一、 實驗設計與結果

1.1 臉部偵測準確度實驗

1.1.1 實驗目的與設計

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 4.1 節及 4.2 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，以驗證以下設計：先使用 SSD 演算法偵測嬰兒臉部，此方法雖常未能如期找到嬰兒臉部範圍，但其準確度很高，故能利用此算法之時間優勢；而為補足 SSD 演算法召回率不足之缺失，若其找不到嬰兒臉部時，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。

故本實驗使用 3.3.1 節之嬰兒姿勢資料集，分析 OpenCV **goyal_face_2017**、SSD **ye_face_2021**、MTCNN **zhang_joint_2016** 及 RetinaFace **deng_retinaface_20** 等臉部偵測演算法，計算其臉部擷取之準確度。

1.1.2 實驗評估方式

本實驗針對四項演算法之準確度進行比較，將嬰兒臉部偵測結果影像進行分類標註，以計算出各演算法之 accuracy、precision 及 recall。

1.1.3 實驗結果與分析

由??及?? 可見 MTCNN 與 RetinaFace 之實驗結果。而??及?? 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（實際有臉）	9361	994
False（實際無臉）	517	4544
Total	**9878**	**5538**

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（實際有臉）	12925	11
False（實際無臉）	33	2447
Total	**12958**	**2458**

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（實際有臉）	2882	11809
False（實際無臉）	725	

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

1. OpenCV：由於多數影像皆誤判為無臉（False），故僅計算其 precision 為 79.90%。

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（實際有臉）	4830	10581
False（實際無臉）	5	

2. SSD：由於多數影像皆誤判為無臉（False），故僅計算其 precision 為 99.90%。

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。

1.2 臉部偵測執行時間實驗

1.2.1 實驗目的與設計

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。

故本實驗使用 3.3.1 節之嬰兒姿勢資料集，分析 OpenCV **goyal_face_2017**、SSD **ye_face_2021**、MTCNN **zhang_joint_2016** 及 RetinaFace **deng_retinaface_20** 等臉部偵測演算法之執行時間，以驗證適合本系統之演算法。

1.2.2 實驗評估方式

本實驗針對四項演算法之執行速度進行比較，透過計算演算法偵測15416張影像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4.1節與4.2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

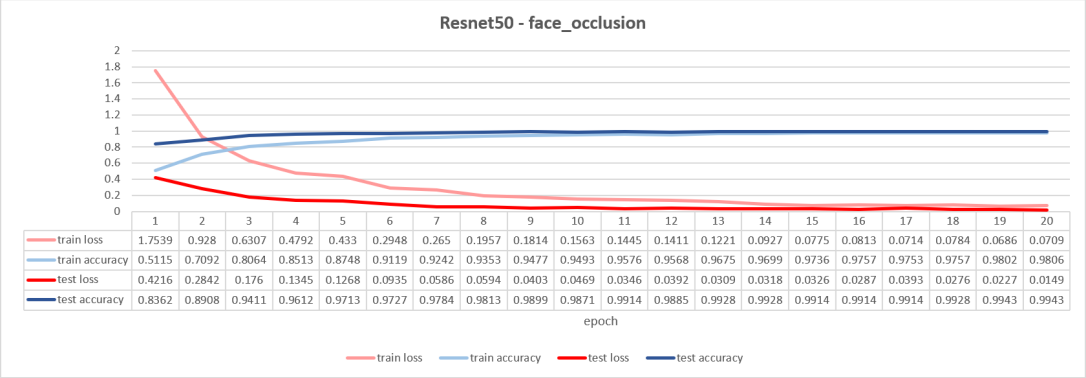
1.3.1 實驗目的與設計

本系統為偵測嬰兒臉部是否遭非奶嘴之異物遮擋，使用3.2.2節之嬰兒臉部資料集以ResNet50 **he_deep_2016**訓練模型，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、臉部遭奶嘴遮擋及臉部遭異物遮擋之危險狀態），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

本實驗訓練之模型其最終訓練準確率達 98.06%，而測試準確率達 99.43%，詳細訓練結果請見**??**。



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
train loss	1.7539	0.928	0.6307	0.4792	0.433	0.2948	0.265	0.1957	0.1814	0.1563	0.1445	0.1411	0.1221	0.0927	0.0775	0.0813	0.0714	0.0784	0.0686	0.0709
train accuracy	0.5115	0.7092	0.8064	0.8513	0.8748	0.9119	0.9242	0.9353	0.9477	0.9493	0.9576	0.9568	0.9675	0.9699	0.9736	0.9757	0.9753	0.9757	0.9802	0.9806
test loss	0.4216	0.2842	0.176	0.1345	0.1268	0.0935	0.0586	0.0594	0.0403	0.0469	0.0346	0.0392	0.0309	0.0318	0.0326	0.0287	0.0393	0.0276	0.0227	0.0149
test accuracy	0.8362	0.8908	0.9411	0.9612	0.9713	0.9727	0.9784	0.9813	0.9899	0.9871	0.9914	0.9885	0.9928	0.9928	0.9914	0.9914	0.9914	0.9928	0.9943	0.9943

