

長榮大學資訊工程學系畢業專案實作

以藍牙實作居家照護系統

HomeCare

專案編號： CJCU-CSIE-PRJ-2010-11
執行期間： 98年10月16日至99年11月14日
專案參與人員： 林誼、李則陽、鄭淳陽、謝宗育、蔡智名
指導老師： 黃詒琳博士

中文摘要

現在科技與醫療的進步使得人類年齡不斷的上升，台灣的老年人口數更是逐年提高，而獨居老人在發生意外的當下無法立即做處理，錯失了第一時間的幫助，所以政府及民間團體對老人的照護更是不遺餘力，有越來越多的研究單位投身老人照護相關的研究。另外對於病患或一般的受測者，有線傳輸的測量設備會使得使用者的行動遭受限制，效率也很低，所以無線傳輸在近年來更是受到大家的親睞，原因就在於它省去了纏繞的實體線路，讓使用者可以在容許的範圍內隨意移動。再者，Wii 遊戲機的風行可見一般大眾對於自我的健康管理有一定程度的重視，而隱藏在背後的科技更是掀起一波研究熱潮。基於此，本專案的研究將使用可穿戴式的無線設備測量病患或一般受測者的生理訊號，由穿戴式的無線設備傳回使用者的心跳與三軸加速度並由後端資訊系統進行判斷受測者是否發生心跳異常與跌倒事件；當有了上述資訊後便可以透過電腦來判別生理訊號異常或是跌倒事件的發生，如有需要便可以發出警訊請相關人員來做處理。

關鍵字:藍牙、三軸加速度、類神經網路、心跳偵測、跌倒偵測

英文摘要

In Taiwan, the old generation is going up year by year, if old men who live w/o family company together, they won't be known how to handle the accident once happened, this way we will be lost the first chance to help them. Nowadays, our government and personal society is focus on home care to old people, more and more home care way come out. From the researches, especially from wireless development is preferable, the reason is wireless does not need to wear the wire around of user body, the user can move to anywhere. This is very flexible. Base on above, this project is based on the symbol from one simple equipment from user, the computer to take the symbol to determine if any unusual condition on heartbeat, also the computer can know whether the user fall down or not, if there is any unusual condition, the computer will send the alert message to the person who live near the family, friend or medical care personnel to take care.

Keywords: Bluetooth , three-axis Acceleration , Neural Networks , Heartbeat

Detection , fall detection

一、 緣由與目的

網路的發明帶給人們便利，人們的食、衣、住、行、育與樂都離不開網路，網路的發展始終沒有停下腳步，近幾年來網路技術的發展突飛猛進，網路相關應用也陸續推出。網路可分為有線網路與無線網路，有線網路從早期的 10Mbps 發展到後來的 10Gbps，而 100Gbps 的研究也正在進行中，速度的提升帶動了人們工作效率的提升。但人們開始思考有沒有方法可以讓人們不受有線線材的牽絆也能得資料傳輸的目的？無線網路就在此需求中被發展出來。無線網路的優點在於它不以實體線路為傳輸媒介，如此人們的工作範圍與行動性將不受限制，工作效率可以更加提升。現在的醫療設備大都使用有線網路傳輸病患的生理訊號以及測量數據，使得病患、醫師與一般的測量者在行動方面遭遇限制，如此有線網路似乎不符合需求。

而無線網路當中，以紅外線、IEEE802.11b、HomeRF、藍芽為主，紅外線傳輸距離短，802.11b 適用於企業辦公室內的區網環境，HomeRF 應用於家庭中的各種家電設備之間的連結，藍芽則可廣泛適用於任何以無線傳輸方式替代有線連接的場合。

根據經建會的資料顯示台灣因為少子女化與高齡化的趨勢，預估扶養比將由民國 97 年的 37.8% 增加至民國 145 年的 91.2%，其中扶老比由民國 97 年的 14.4% 增加至民國 145 年的 71.8%，顯示出老人問題已日益嚴重，而與子女同住的比例逐年下降，使得獨居老人問題必須嚴肅看待及面對，台灣的獨居老人有以下之型態，65 歲以上、單獨居住或 65 歲以上夫妻同住、

