

國立中央大學

資訊工程學系  
碩士論文

基於深度學習之嬰兒危險監測系統

A Deep-learning-based Danger Monitoring System  
for Infants

研究生：王佳君

指導教授：蘇木春 博士

中華民國一百一十一年六月

# 國立中央大學圖書館學位論文授權書

填單日期： 111 / 06 / 30

2019.9 版

授權人姓名	王佳君	學 號	109522116
系所名稱	資訊工程學系碩士班	學位類別	<input checked="" type="checkbox"/> 碩士 <input type="checkbox"/> 博士
論文名稱	基於深度學習之嬰兒危險偵測系統	指導教授	蘇木春

## 學位論文網路公開授權

授權本人撰寫之學位論文全文電子檔：

- 在「國立中央大學圖書館博碩士論文系統」.

( V ) 同意立即網路公開

( ) 同意 於西元\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日網路公開

( ) 不同意網路公開，原因是：\_\_\_\_\_

- 在國家圖書館「臺灣博碩士論文知識加值系統」

( V ) 同意立即網路公開

( ) 同意 於西元\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日網路公開

( ) 不同意網路公開，原因是：\_\_\_\_\_

依著作權法規定，非專屬、無償授權國立中央大學、台灣聯合大學系統與國家圖書館，不限地域、時間與次數，以文件、錄影帶、錄音帶、光碟、微縮、數位化或其他方式將上列授權標的基於非營利目的進行重製。

## 學位論文紙本延後公開申請 (紙本學位論文立即公開者此欄免填)

本人撰寫之學位論文紙本因以下原因將延後公開

- 延後原因

( ) 已申請專利並檢附證明，專利申請案號：

( ) 準備以上列論文投稿期刊

( ) 涉國家機密

( ) 依法不得提供，請說明：\_\_\_\_\_

- 公開日期：西元\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

※繳交教務處註冊組之紙本論文(送繳國家圖書館)若不立即公開，請加填「國家圖書館學位論文延後公開申請書」

研究生簽名：\_\_\_\_\_ 指導教授簽名：\_\_\_\_\_

\*本授權書請完整填寫並親筆簽名後，裝訂於論文封面之次頁。

國立中央大學碩士班研究生

論文指導教授推薦書

資訊工程 學系/研究所 王佳君 研究生所

提之論文 基於深度學習之嬰兒危險偵測系統 係

由本人指導撰述，同意提付審查。

指導教授\_\_\_\_\_ (簽章)

111 年 06 月 30 日

國立中央大學碩士班研究生  
論文口試委員審定書

資訊工程 學系/研究所 王佳君 研究生所  
提之論文 基於深度學習之嬰兒危險偵測系統 經  
本委員會審議，認定符合碩士資格標準。

學位考試委員會召集人 \_\_\_\_\_

委 員 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

中 華 民 國      111      年      06      月      30      日

# 基於深度學習之嬰兒危險監測系統

## 摘要

嬰兒照護者在照顧嬰兒時，可能發生無法隨時關注嬰兒狀態的情形，使得嬰兒因溢奶、翻身、趴睡等情形，致使呼吸不順而發生憾事。

又因現有產品多用感測器偵測嬰兒狀態，功能單一且多有使用限制，便利性不佳。

因此，本論文提出基於深度學習技術，專注於嬰兒影像畫面進行臉部遮擋及姿勢辨識之危險偵測系統：利用 ResNet50 網路訓練模型，以分析嬰兒臉部是否遭異物遮蔽及辨識四種基礎姿勢：正躺、趴躺、坐姿及站立。

兩部分之辨識精確度皆達 98%。

故當系統輸入嬰兒影片時，可透過模型辨識嬰兒的姿勢可能處於危險狀態或臉部遭異物遮擋，則可即時警示照護者。

由於目前未有公開之嬰兒資料集，故本文中所使用的嬰兒照片皆為網路圖片及影片進行擷取並前處理而成。

**關鍵字：**嬰兒危險偵測, 嬰兒臉部辨識, 深度學習, 嬰兒猝死症

# A Deep-learning-based Danger Monitoring System for Infants

## Abstract

When taking care of the infant, the baby caregiver may not be able to pay attention to the status of the baby at any time, which may cause the infant to suffer from unpleasant breathing due to overflowing milk, turning over, sleeping on the stomach, etc.

In addition, the existing products use multiple sensors to detect the state of the infant, which has a single function and many restrictions on use, resulting in poor convenience.

Therefore, this paper proposes a danger detection system based on deep learning technology, focusing on face occlusion and gesture recognition of baby images: The ResNet50 network is used to train the model to analyze whether the infant's face is obscured by foreign objects and recognize four basic postures: lying, lying on the stomach, sitting and standing.

The recognition accuracy of both parts is 98%.

Therefore, when the system inputs a infant video, the model can recognize that the infant's posture may be in a dangerous state or the face is covered by a foreign object, and the caregiver can be immediately alerted.

Since there is currently no public infant data set, the infant photos used in this article are all captured and pre-processed from online pictures and videos.