圖 1.1: 臉部辨識訓練結果

接著，再使用 342 張之驗證集影像進行模型驗證，所有影像皆辨識正確，其混淆矩陣如**??**。

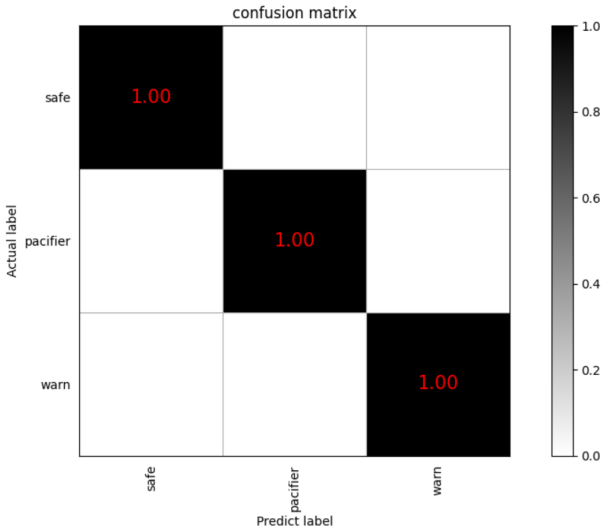


圖 1.2: 臉部遮擋辨識模型之混淆矩陣

1.4 姿勢辨識實驗

1.4.1 實驗目的與設計

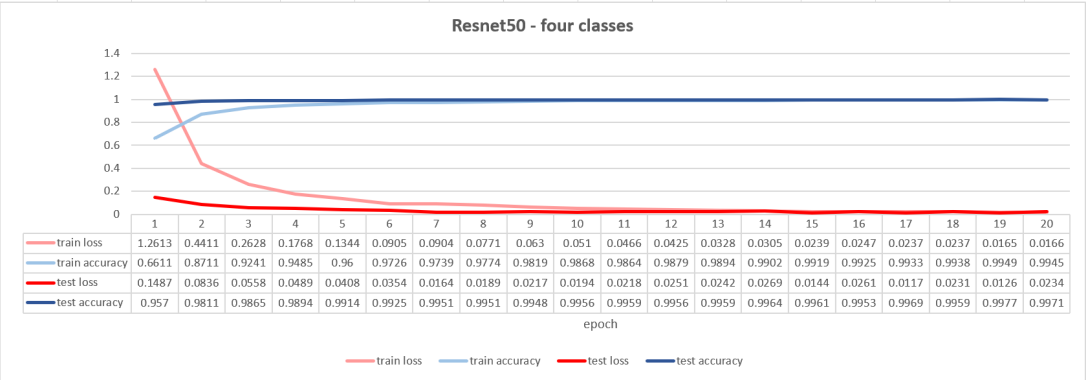
本系統為辨識嬰兒姿勢是否處於危險狀態，使用 3.3.1 節之資料集以 ResNet50 **he_deep_2016**訓練模型，並透過驗證集進行模型驗證。

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

本實驗訓練之模型其最終訓練準確率達 99.45%，而測試準確率達 99.71%，詳細訓練結果請見**??**。

接著，再使用 744 張之驗證集影像進行模型驗證，包含了五張類別辨識錯誤的影像，其混淆矩陣如**??**。辨識錯誤之五張影像中，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（如**??**），而導致誤判。



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
train loss	1.2613	0.4411	0.2628	0.1768	0.1344	0.0905	0.0904	0.0771	0.063	0.051	0.0466	0.0425	0.0328	0.0305	0.0239	0.0247	0.0237	0.0237	0.0165	0.0166
train accuracy	0.6611	0.8711	0.9241	0.9485	0.96	0.9726	0.9739	0.9774	0.9819	0.9868	0.9864	0.9879	0.9894	0.9902	0.9919	0.9925	0.9933	0.9938	0.9949	0.9945
test loss	0.1487	0.0836	0.0558	0.0489	0.0408	0.0354	0.0164	0.0189	0.0217	0.0194	0.0218	0.0251	0.0242	0.0269	0.0144	0.0261	0.0117	0.0231	0.0126	0.0234
test accuracy	0.957	0.9811	0.9865	0.9894	0.9914	0.9925	0.9951	0.9951	0.9948	0.9956	0.9959	0.9956	0.9959	0.9964	0.9961	0.9953	0.9969	0.9959	0.9977	0.9971

