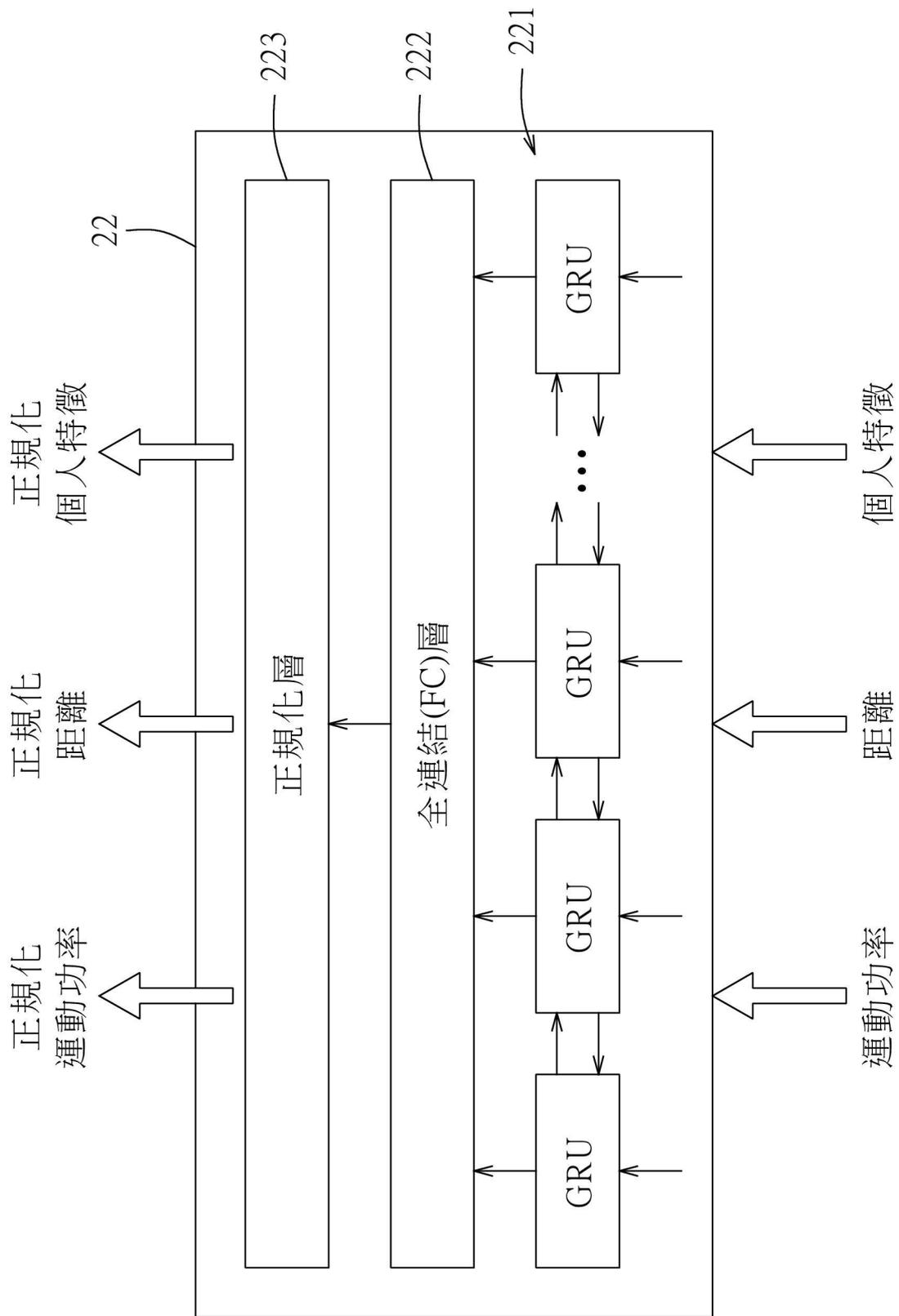


圖 3