**Keywords:** Infant danger detection, Infant face detection, Deep learning, Sudden infant death syndrome

# 誌謝

就讀碩士班期間，接受了很多人的幫助與鼓勵，非常感謝這兩年的所有時光。

首先，感謝蘇木春老師的指導，在研究上給予了我很多的方向與教學，讓我能在碩士期間獲益良多；也感謝蘇老師很信任學生，讓我在這兩年得以很好的妥善規劃時間。

接著，感謝實驗室的每位成員，讓我在 CILAB 擁有這麼珍貴的回憶。感謝佳菁、小花、熙琪、小烏龜，處理實驗室繁忙的事務，讓我們可以有這麼舒適的研究環境；感謝威任學長、偉倫學長，在研究中提供了很多想法，讓我在研究中能有更明確的方向；感謝子謙學長、政育學長、映如學姊、書仔學姊，在我有疑惑的時候，解答了許多的問題，帶領我們熟悉實驗室的生活；感謝鈞翔、昌翰、逸星、奕蘋、詩勻，交流彼此的意見與想法，讓我能激發出更多不同的思維；感謝智穎、景豐、季劫、譽鈞、姿瑩，一起參與了許多實驗室的事務，讓所有活動及計畫得以完成。

最後，也感謝我的家人、朋友、愛人以及我自己，在不同的人生階段中一起度過，給予我非常多的支持與幫助，而得以逐漸成長為一位更成熟的個體。



# 目錄

	頁次
摘要	iv
Abstract	v
誌謝	vii
目錄	viii
一、緒論	1
1.1 研究動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 論文架構 .....	2
二、相關研究	3
2.1 嬰兒猝死症 .....	3
2.2 嬰兒偵測系統 .....	3
2.2.1 穿戴式偵測 .....	3
2.2.2 影像式偵測 .....	3
2.3 殘差網路 .....	4
2.4 面部辨識 .....	4
2.4.1 DeepFace .....	4
2.4.2 FaceNet .....	4

<b>三、</b>	<b>研究方法</b>	<b>5</b>
3.1	系統流程介紹 .....	5
3.2	臉部遮擋辨識 .....	6
3.2.1	資料集前處理 .....	7
3.2.2	資料集詳細介紹 .....	7
3.2.3	模型訓練 .....	10
3.3	姿勢辨識 .....	10
3.3.1	資料集分類定義 .....	10
3.3.2	模型訓練 .....	13
<b>四、</b>	<b>實驗設計與結果</b>	<b>14</b>
4.1	臉部辨識實驗 .....	14
4.1.1	模型訓練結果 .....	14
4.1.2	實驗評估方式 .....	14
4.1.3	實驗結果分析 .....	15
4.2	奶嘴辨識實驗 .....	15
4.2.1	模型訓練結果 .....	15
4.2.2	實驗設計 .....	15
4.2.3	實驗評估方式 .....	15
4.2.4	實驗結果分析 .....	16
4.3	臉部遮擋辨識實驗 .....	16
4.3.1	實驗設計 .....	16
4.3.2	實驗評估方式 .....	16
4.3.3	實驗結果分析 .....	16
4.4	姿勢分類實驗 .....	17
4.4.1	模型訓練結果 .....	17
4.4.2	實驗設計 .....	17
4.4.3	實驗評估方式 .....	17

4.4.4	實驗結果分析 .....	18
4.5	影片危險偵測實驗 .....	18
4.5.1	實驗設計 .....	18
4.5.2	實驗評估方式 .....	19
4.5.3	實驗結果分析 .....	19
<b>五、</b>	<b>結論與未來展望</b>	<b>20</b>
5.1	結論 .....	20
5.2	未來展望 .....	20

# 圖目錄

	頁次
3.1 系統流程圖 . . . . .	6
3.2 嬰兒臉部無遮蔽 . . . . .	8
3.3 嬰兒臉部遮蔽物為奶嘴 . . . . .	8
3.4 嬰兒臉部遭異物遮擋 . . . . .	9
3.5 嬰兒正躺姿勢 . . . . .	11
3.6 嬰兒趴躺姿勢 . . . . .	11
3.7 嬰兒坐姿姿勢 . . . . .	12
3.8 嬰兒站立姿勢 . . . . .	13
4.1 臉部辨識訓練結果 . . . . .	14
4.2 奶嘴辨識訓練結果 . . . . .	15
4.3 誤判影像：真實類別為安全，但預測為警示 . . . . .	16
4.4 姿勢辨識訓練結果 . . . . .	17
4.5 嬰兒姿勢辨識之混淆矩陣 . . . . .	18

# 表目錄

頁次

# 一、緒論

## 1.1 研究動機

在嬰兒照護時，難免發生照顧者視線離開嬰兒的情形，如：泡奶、做飯、上廁所等，無法百分之百關注嬰兒的各種行為，而若此時嬰兒發生溢奶、物品遮蓋口鼻、自行翻身或站立等情形，對嬰兒具危險性而可能導致憾事發生。

根據衛生福利部統計處所發布的嬰兒主要死因統計 [1] 中，101 年至 105 年間每年至少 30 位嬰兒死於嬰兒猝死症候群 (Sudden infant death syndrome, 簡稱 SIDS)，106 年至 109 年雖死亡數減少，但每年仍有超過 20 位嬰兒因此逝世，為嬰兒十大死亡原因之一。