子女無法常伴左右、無人照顧、無照顧契約關係者，皆屬獨居老人。

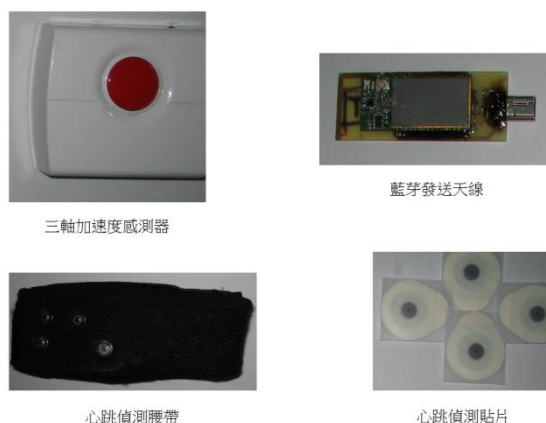
根據行政院衛生署的資料顯示老人跌倒盛行率由 1999 年的 18.7% 增加至 2005 年的 20.5%。且同一時期，跌倒者當中跌倒兩次的比例由 14.0% 增加至 17.7%。且邱淑媿等(1993)研究發現，近三十年來跌倒是造成台灣地區老人因為事故死亡的第二大原因，僅次於交通事故。

本專案的研究將著重在以無線的方式取代有線，病患或一般的測量者穿戴一些無線設備，這些無線設備可以測量心跳生理訊號，且搭配三軸加速度感測器來做跌倒偵測，這些無線設備再將訊號傳送至電腦來計算並判斷是否發生異常，如有異常便可以立即發出警訊給家屬或醫療單位來做處理。

本專案在未來期望也能與其他無線技術做搭配，不僅被動地觀測受測者的生理訊號是否正常，更可主動提供個人健康管理的建議。

二、 使用器材與系統架構

如圖一所示為本專案所使用的器材：



圖一. 使用器材

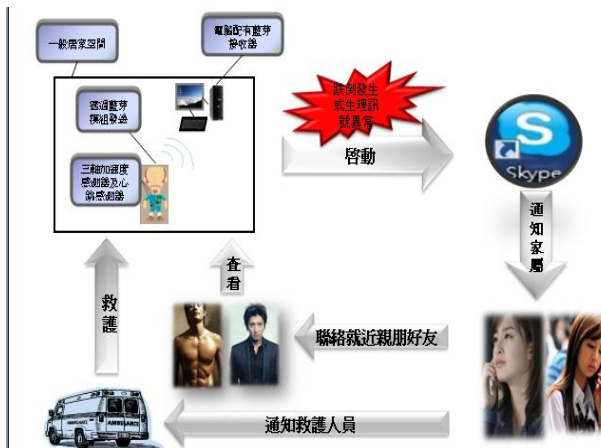
使用者穿戴貼有心跳偵測貼片的心跳偵測腰帶於腰部上，再把三軸加速度感測器利用磁鐵吸附於腰帶上，之後把藍芽發送天線安裝於三軸加速度感測器上，其心跳訊

號以及三軸加速度訊號皆是由三軸加速度感測器這個儀器透過藍芽發送天線送出，如圖二所示為使用者穿戴圖：



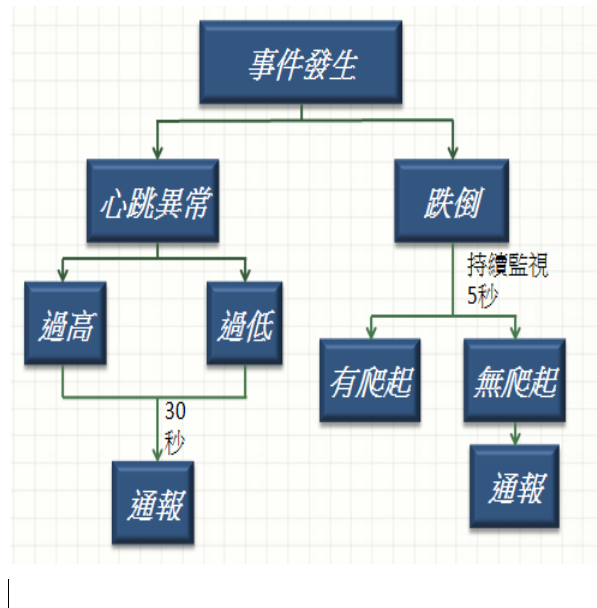
圖二. 使用者穿戴圖

如圖三所示為本專案的系統架構圖：



圖三. 系統架構圖

在一般居家空間中，使用者穿戴心跳偵測腰帶以及三軸加速度感測器於身上，透過藍芽無線傳輸方式將使用者的心跳訊號以及三軸加速度數據傳送給電腦端，電腦端分別監控心跳訊號以及三軸加速度數據來判斷使用者有無心跳異常或跌倒發生，如有異常即會透過 skype 以簡訊方式通知家屬，之後家屬可以連絡附近親友或通知醫護人員前往察看。如圖四為本專案設計的通報流程：