圖 1.3: 姿勢辨識訓練結果

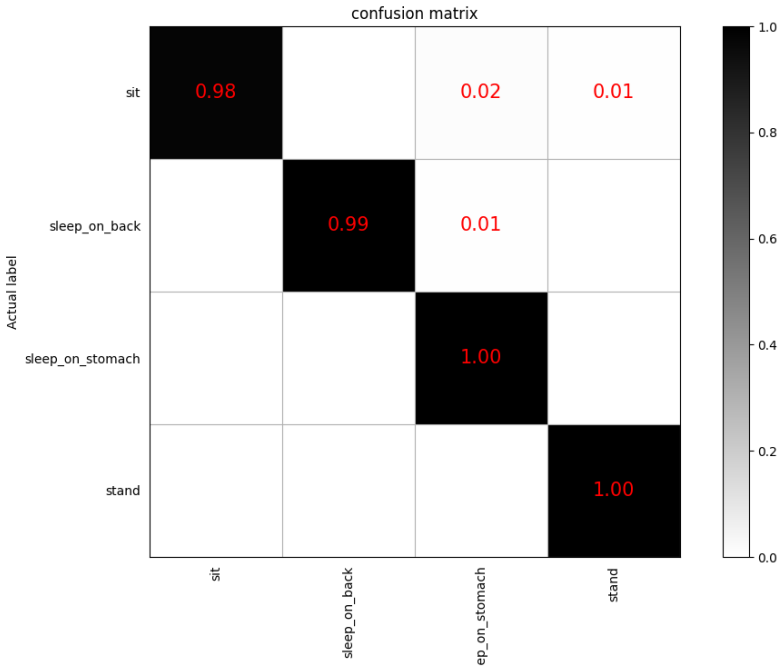


圖 1.4: 姿勢辨識模型之混淆矩陣

圖 1.5: 姿勢辨識錯誤之影像：坐姿誤判為趴躺

1.5 影片危險偵測實驗

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

本實驗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**??**），而只拍攝到露出的嬰兒臉部，故造成姿勢辨識錯誤，其混淆矩陣如**??**。

其次，臉部遮擋辨識的部分，包含 36 張嬰兒臉部未被偵測之影像（如**??**），其中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**??**），而誤判為類別，其混淆矩陣如**??**。

圖 1.6: 姿勢辨識錯誤之影像：正躺誤判為趴躺

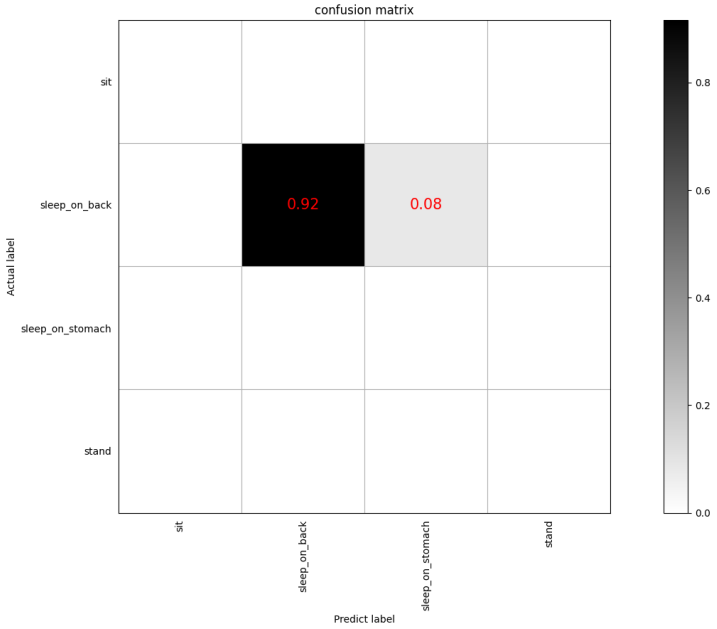


圖 1.7: 實驗影片之姿勢辨識混淆矩陣

圖 1.8: 未偵測嬰兒臉部之影像

圖 1.9: 臉部遮擋誤判之為警示狀態

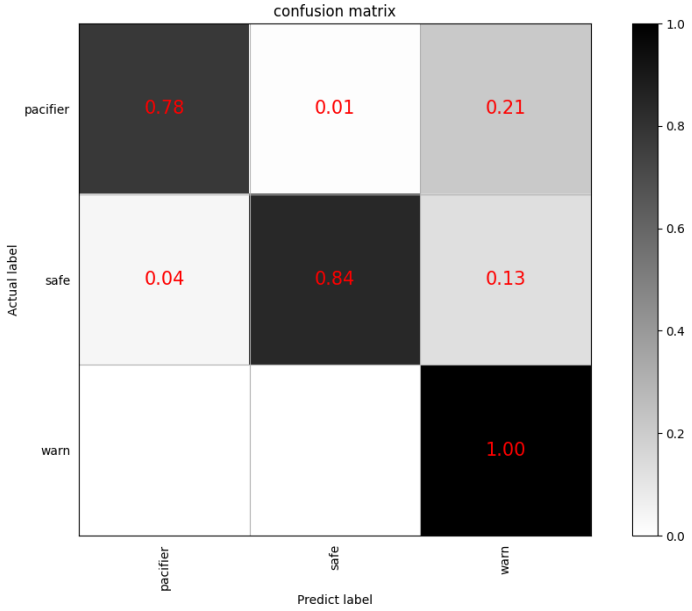


圖 1.10: 實驗影片之臉部遮擋辨識混淆矩陣