三軍總醫院對於嬰兒猝死症的說明為：一個原本無異狀的嬰兒，突然且無法預期的死亡，常發生在嬰兒睡眠時，並在事後的屍體解剖檢查中找不到其真正致死原因。凡未滿一歲的嬰幼兒皆可能發生，其中二至四個月時期尤為常見，亦可能發生在嬰兒出生一兩周內。然而，目前對於嬰兒猝死症的成因仍不清楚，綜合醫界目前相關因素的研究中，包含了嬰兒因溢奶或嘔吐產生呼吸道緊縮反射及憋氣，或因翻身、趴睡致使呼吸困難，而窒息死亡等原因。

國內外有許多為自動化監測嬰兒狀態之研究，大多透過感測器來量測嬰兒之特定危險狀態，這些監測方式具單一性，若欲增加其他功能則須裝設更多的感測器，不僅可能影響嬰兒之活動，亦可能產生更多潛在的危險性，如：嬰兒誤食裝置、裝置纏繞嬰兒等。

因此，我們認為直接透過攝影機拍攝嬰兒影像畫面，辨識嬰兒狀態以進行危險偵測，不但能同時偵測多種不同危險情境，亦可以減少干擾嬰兒行為，並免除更多的潛在危險。

## 1.2 研究目的

本研究利用 ResNet50 進行嬰兒動作及臉部遮擋之辨識，且透過 DeepFace 演算法前處理嬰兒影像以擷取嬰兒臉部影像畫面，而得以對嬰兒進行危險偵測。

本研究預計達成以下目標：

- 針對嬰兒姿勢，判斷嬰兒是否處於趴睡或站立姿勢，而有潛在危險發生。
- 針對嬰兒臉部，判斷嬰兒是否因嘔吐物、毛巾等外物遮蓋其口鼻，而可能使嬰兒發生窒息危機。

## 1.3 論文架構

本論文分為五個章節，其架構如下：

第一章、緒論，敘述本論文之研究動機、研究目的及論文架構。

第二章、相關研究，敘述嬰兒猝死症之定義及現有研究，並探討近年嬰兒偵測之相關研究、深度學習模型架構及面部辨識網路。

第三章、研究方法，說明本研究之詳細內容，如：資料集之分類定義及前處理、以及完整系統之流程說明。

第四章、實驗設計與結果，說明實驗設計內容以及評估方法，並對於實驗結果進行探討。

第五章、結論與未來展望，對於研究結果進行總結，並討論研究的未來展望。

## 二、 相關研究

### 2.1 嬰兒猝死症

嬰兒猝死症 嬰兒猝死症

### 2.2 嬰兒偵測系統

現有自動化監測嬰兒之研究中，多以感測器量測嬰兒狀態，以達到降低嬰兒猝死症的潛在風險。

#### 2.2.1 穿戴式偵測

心率、呼吸頻率、體溫、身體位置或方向、睡眠姿勢、周圍的一氧化碳濃度、呼出的二氧化碳濃度的變化

#### 2.2.2 影像式偵測

1. 計算呼吸頻率
2. 面部 (眼睛) 特徵 (OpenCV - Haar-Like Features)
3. 面部被遮擋 (multitask Bayesian deep learning)(1. facial occlusion, 2. facial cover, 3. eye openness, and 4. five-point facial landmark detection)
4. 嬰兒面朝下趴著睡 (CNN)(1. back sleeping, 2. changing from one position to another, and 3. sleeping in a stomach)



## 2.3 殘差網路

ResNet50 ResNet50

## 2.4 面部辨識

### 2.4.1 DeepFace

DeepFace DeepFace

### 2.4.2 FaceNet

FaceNet FaceNet

## 三、 研究方法

### 3.1 系統流程介紹

本論文所開發之嬰兒危險偵測系統，其針對嬰兒影像畫面進行識別，以判斷嬰兒是否處於危險狀態，而須提醒照護者。

系統之完整流程為：首先，輸入一段待觀測之嬰兒影片，將影片切成數幀影像，若此影像存在，則開始進行危險偵測；每幀待偵測之影像畫面，將針對嬰兒之臉部是否遮擋及姿勢分別進行辨識，若透過模型分析為警示狀態，則再經後續步驟判斷是否提醒照護者；而若分析為安全狀態，則可接續下一幀之影像進行偵測。

詳細之系統流程圖，請見圖 3.1。

而本系統中，兩核心模型之辨識步驟如下：(1) 嬰兒臉部遮擋辨識：先將嬰兒畫面擷取出僅含臉部範圍之影像，再透過嬰兒臉部遮擋模型判斷嬰兒臉部是否遭異物遮擋，並辨識遮蔽物是否為奶嘴，則可得出嬰兒臉部是否遭異物遮擋，而須警示照護者；(2) 嬰兒姿勢辨識：將嬰兒影像透過嬰兒姿勢模型進行辨識，判斷嬰兒為安全姿勢：正躺或坐姿，或為具危險性的姿勢：趴躺或站立，若辨識為具危險性的姿勢則需警示照護者。

此二部分辨識之詳細方法，將於第四章及第五章進行介紹。

在實際情境中，由於嬰兒做出危險行為時，持續一段時間才會導致危險的發生，因此我們不須判斷一張畫面為警示狀態，就立即通知照護者。故本系統使用一變數累積結果為警示之幀數，當此變數超過一定值

