

# 一、實驗設計與結果

本章節中，根據第三章之研究方法以各項實驗驗證系統之設計，並介紹各實驗之目的與設計、評估方式以及結果與分析，透過以下五章子節進行說明：臉部偵測準確度實驗、臉部偵測執行時間實驗、臉部遮擋辨識實驗、姿勢辨識實驗及影片危險偵測實驗。

另外，本章各項實驗皆於相同硬體環境操作，詳細資訊如下：

- 作業系統：Windows 10
- CPU：Intel(R) Core(TM) i7-10700KF CPU @ 3.80GHz
- 記憶體：128GB
- GPU：NVIDIA GeForce GTX 1660

## 1.1 臉部偵測準確度實驗

在收集嬰兒臉部資料集時，需針對嬰兒影像擷取出臉部範圍，進而後續之臉部遮擋辨識階段。

為了使本系統擁有較佳的臉部偵測準確性且兼具執行效能，本文透過1.1節及1.2節之實驗，分別進行臉部偵測演算法準確度與執行時間之比較，進而驗證以下設計：先使用 SSD 演算法偵測嬰兒臉部，此方法之召回率雖低，但其準確度很高，故能利用此算法之時間優勢；而若 SSD 演算法找不到嬰兒面部時，則接續使用 RetinaFace 演算法，利用其正確率及準確率皆高之優點進行嬰兒臉部偵測。

### 1.1.1 實驗目的與設計

本實驗為計算人臉偵測演算法之嬰兒面部擷取準確度，使用??節的嬰兒姿勢資料集共 15416 張影像，分析 OpenCV `goyal_face_2017`、SSD `ye_face_2021`、MTCNN `zhang_joint_2016` 及 RetinaFace `deng_retinaface_2020` 等演算法之偵測結果。

### 1.1.2 實驗評估方式

透過分類標註四項演算法偵測嬰兒臉部之結果影像，計算出各演算法的 accuracy、precision 及 recall。

### 1.1.3 實驗結果與分析

由表 1.1 及表 1.2 可見 MTCNN 與 RetinaFace 之實驗結果。而表 1.3 及表 1.4 為 OpenCV 與 SSD 之實驗結果，可發現其將多數影像皆誤判為無臉 (False)，亦即影像中有嬰兒臉部畫面但演算法未偵測之，故此部分僅關注判斷為有臉 (True) 之數據統計。

表 1.1: MTCNN `zhang_joint_2016` 偵測嬰兒臉部結果

|                 | True (預測有臉) | False (預測無臉) |
|-----------------|-------------|--------------|
| True<br>(實際有臉)  | 9361        | 994          |
| False<br>(實際無臉) | 517         | 4544         |
| Total           | <b>9878</b> | <b>5538</b>  |

再經計算後，四項演算法之 accuracy、precision 及 recall 值如下：

1. OpenCV：僅關注判斷為有臉 (True) 之數據，其 precision 為 79.90%。
2. SSD：僅關注判斷為有臉 (True) 之數據，其 precision 為 99.90%。

表 1.2: RetinaFace **deng\_retinaface\_2020**偵測嬰兒臉部結果

|                 | True (預測有臉)  | False (預測無臉) |
|-----------------|--------------|--------------|
| True<br>(實際有臉)  | 12925        | 11           |
| False<br>(實際無臉) | 33           | 2447         |
| Total           | <b>12958</b> | <b>2458</b>  |

表 1.3: OpenCV **goyal\_face\_2017**偵測嬰兒臉部結果

|                 | True (預測有臉) | False (預測無臉) |
|-----------------|-------------|--------------|
| True<br>(實際有臉)  | 2882        | 11809        |
| False<br>(實際無臉) | 725         |              |

3. MTCNN：accuracy 為 90.20%、precision 為 94.76% 以及 recall 為 90.93%。

4. RetinaFace：accuracy 為 99.78%、precision 為 99.75% 以及 recall 為 99.91%。

因此，透過本實驗結果可得出選用 RetinaFace 演算法行嬰兒臉部偵測，可擁有較佳的偵測準確度。

表 1.4: SSD ye\_face\_2021 偵測嬰兒臉部結果

|                 | True (預測有臉) | False (預測無臉) |
|-----------------|-------------|--------------|
| True<br>(實際有臉)  | 4830        | 10581        |
| False<br>(實際無臉) | 5           |              |

## 1.2 臉部偵測執行時間實驗

本研究進行嬰兒臉部偵測除了考量準確度外，亦希望提升整體系統之執行效率。

### 1.2.1 實驗目的與設計

本實驗為計算人臉偵測演算法之執行時間，使用??節的嬰兒姿勢資料集共 15416 張影像，分析 OpenCV goyal\_face\_2017、SSD ye\_face\_2021、MTCNN zhang\_joint\_2016 及 RetinaFace deng\_retinaface\_2020 等演算法之偵測結果。