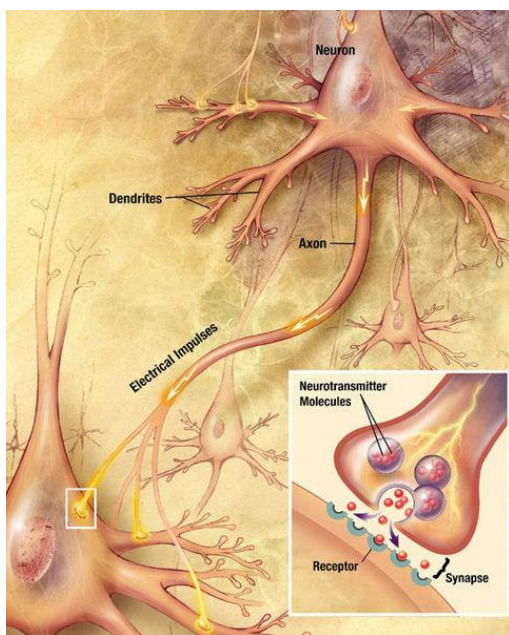


圖四. 通報流程

事件發生可以分成心跳異常和跌倒發生，心跳異常部分本專案設計當使用者的每分鐘心跳數超過該使用者年齡的上限以及下限值一分鐘後即發出通知，如在一分鐘內回復正常，就繼續監視；至於跌倒方面，當偵測到跌倒發生時，本專案會繼續監視儀器所傳回的三軸加速度數據，如偵測到使用者有爬起動作時，代表沒有立即危險，繼續保持監視，偵測到跌倒發生，本專案會經過 5 秒之後開始監視使用者有無爬起動作，如使用者沒有爬起動作的話，代表使用者可能有立即性的危險，便立刻發出通知。

三、文獻回顧與探討

在(羅華強著(民 90 年)，類神經網路-Matlab 的應用，清蔚科技，新竹，頁 1-5)中提到生物神經網路如圖五所示：

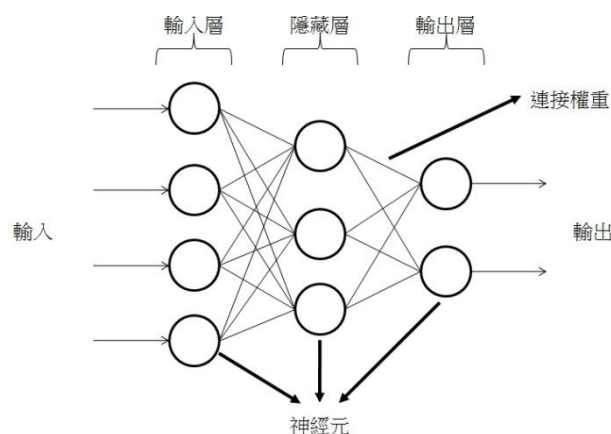


圖五. 生物神經元

當外界有了刺激(比方說光、電、熱、聲等等的刺激)透過感官器官轉換成電的訊號，之後進入神經細胞，在神經元內這個輸入訊號經由突觸間內部電位變化後，透過樹突傳送至細胞本體，再由軸突傳送到樹突，成為下一個神經元的輸入訊號，在突觸的電位變化就是決定刺激強度的地方。所以可以把樹突看作是細胞的輸入路徑，透過細胞本體間許許多多聯絡的突觸來接受周圍細胞本體所傳出的訊號，並決定刺激強度，之後透過軸突輸出，所以軸突可以看成是細胞本體的輸出路徑。引用 Robert Hecht-Nielsen(1990)對類神經網路所下的定義是：

“類神經網路是一種計算系統，由許多高度連結的節點(或處理單元)所組成，用來處理資訊並對外部的輸入以網路動態來回應”