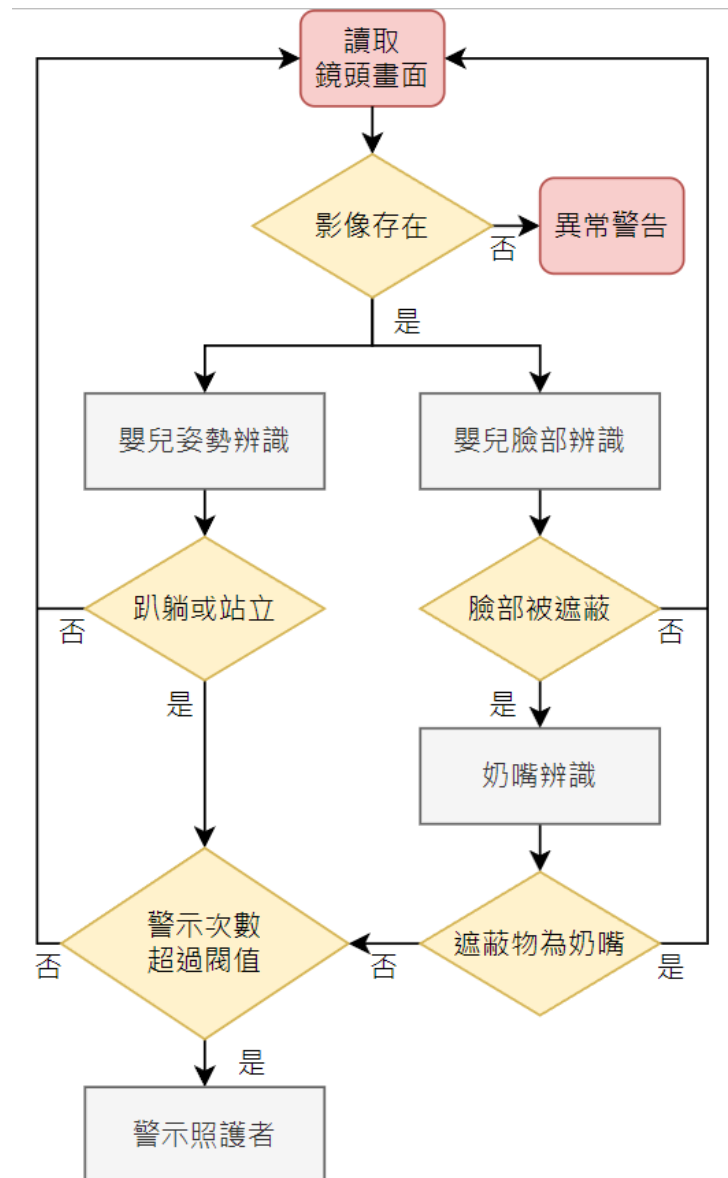


圖 3.1: 系統流程圖

時，系統才會真正發出警示，提醒照護者須注意嬰兒之狀態。此步驟不但更符合實際使用情境，同時亦可減少因模型辨識錯誤而誤判的情況。

## 3.2 臉部遮擋辨識

如前言所述，目前醫界對於嬰兒猝死症之相關因素研究中，判斷嬰兒臉部是否遭遮蔽，將有助於降低嬰兒猝死症風險。

此外，亦有研究發現嬰兒使用奶嘴，對於預防嬰兒猝死症有幫助，

故我們會將嬰兒使用奶嘴之情形排除。

本文對於嬰兒臉部遮擋分成兩步驟辨識：首先，判斷嬰兒臉部是否有異物，若臉部無異物則判斷為安全，反之則為警示；若判斷為後者，則會接續判斷此遮蔽物是否為奶嘴，若為非奶嘴之異物，將須警示照護者。

### 3.2.1 資料集前處理

由於此部分辨識僅關注嬰兒臉部影像，故我們先將收集到的嬰兒畫面透過 Deepface 演算法 `taigmanDeepFace2014` 進行前處理，以獲得只涵蓋嬰兒臉部影像之資料集。