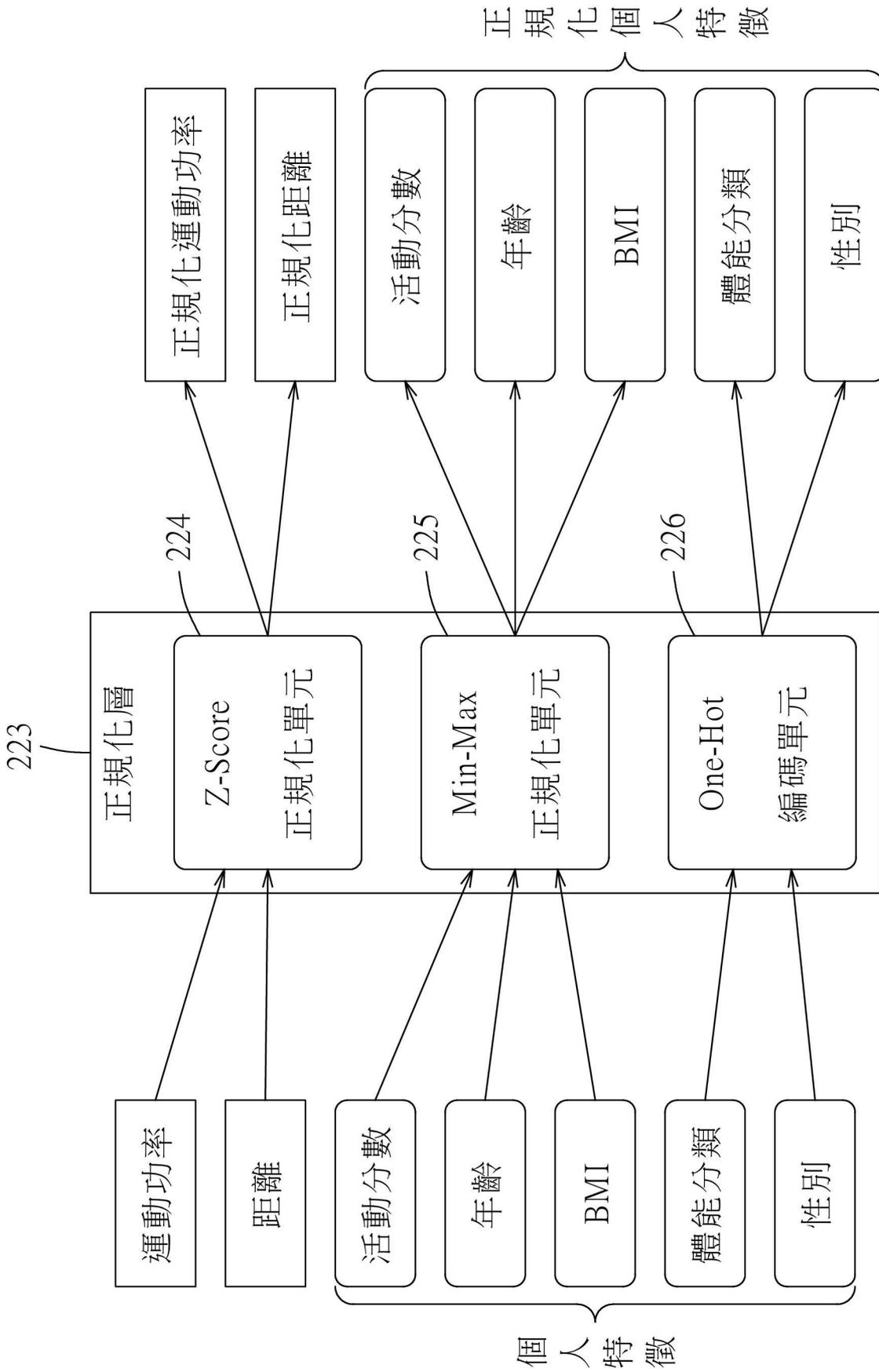


圖 4