所以類神經網路是人類發明出來用來模仿生物神經網路，圖六是一個類神經網路架構圖：

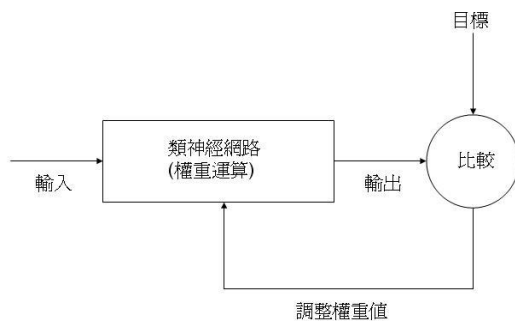


圖六. 類神經網路架構圖

數個神經元組成一層，再由層和層的串聯組成網路，普遍有三層，分別是輸入層、隱藏層和輸出層；輸入層的功用是將訊號傳送至類神經網路，在輸入層中的神經元一般可以分為兩種，第一種的輸入層神經元有權重值和偏移值，並具有轉換函數，第二種輸入層神經元只是接收輸入變數，並將值傳遞至下一層，不具有運算的功能，輸入層神經元個數依問題而定；隱藏層接受輸入層的訊號，對訊號進行處理，一般來說並沒有明確的公式可以推導出隱藏層神經元的個數和層數，可以只有一層或無限多層，也可以沒有隱藏層，依據問題複雜度、網路大小、精確度、硬體需求等等，但是在 1993 年 Hush 和 Horne 指出，使用兩層隱藏層並在各個隱藏層中使用較少神經元可取代只有一層隱藏層並具有大量神經元；另外在隱藏層神經元個數方面，隱藏層中具有少量神經元誤差將會很大，較多神經元雖然可以達到較小的誤差但會造成網路收斂速度很慢，且如果太多反而對誤差減少沒有幫助，只是增加計算的時間量而已，經前人的研究指出，在確定隱藏層神經元的個數有兩種方法，第一是在 1998 年由 Abrahart 等人提出的網路修剪法(pruning algorithm)，此方法是先設定大量的隱藏層神經元個數，再逐一減少，直到適當的隱藏層神經元個數，第二種方

法是在 1997 年由 Kwok 和 Yeung 提出的網路增長法(constructive algorithm)，此方法是先設定少量的隱藏層神經元個數，再逐一增加，直到誤差達容忍範圍為止；輸出層則是接收網路處理後的訊號，並將結果傳送出去，輸出層神經元個數依問題而定。

一個類神經網路要能夠解決問題必須先經過訓練，就像生物神經系統一樣，當訓練學習時，透過改變各個突觸的電位變化來決定刺激強度的大小；類神經網路也是如此，透過不斷的訓練來修正各個神經元的連接權重，連接權重就是決定刺激強度。如圖七所示為訓練類神經網路與調整權重值的流程圖：



圖七. 訓練類神經網路與調整權重值的流程圖在訓練方法方面有分五種，分別是：

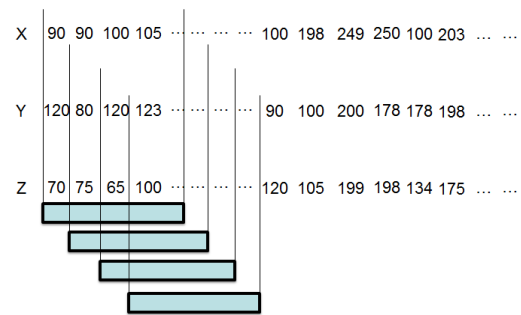
1. 監督式學習網路
2. 無監督式學習網路
3. 混合式學習網路
4. 聯想式學習網路
5. 最適化學習網路

監督式學習中，是使用許多輸入/目標對來訓練網路，其又有分批次方式和逐次方式，批次方式是指根據整組輸入來修改權重值，逐次方式是指根據每一個提供的輸入來修改權重值。

四、 研究方法及步驟

本專案所使用的儀器會傳送使用者的心跳訊號以及三軸加速度數值，因某一瞬間的三軸加速度數值不足以也不容易判別

跌倒是否發生，並且跌倒為一連續性動作，要如何讓這些三軸加速度值產生關連？要如何實作出一個偵測方法？基於類神經網路可以透過學習來解決問題以及可以有許多個輸入的特性，所以本專案使用類神經網路來實作偵測方法。本專案設計以一定數量的三軸加速度值當作類神經網路的輸入，本專案以 X、Y 和 Z 軸三個方向的加速度數值為一組，當新的一組三軸加速度值進來時就把舊的一組三軸加速度值推出，有如一個滑動視窗，接著送入類神經網路，如此可以讓這些加速度值彼此之間產生關聯，其概念如圖八所示：



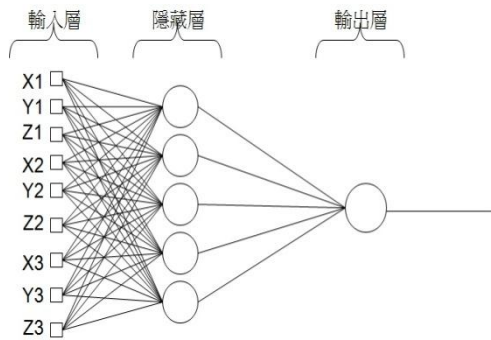
圖八. 滑動視窗

圖中滑動視窗大小為取 n 組當作類神經網路的輸入，所以類神經網路的輸入總共有 3n 個輸入，依據前人經驗，隱藏層神經元個數並沒有確切的公式可以遵循，故本專案採用以下式子來求出隱藏層神經元的個數：

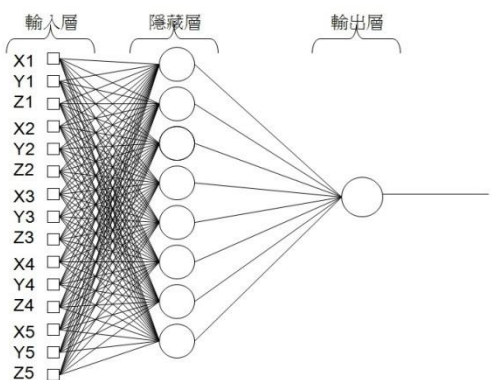
$$\frac{(\text{輸入個數} + \text{輸出個數})}{2} = \text{隱藏層神經元個數} \quad \text{式一.}$$