### 3.2.2 資料集詳細介紹

我們會將嬰兒影像分為無遮蔽、有遮蔽但遮蔽物為奶嘴及有遮蔽但遮蔽物非奶嘴，前兩類判斷為安全，最後一類則為警示狀態。

對於臉部遮擋資料集之三項分類介紹如下：

(1) 安全：嬰兒臉部五官未被遮擋，如圖 3.2。

(2) 臉部遮蔽物為奶嘴：嬰兒正在使用奶嘴為安全狀態，如圖 3.3。

(3) 臉部遮蔽物非奶嘴：嬰兒臉部被嘔吐物、溢奶或其他外物遮蔽，可能造成窒息危險，如圖 3.4。

嬰兒臉部資料集包含嬰兒之正臉及側臉，共 7461 張照片，我們將其分為訓練、測試及預測集，各部分占比為 70%、20% 及 10%。



圖 3.2: 嬰兒臉部無遮蔽

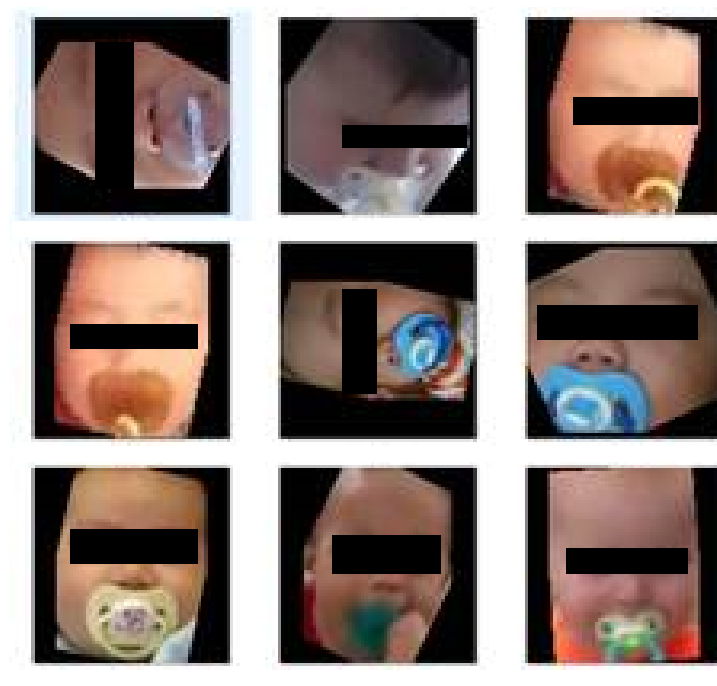


圖 3.3: 嬰兒臉部遮蔽物為奶嘴



圖 3.4: 嬰兒臉部遭異物遮擋

### 3.2.3 模型訓練

使用 ResNet50 網路訓練臉部遮擋模型與奶嘴辨識模型，訓練回合數皆為 20。

## 3.3 姿勢辨識

承前言所述，除了臉部遮蔽可能造成嬰兒猝死症外，嬰兒做出不適當的姿勢也常為危險發生之原因，如：嬰兒側躺或趴睡時，因頸部肌肉較弱等原因，無力自行將臉移開，造成呼吸困難而窒息死亡；或者當嬰兒自行站立，而有可能爬落嬰兒床等，亦可能使嬰兒處於危險情境中。

### 3.3.1 資料集分類定義

在實際情況下，嬰兒姿勢多變且不固定，而有些動作則需要時間資訊才得以判斷，如：從正躺移至趴躺或坐姿時，會做出側躺、翻身的動作；從趴躺移至坐姿或站立時，嬰兒的著地點有可能包含手掌、手肘、膝蓋或腳掌等。