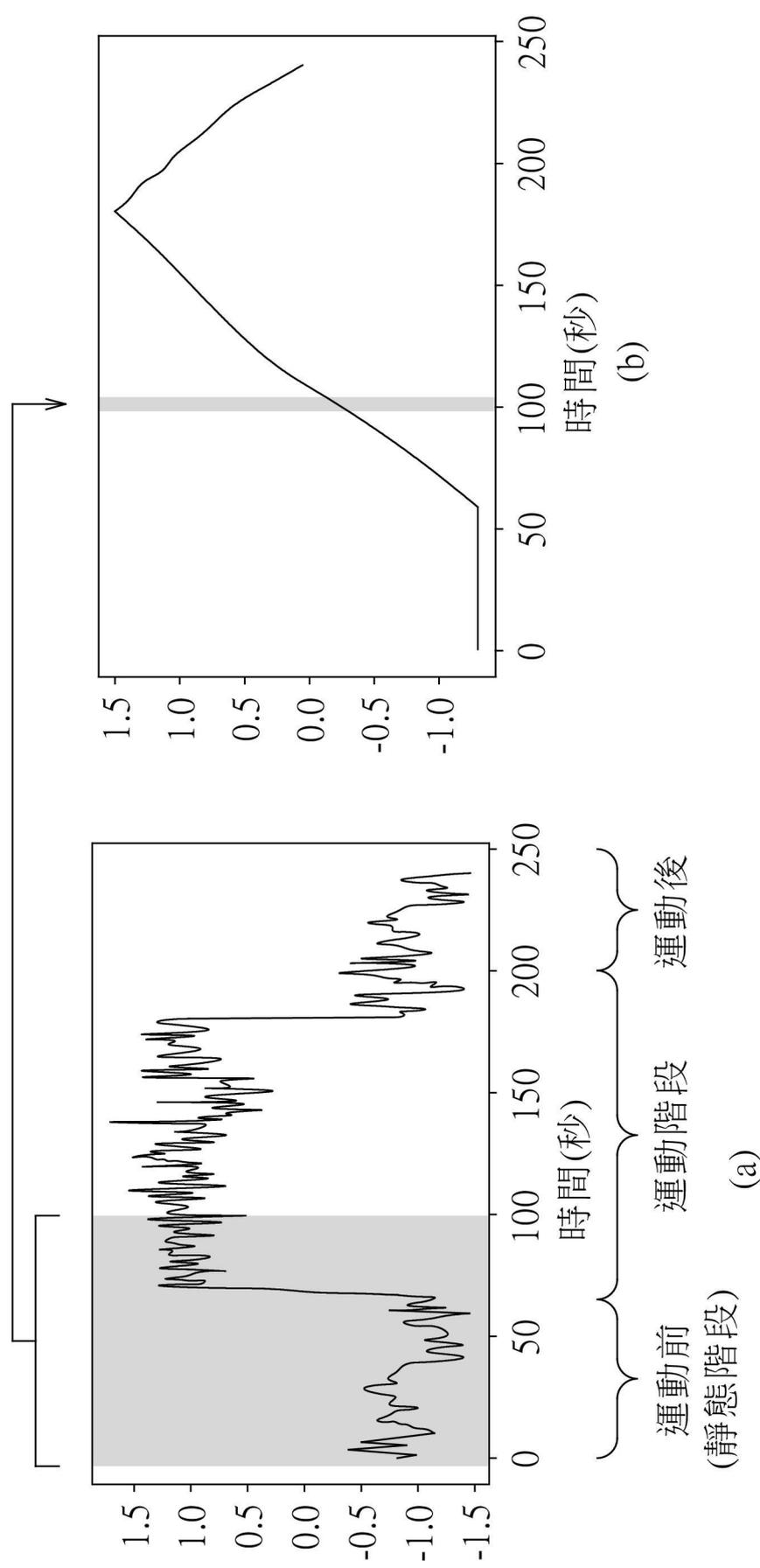


圖 5

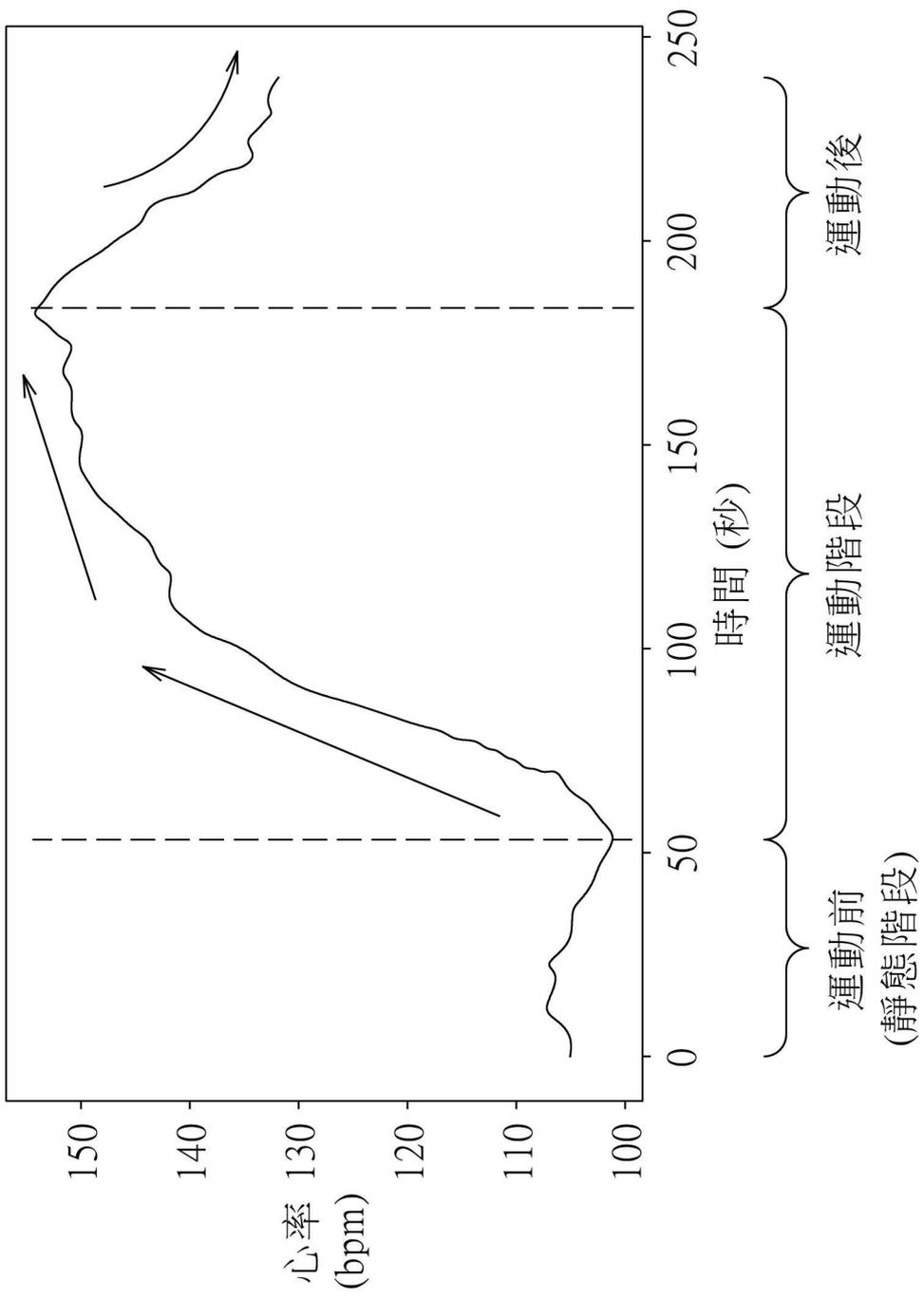