在以下所探討的網路架構中，其輸出層皆為一個神經元，輸出值中接近 1 代表有跌倒，接近 0 代表非跌倒；隱藏層神經元均採用對數雙彎曲轉換函數，讓各神經元的輸出可以介於 0 到 1 之間，本專案先設計隱藏層為一層，探討當類神經網路的輸入是以 3 組、5 組和 7 組時，哪一種的類神經網路可以得到較佳的判斷結果，其餘參數

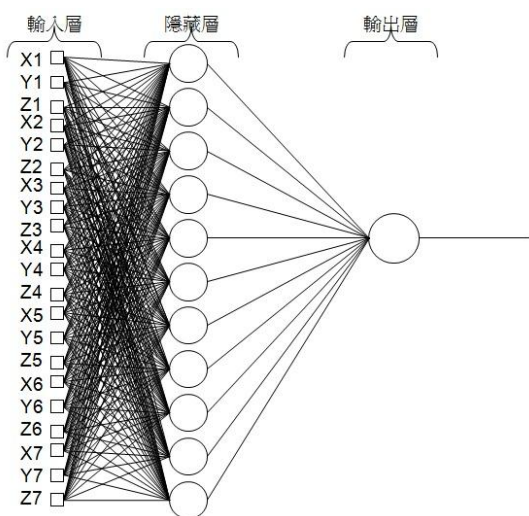
設定方面，本專案設定最大訓練循環次數為 1000 次，訓練用數據是請兩位同學測得蹲下、行走、坐下和跌倒作為訓練用數據，本專案目前收集 29 個訓練用數據，測試各個網路的好壞方面則是請另一位同學測得蹲下、行走、坐下和跌倒作為測試範例，圖九到圖十一為當隱藏層為一層時各個網路的架構圖：



圖九. 以三組三軸數據為輸入的網路架構



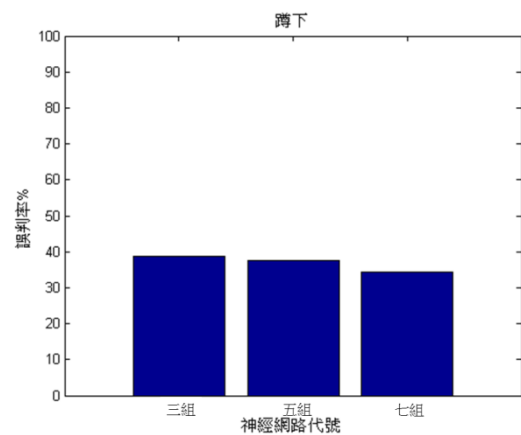
圖十. 以五組三軸數據為輸入的網路架構



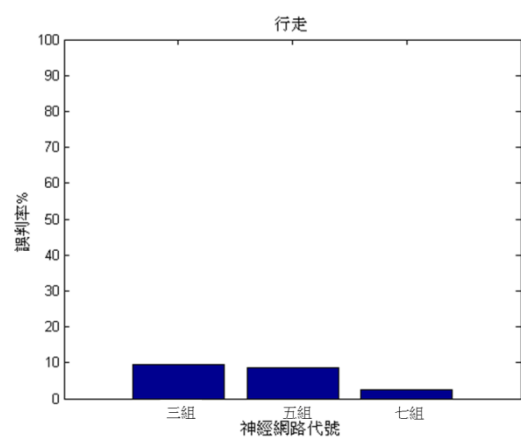
圖十一. 以七組三軸數據為輸入的網路架構

圖九中是以 3 組三軸數據當作輸入($3*3=9$ 個輸入)，有 1 個輸出，根據式一可以得到隱藏層神經元個數為 5 個；圖十中是以 5 組三軸數據當作輸入($5*3=15$ 個輸入)，有 1 個輸出，根據式一可以得到隱藏層神經元個數為 8 個；圖十一中是以 7 組三軸數據當作輸入($7*3=21$ 個輸入)，有 1 個輸出，根據式一可以得到隱藏層神經元個數為 11 個。