一開始我們將姿勢辨識分為五類，分別為正躺、趴躺、爬行、坐姿及站立，而其中趴躺及爬行兩類常有互相誤判的結果。推測原因為動作分類過細，而導致辨識錯誤率較高。

故最終本論文將嬰兒基礎姿勢分成四類，包含了正躺（腹面朝上）、趴躺（腹面朝下）、坐姿及站立，以供辨識嬰兒大部分之姿勢。

對於此四項姿勢之詳細分類定義為：

(1) 正躺：嬰兒腹部面朝上，背部貼於水平面，而頭部及手腳位置不限，如圖 3.5。

(2) 趴躺：嬰兒腹部面朝下，包含趴著或爬行等多動作，而頭部及手腳位置不限，如圖 3.6。

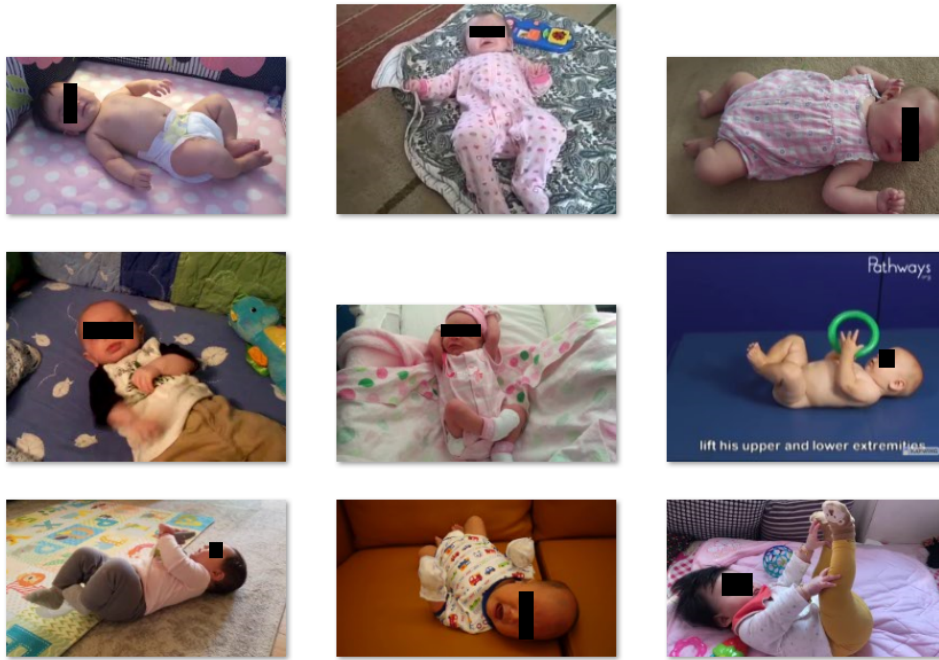


圖 3.5: 嬰兒正躺姿勢



圖 3.6: 嬰兒趴躺姿勢

(3) 坐姿：嬰兒屁股部位貼於水平面，而背部未貼於同一平面，頭部及手腳位置不限，如圖 3.7。

(4) 站立：嬰兒腳掌貼於水平面，且腹部和背部皆未平行於此水平



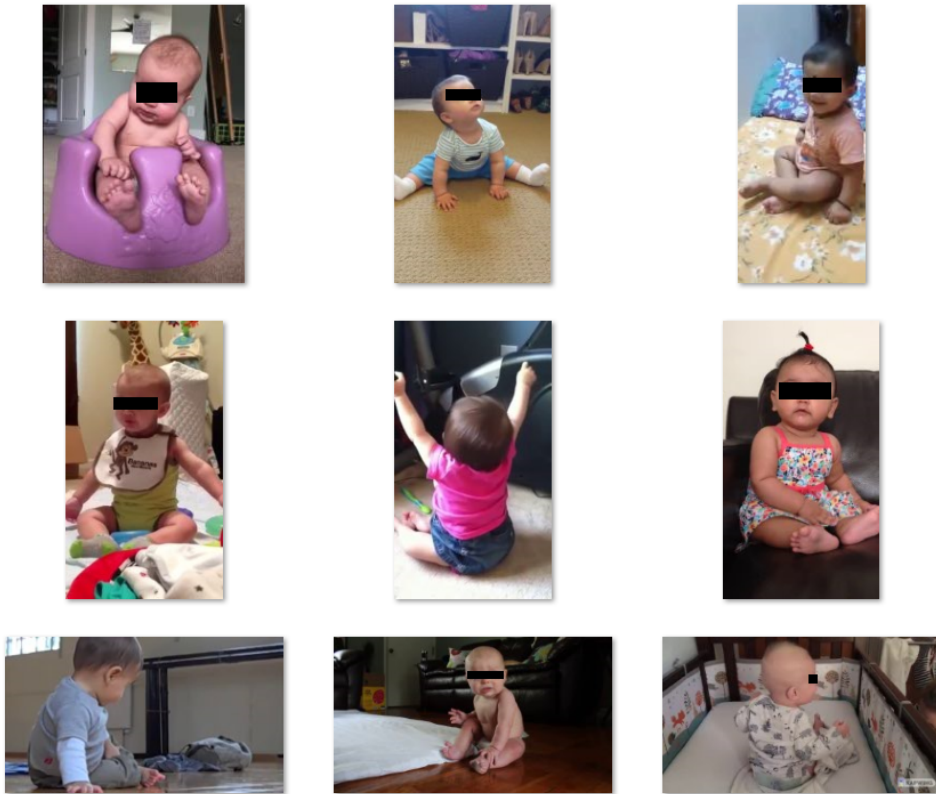


圖 3.7: 嬰兒坐姿姿勢

面，而頭部及手部位置不限，如圖 3.8。

而為了能有較廣泛的使用情境，所收集的嬰兒影像不限定拍攝視角，包含俯視、平視等，共 15416 張照片。並將資料集分為訓練、測試及預測集，各部分占比為 70%、25% 及 5%。