圖 6

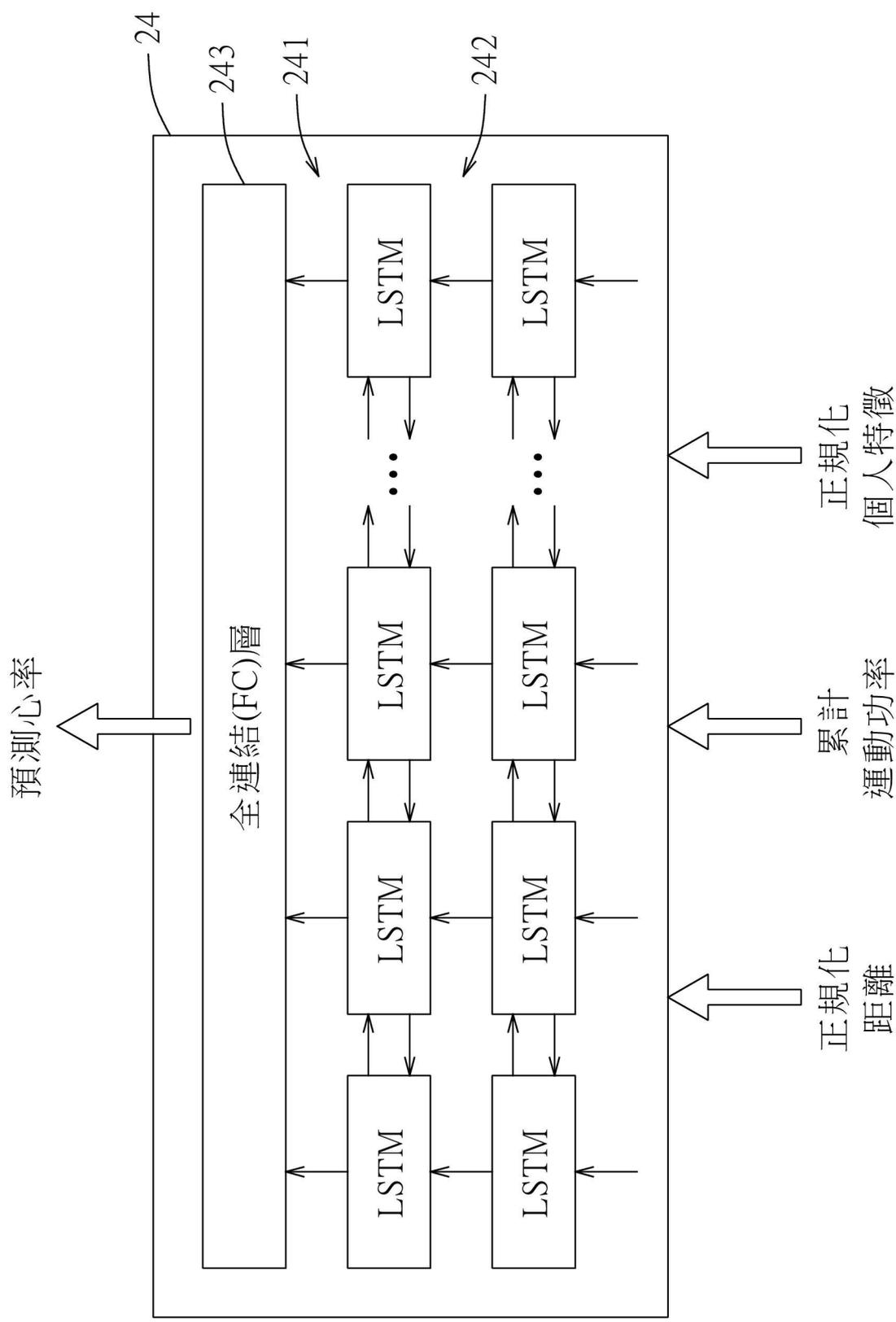