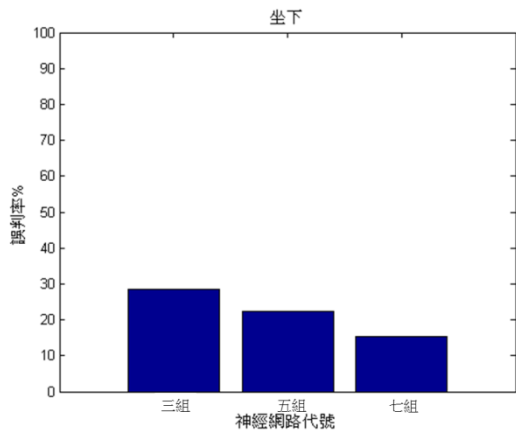
完成以上三個網路的訓練後，接下來本專案分別以蹲下、行走、坐下和跌倒範例做測試，得到的結果如圖十二到十五所示：



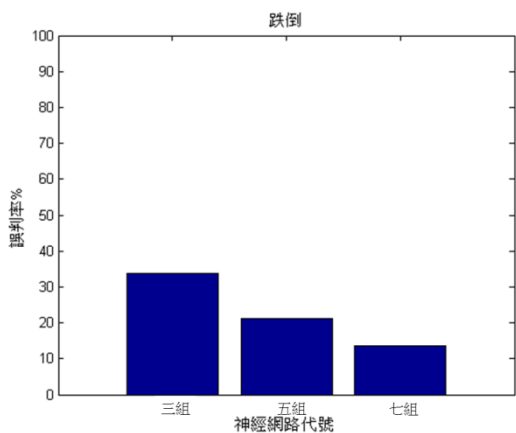
圖十二. 蹲下測試範例



圖十三. 行走測試範例



圖十四. 坐下測試範例

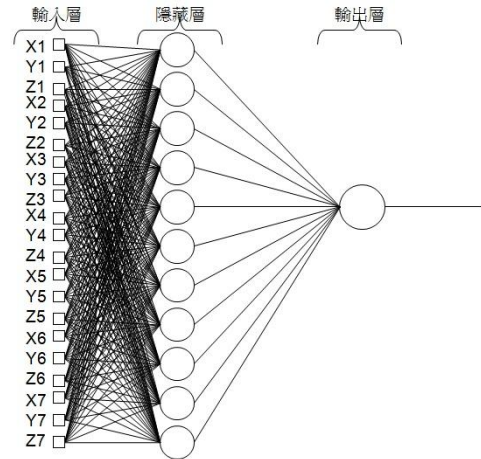


圖十五. 跌倒測試範例

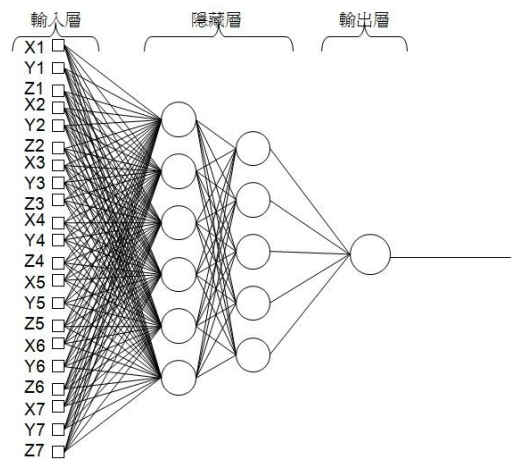
之前本專案提到了滑動視窗的概念，當新的一組三軸數據進來時就把較舊的一組三軸數據推出，之後送入類神經網路判斷，本專案設計類神經網路所計算出來的值小於0.5代表沒有跌倒，大於0.5代表有跌倒，所以圖十二到圖十五的誤判率是根據測試範例中許多滑動視窗透過類神經網路計算，如果是沒有跌倒的範例，計算出來的值都要小於0.5，所以本專案紀錄大於0.5的個數再除以測試範例中類神經網路總共的計算次數，之後換算成百分比就得到誤判率。由實驗結果中可以發現當隱藏層為一層時，輸入是以七組三軸加速度數據時表現是最好的，接下來本專案將針對這一個以七組輸入，隱藏層為一層的網路架構探討在相同隱藏層神經元個數下，隱藏層分成一層、

二層和三層的網路中哪一個表現最佳。

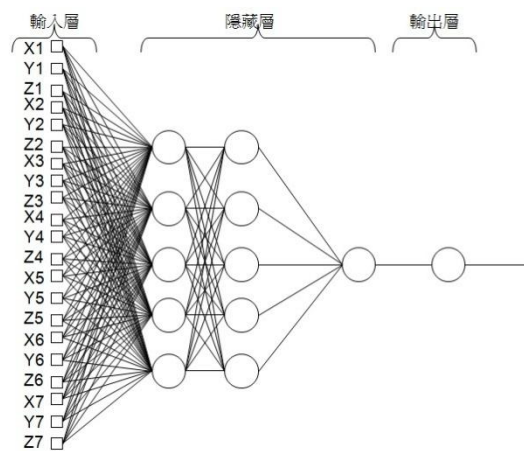
圖十六到圖十八為以七組輸入，相同隱藏層神經元個數下將隱藏層分為一層、二層和三層的類神經網路架構圖：