### 1.2.2 實驗評估方式

透過計算四項演算法偵測完整資料集所花費之時間，計算各演算法平均偵測一張影像之執行時間。

### 1.2.3 實驗結果與分析

OpenCV、SSD、MTCNN 及 RetinaFace 四項演算法偵測 15416 張影像之詳細實驗結果如下：

1. OpenCV：共 18 分 01.78 秒，平均每張影像需 0.07 秒。
2. SSD：共 9 分 17.26 秒，平均每張影像需 0.04 秒。

3. MTCNN：共 2 小時 8 分 22.05 秒，平均每張影像需 0.50 秒。

4. RetinaFace：共 5 小時 42 分 2.10 秒，平均每張影像需 1.33 秒。

因此，透過本實驗結果可得出使用 SSD 演算法進行嬰兒臉部偵測，將可擁有較佳的偵測速度。

總結1.1節與1.2節之實驗結果，驗證本系統先使用 SSD 演算法偵測嬰兒臉部，未如期找到目標時，則改以 RetinaFace 演算法偵測，達成兼具準確性及執行效率之系統目標。

## 1.3 臉部遮擋辨識實驗

本研究中，利用深度學習技術辨識嬰兒臉部是否遭非奶嘴之異物遮蔽，進而判斷嬰兒是否處於危險情境中。

### 1.3.1 實驗目的與設計

本實驗為訓練針對嬰兒臉部遮擋辨識之模型，以 ResNet50 he\_deep\_2016 訓練??節的嬰兒臉部資料集，並透過驗證集進行模型驗證。

程式實作中，網路訓練回合數為 20，設定影像資料大小為 224x224，包含三個類別（臉部無遮擋之安全狀態、使用奶嘴及面部遭異物遮蔽之警示狀態），且透過 data augmentation 技術生成訓練及測試資料，輸出層使用 softmax 作為激發函數，並使用 Adam 作為 optimizer 且將學習率設為 0.000001 以進行微調。

### 1.3.2 實驗結果分析

模型最終訓練準確率達 98.06%，而測試準確率達 99.43%，詳細訓練結果請見圖 1.1。

## 一、實驗設計與結果

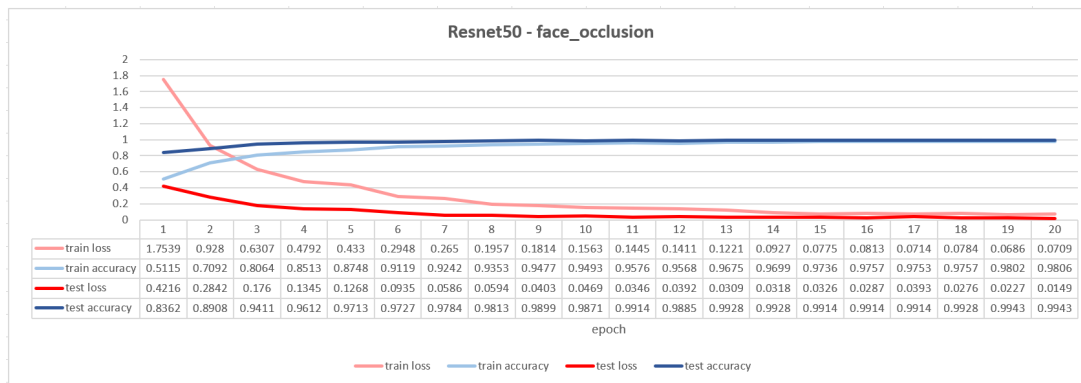


圖 1.1: 臉部辨識訓練結果

我們使用 342 張之驗證集影像進行模型驗證，所有影像皆辨識正確。此模型之混淆矩陣如表 1.5，表中數字為各類影像之張數及比例。

表 1.5: 臉部遮擋辨識模型之混淆矩陣（單位：張 / 百分比）

|      |    | 預測類別         |              |              |
|------|----|--------------|--------------|--------------|
|      |    | 安全           | 奶嘴           | 警示           |
| 實際類別 | 安全 | 120 (100.00) | 0 (0.00)     | 0 (0.00)     |
|      | 奶嘴 | 0 (0.00)     | 115 (100.00) | 0 (0.00)     |
|      | 警示 | 0 (0.00)     | 0 (0.00)     | 107 (100.00) |

## 1.4 姿勢辨識實驗

本研究中，利用深度學習技術辨識嬰兒基礎姿勢，進而判斷嬰兒是否處於危險情境中。

### 1.4.1 實驗目的與設計

本實驗為訓練針對嬰兒姿勢辨識之模型，以 ResNet50 he\_deep\_2016 訓練節的嬰兒姿勢資料集，並透過驗證集進行模型驗證。

程式實作中，網路訓練回合數為 20，設定影像資料大小為 224x224，包含四個類別（正躺、趴躺、坐姿及站立），且透過 data augmentation 技術生成訓練及測試資料，輸出層使用 softmax 作為激發函數，並使用 Adam 作為 optimizer 且將學習率設為 0.000001 以進行微調。

## 1.4.2 實驗結果分析

模型最終訓練準確率達 99.45%，而測試準確率達 99.71%，詳細訓練結果請見圖 1.2。



圖 1.2: 姿勢辨識訓練結果

我們使用 744 張之驗證集進行模型驗證，包含了五張類別辨識錯誤的影像，其中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（如圖 1.3），而導致誤判。此模型之混淆矩陣如表 1.6，表中數字為各類影像之張數及比例。