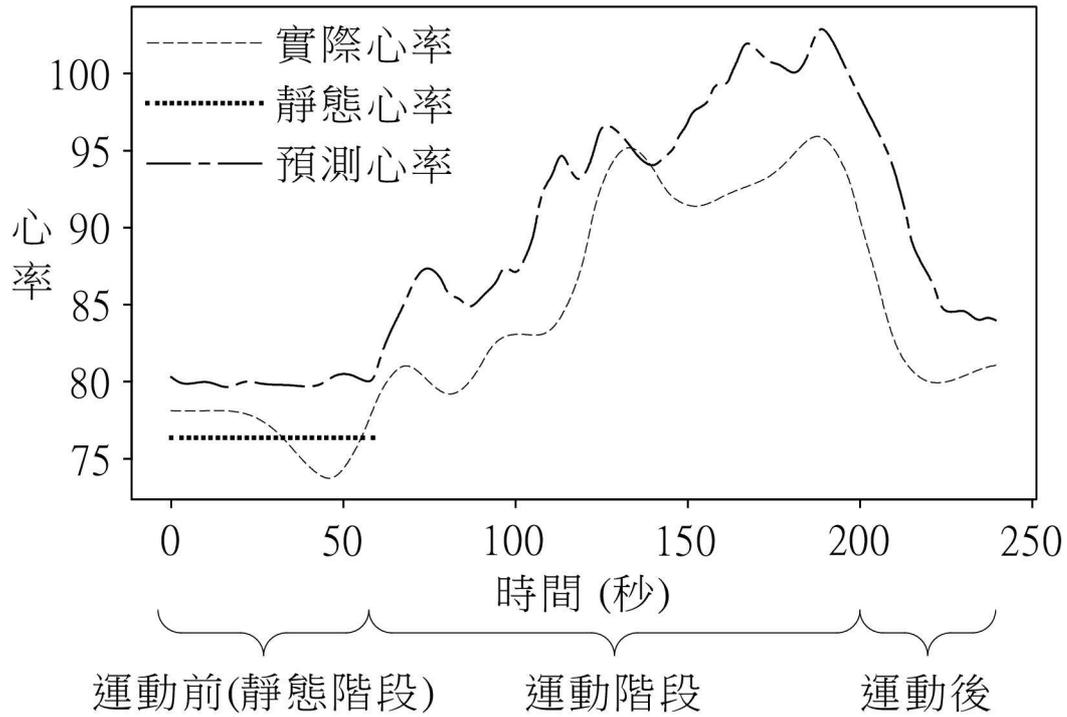