圖十六. 一層隱藏層



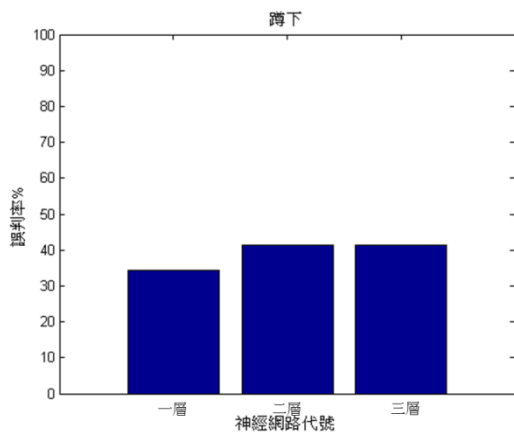
圖十七. 二層隱藏層



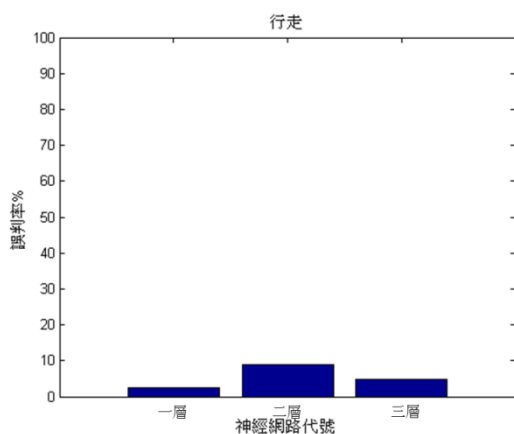
圖十八. 三層隱藏層

本專案分層的方法是盡量將各層隱藏層的神經元個數設成一樣，圖十七的網路架構中第一層隱藏層有 6 個神經元，第二層隱藏層有 5 個神經元，隱藏層神經元個數總共有 11 個；圖十八的網路架構中第一層隱藏層有 5 個神經元，第二層隱藏層有 5 個神經元，第三層隱藏層有 1 個神經元，隱藏層神經元個數總共有 11 個。其訓練方式也是利用前述的 29 個訓練用數據做訓練，其餘參數設定也是和前述探討一層隱藏層時相同。

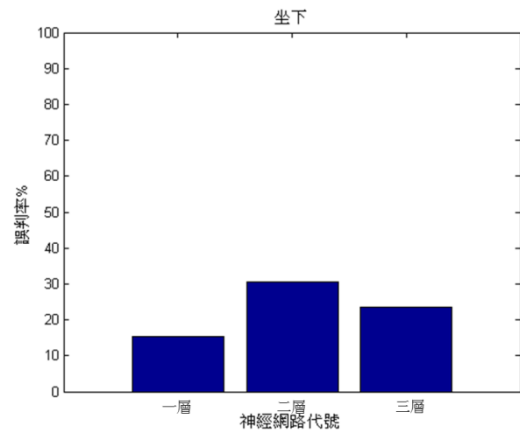
完成三個網路的訓練後，本專案也以相同的測試範例做測試，得到的結果如圖十九到圖二十二所示：



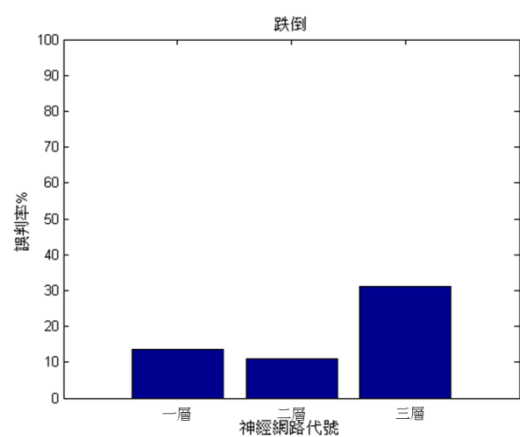
圖十九. 蹲下測試範例



圖二十. 行走測試範例



圖二十一. 坐下測試範例



圖二十二. 跌倒測試範例

由結果中可以發現，在相同 7 組三軸數據輸入，相同隱藏層神經元個數下，在本專案的案例中，當類神經網路是一層時表現是最好的，所以本專案將採用以七組輸入 (7*3=21 個輸入)，隱藏層為一層，隱藏層神經元個數有 11 個的類神經網路來做跌倒判斷。

在得知使用者發生跌倒之後，接下來本專案會偵測使用者是否有爬起的動作，爬起偵測部分本專案利用標準差算法計算數據的離散程度，當標準差較大時表示大部分的數值和其平均值之間差異較大，由此可知使用者的移動幅度變大。標準差計算公式如式二所示：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N x_i^2 \right) - \mu^2}$$

式二.