圖 3.8: 嬰兒站立姿勢

### 3.3.2 模型訓練

使用 ResNet50 網路訓練嬰兒姿勢辨識模型，訓練回合數為 20。

## 四、實驗設計與結果

### 4.1 臉部辨識實驗

#### 4.1.1 模型訓練結果

準確率達 98%，詳細訓練結果請見圖 4.1。

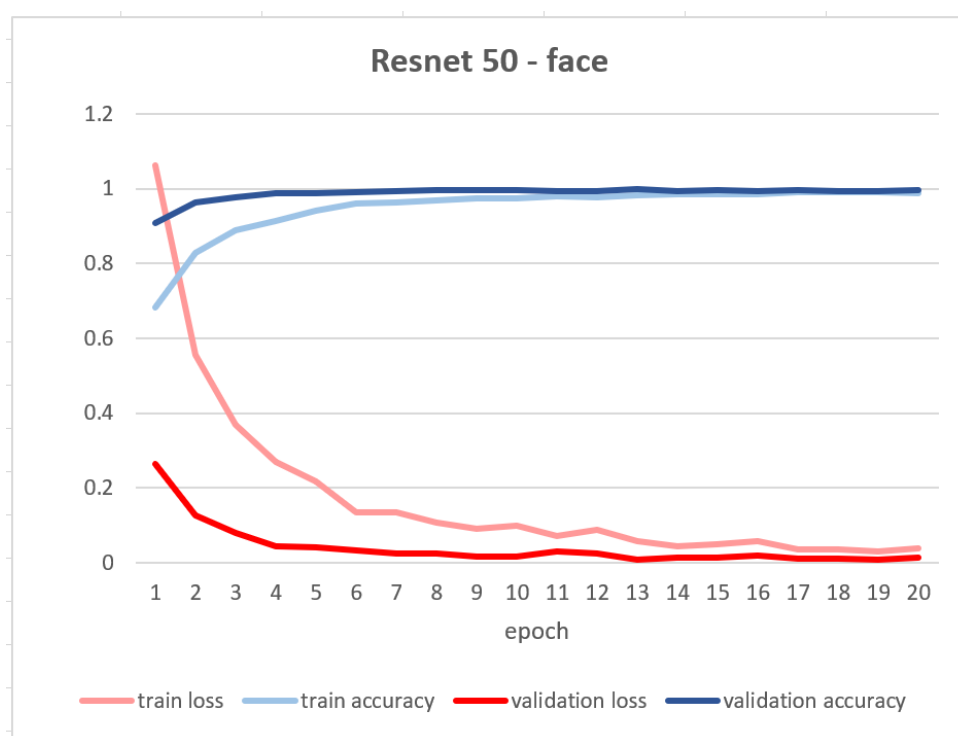


圖 4.1: 臉部辨識訓練結果

#### 4.1.2 實驗評估方式

臉部辨識實驗評估方式

### 4.1.3 實驗結果分析

臉部辨識實驗結果分析 臉部辨識實驗結果分析

## 4.2 奶嘴辨識實驗

### 4.2.1 模型訓練結果

準確率達 98%，詳細訓練結果請見圖 4.2。

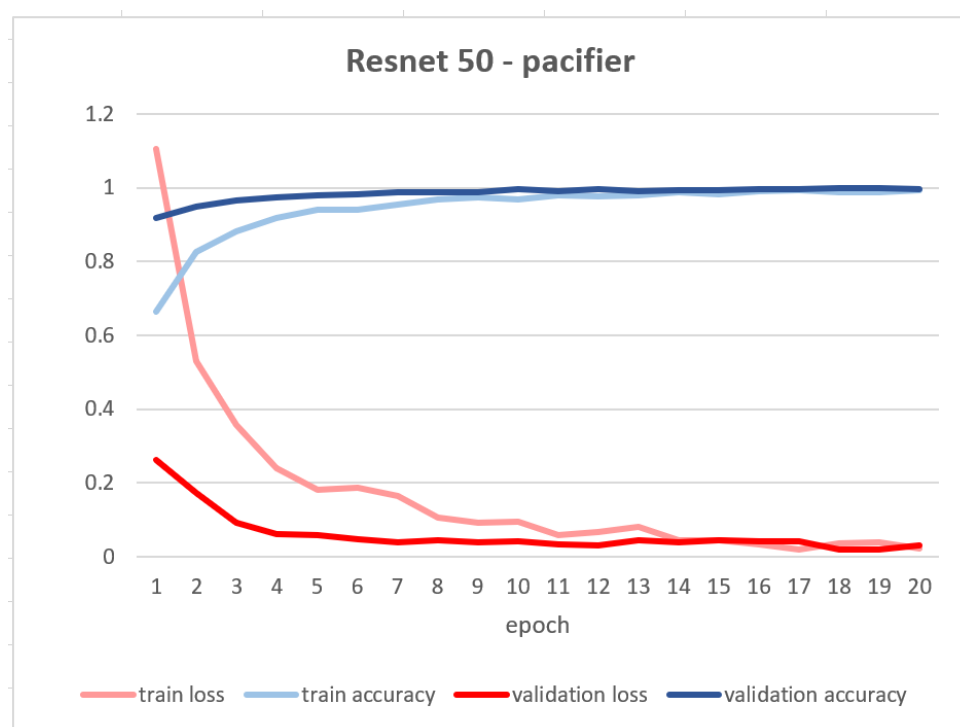


圖 4.2: 奶嘴辨識訓練結果

### 4.2.2 實驗設計

奶嘴辨識實驗實驗設計 奶嘴辨識實驗實驗設計

### 4.2.3 實驗評估方式

奶嘴辨識實驗實驗評估方式 奶嘴辨識實驗實驗評估方式

## 4.2.4 實驗結果分析

奶嘴辨識實驗實驗結果分析奶嘴辨識實驗實驗結果分析

## 4.3 臉部遮擋辨識實驗

### 4.3.1 實驗設計

奶嘴辨識實驗實驗設計奶嘴辨識實驗實驗設計

### 4.3.2 實驗評估方式

奶嘴辨識實驗實驗評估方式奶嘴辨識實驗實驗評估方式

### 4.3.3 實驗結果分析

首先，使用 503 張影像測試臉部遮擋辨識，其中僅一張影像（圖 4.3。）類別判斷錯誤，誤將安全狀態辨識為警示狀態。推測原因為該張影像



圖 4.3: 誤判影像：真實類別為安全，但預測為警示

畫質較差，面部影像不清而導致誤判。