圖 1.3: 姿勢辨識錯誤之影像：坐姿誤判為趴躺

表 1.6: 姿勢辨識模型之混淆矩陣（單位：張 / 百分比）

|          |    | 預測類別         |             |             |              |
|----------|----|--------------|-------------|-------------|--------------|
|          |    | 正躺           | 趴躺          | 坐姿          | 站立           |
| 實際<br>類別 | 正躺 | 164 (100.00) | 0 (0.00)    | 0 (0.00)    | 0 (0.00)     |
|          | 趴躺 | 1 (0.52)     | 191 (99.48) | 0 (0.00)    | 0 (0.00)     |
|          | 坐姿 | 0 (0.00)     | 3 (1.50)    | 196 (98.00) | 1 (0.50)     |
|          | 站立 | 0 (0.00)     | 0 (0.00)    | 0 (0.00)    | 192 (100.00) |

## 1.5 影片危險偵測實驗

本研究基於嬰兒影像進行臉部遮擋及姿勢辨識，透過讀取嬰兒影片達成危險監測之目標。

### 1.5.1 實驗目的與設計

本實驗為驗證此系統能基於嬰兒影像進行危險監測，利用網路之真實嬰兒影片，包含不同之拍攝視角、嬰兒樣貌及狀態等，實驗臉部遮擋辨識模型與姿勢辨識模型之準確性。

### 1.5.2 實驗評估方式

透過輸出每幀影像之臉部遮擋及姿勢辨識結果，計算其 accuracy、precision 及 recall，以驗證此二模型得以應用在監測嬰兒危險情境。

### 1.5.3 實驗結果分析

本實驗影片為嬰兒正躺於畫面中，並包含使用奶嘴及未使用奶嘴之情境，共切成 3374 幀影像，將未拍攝到嬰兒畫面之影像刪除後，剩餘 3307 張嬰兒影像進行辨識。

首先，姿勢辨識的部分，包含了 278 張誤判為趴躺姿勢的影像，推測原因為嬰兒身體遭棉被遮擋（如圖 1.4），而只拍攝到露出的嬰兒臉部，



故造成姿勢辨識錯誤。



圖 1.4: 姿勢辨識錯誤之影像：正躺誤判為趴躺

其次，臉部遮擋辨識的部分，包含 36 張嬰兒臉部為被偵測之影像（如圖 1.5），另有多張影像類別應為嬰兒正在使用奶嘴或安全狀態，但誤判為遭異物遮蔽之警示狀態，推測原因為影像中之奶嘴或嬰兒臉部遭手部等遮擋（如圖 1.6），而誤判類別。



圖 1.5: 未偵測嬰兒臉部之影像

兩部分之混淆矩陣如表 1.7及表 1.8，表中數字為各類影像之張數及比例。

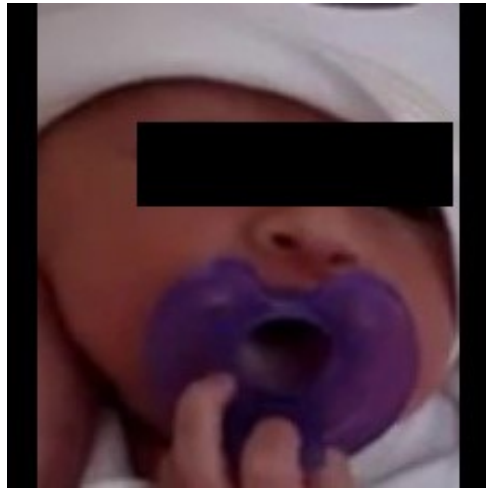


圖 1.6: 臉部遮擋誤判之為警示狀態

表 1.7: 實驗影片姿勢辨識之混淆矩陣（單位：張 / 百分比）

|      |    | 預測類別         |            |          |          |
|------|----|--------------|------------|----------|----------|
|      |    | 正躺           | 趴躺         | 坐姿       | 站立       |
| 實際類別 | 正躺 | 3029 (91.59) | 278 (8.41) | 0 (0.00) | 0 (0.00) |
|      | 趴躺 | 0 (0.00)     | 0 (0.00)   | 0 (0.00) | 0 (0.00) |
|      | 坐姿 | 0 (0.00)     | 0 (0.00)   | 0 (0.00) | 0 (0.00) |
|      | 站立 | 0 (0.00)     | 0 (0.00)   | 0 (0.00) | 0 (0.00) |

表 1.8: 實驗影片臉部遮擋辨識之混淆矩陣（單位：張 / 百分比）

|      |    | 預測類別         |              |              |
|------|----|--------------|--------------|--------------|
|      |    | 安全           | 奶嘴           | 警示           |
| 實際類別 | 安全 | 1223 (83.82) | 52 (3.56)    | 184 (12.61)  |
|      | 奶嘴 | 17 (1.01)    | 1308 (77.72) | 358 (21.27)  |
|      | 警示 | 0 (0.00)     | 0 (0.00)     | 129 (100.00) |