本專案經十幾組資料觀察，完全靜態標準差範圍約在 3~4 之間，一般靜態稍有雜訊約為 3~6 之間，而爬起時約在 6.5~13 之間，為避免誤差及雜訊，故定義爬起範圍在 7~15 之間。經判斷為跌倒之後，每 30 筆資料數據計算一次標準差，這邊也利用滑動視窗的概念，當新的一組三軸數據進來時就把較舊的一組數據推出，之後計算標準差。判斷有爬起的步驟為跌倒後先閒置 5 秒之後啟動計算標準差，如果在跌倒後的 10~15 秒之內標準差數值範圍在 7~15 之間則視為有爬起之可能。

五、參考文獻

- [1]洪甘錠、邱瑞科, RFID 結合影像分析於老人跌倒之研究, 南臺灣資訊科技與應用研討會論文, 2007
- [2]王婉真、田純綺, 加速度技應用於小型跌倒通報系統, 南台科技大學, 電機工程學系實務專題, 2009
- [3]曾永進, 以藍芽為基礎的無線可攜式心電圖量測系統, 逢甲大學, 自動控制工程研究所碩士論文, 2005
- [4]許宏駿, 以個人數位助理(PDA)為基礎之可穿戴式跌倒即時監測系統, 逢甲大學, 自動控制工程研究所碩士論文, 2004
- [5]林睿澂, 意外報知系統, 崑山科技大學, 數位生活科技研究所碩士論文, 2009
- [6]林詠勝, 架構於 ZigBee 協定的生物環境無線感測網路監控系統, 臺灣大學, 生物產業機電工程學研究所碩士論文, 2007
- [7]林瑞豐, 長時間作業現場監測之可攜式資料記錄器研製, 朝陽科技大學, 工業工程與管理系碩士班碩士論文, 2001
- [8]涂振彬, 建立高齡者生活品質之網際網路電信照護資訊環境, 臺中健康暨管理學院, 電腦與通訊學系碩士班碩士論文, 2005
- [9]黃俊喬、蔡東穎、劉德明, 遠距居家照護之跌倒昏迷偵測系統研究, 陽明大學, 生物醫學資訊研究所研討會論文, 2008
- [10]http://www.2cm.com.tw/coverstory_content.asp?sn=1001180010, 新通訊元件雜誌-封面故事-偵測人身跌落創新意 MEMS 感測器另闢監控應用
- [11]Visual C# 2008 學習範本, 吳明哲、何珮琪、張志成、何嘉益、周家旬, 文魁, 2009
- [12]NET 通訊介面開發與應用, 董士偉、林明璋、洪才庭, 松崗, 2009
- [13]藍芽技術解說, 杉浦彰彥, 全華
- [14]無線藍芽技術, 禹帆, 文魁
- [15]藍芽科技之初探, 鄭詠文, 高雄縣中山工商
- [16]藍芽—無線連結技術, 林尚翰、洪嘉陽、張耘家, 台北市立內湖高工
- [17]<http://www.ieee.org/portal/site>, IEEE
- [18]<http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=Wikipedia:%E9%A6%96%E9%A1%B5&variant=zh-tw>, 維基百科-藍芽
- [19]http://www.fepc.com.tw/magazine/09608/09608_%E6%B7%BA%E8%AB%87%E5%BF%83%E6%82%B8%E8%88%87%E5%BF%83%E5%BE%8B%E4%B8%8D%E6%95%B4.htm?sno=82, 劉宇浚醫師, 淺談心悸與心律不整, 遠東聯合診所 心臟內科
- [20]1974-90 年間台灣地區老年人口意外災害死亡及潛在生命損失之分析, 邱淑媿、曹昭懿、王榮德 (1993)。
- [21]中華民國臺灣 97 年至 145 年人口推計報告, 行政院經濟建設委員會
- [22]MATLAB 程式設計與應用, 沈志忠、張聖明, 全華圖書, 2009
- [23]類神經網路模式式應用與實作, 葉怡成, 儒林, 2009
- [24]類神經網路—MATLAB 的應用, 羅華強, 高立, 2008
- [25]張志華, 人工類神經網路簡介

[26]黃詒琳、陳怡良、詹寶珠，使用模組化類神經網路偵測跌倒

[27]陳艷星，倒傳遞類神經網路法於烏山頭水庫壩體滲流量觀測值分析之研究，成功大學，水利及海洋工程研究所碩士論文，2007

[28]<http://zh.wikipedia.org/zh-hk/%E6%A8%99%E6%BA%96%E5%B7%AE>，維基百科-標準差