再者，我們使用 232 張影像測試奶嘴辨識，所有測試集皆辨識正確。

由於此二模型測試正確率高，故本文中不放入其混淆矩陣。

## 4.4 姿勢分類實驗

### 4.4.1 模型訓練結果

準確率達 99%，詳細訓練結果請見圖 4.4。

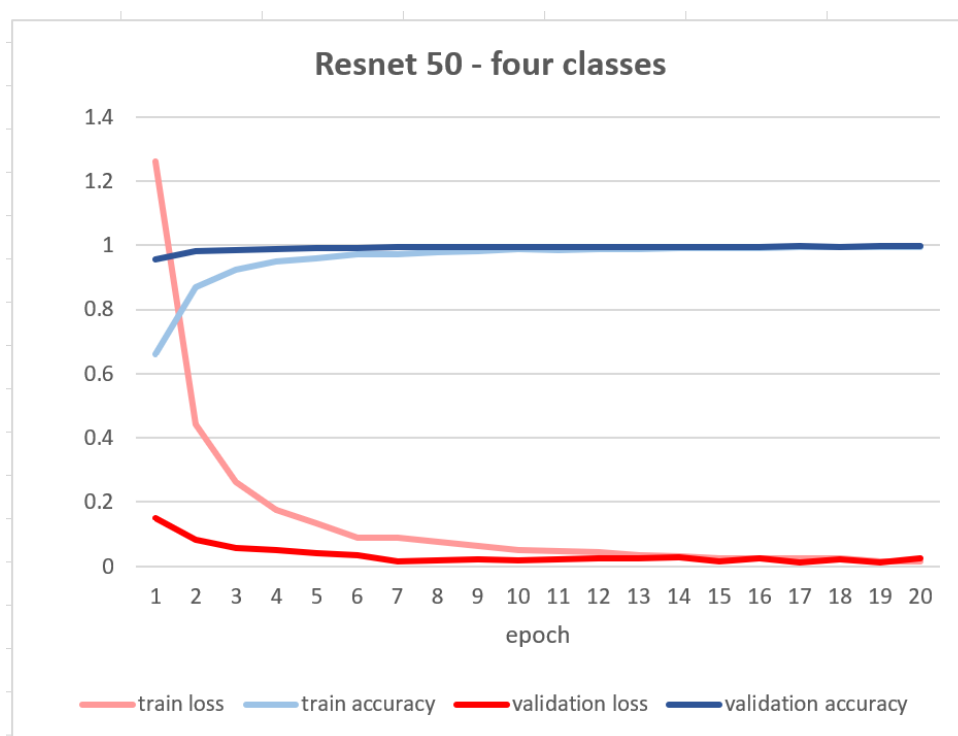


圖 4.4: 姿勢辨識訓練結果

### 4.4.2 實驗設計

姿勢分類實驗設計

### 4.4.3 實驗評估方式

姿勢分類實驗評估方式

### 4.4.4 實驗結果分析

我們使用 744 張影像針對此模型進行測試，包含了五張類別辨識錯誤的影像，其中有三張將坐姿誤判為趴躺姿勢，推測原因為嬰兒雖呈現坐姿，但上半身貼近其腿部，而導致誤判。

此模型之混淆矩陣，請見圖 4.5。

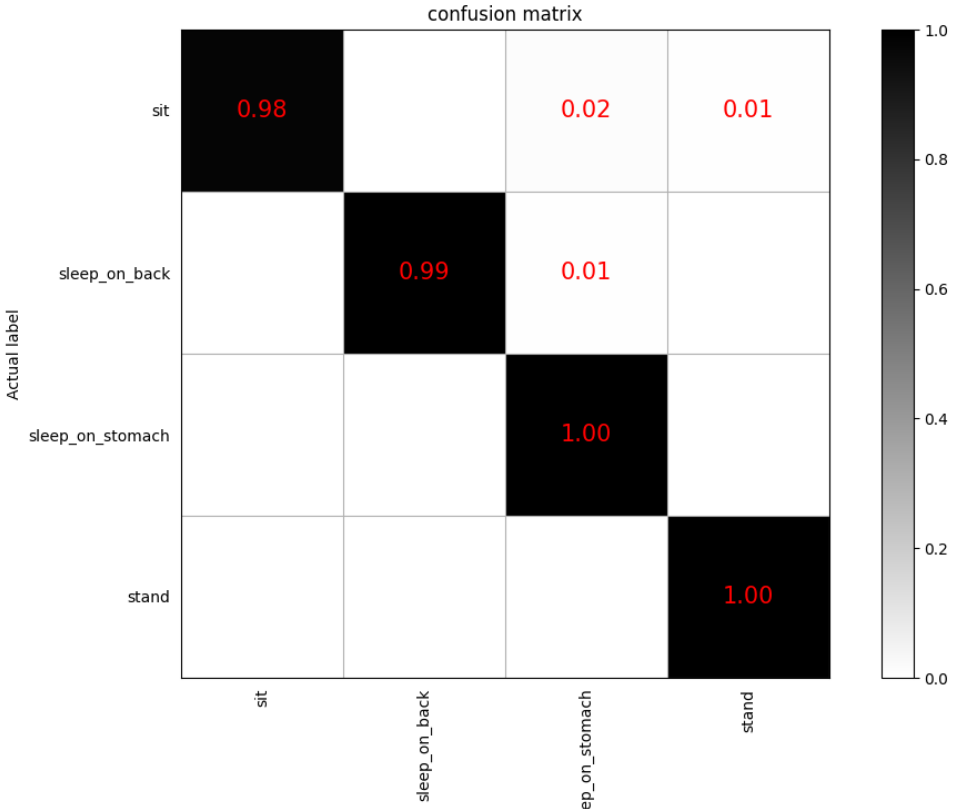


圖 4.5: 嬰兒姿勢辨識之混淆矩陣

## 4.5 影片危險偵測實驗

### 4.5.1 實驗設計

影片危險偵測實驗影片危險偵測實驗

### 4.5.2 實驗評估方式

影片危險偵測實驗影片危險偵測實驗

### 4.5.3 實驗結果分析

影片危險偵測實驗影片危險偵測實驗



## 五、 結論與未來展望

### 5.1 結論

本論文基於深度學習技術，透過嬰兒影像畫面進行危險偵測，目前可進行兩大部分之偵測：(1) 嬰兒臉部遮擋及奶嘴辨識、及(2) 嬰兒姿勢辨識。

### 5.2 未來展望

本系統除了優於過往產品功能的多樣性及可擴充性，未來若提供設定觀測嬰兒之年齡區間，則可針對不同年齡層嬰兒之存在危險性動作做出警示，以達到更符合實際使用情境的危險偵測。