圖7



(a)  
↓ 校正後

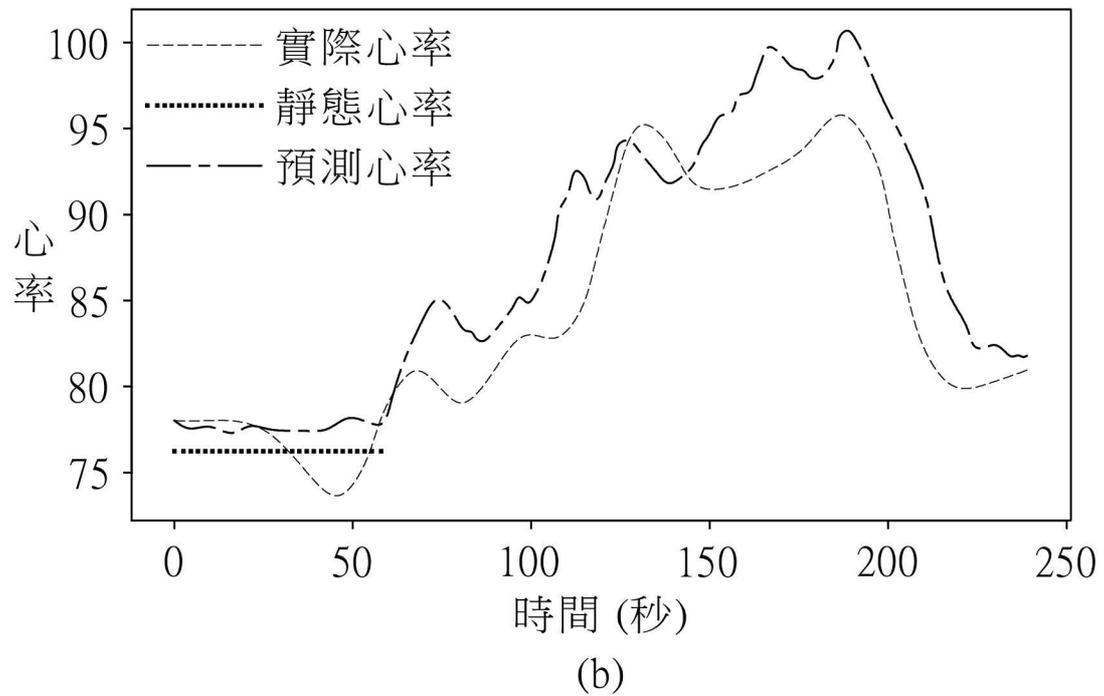


圖 8