

บทที่ 4

ผลการทดลอง

โครงการปริญญาโทฉบับนี้นำเสนอระบบค้นหาสุนัขด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Find My Dog application using Deep Learning) ซึ่งบทความนี้จะประเมินประสิทธิภาพที่ได้จากโมเดลด้วยชุดข้อมูลตรวจสอบ และเปรียบเทียบสถาปัตยกรรม CNN และผลการทดลองของโมเดลที่ได้จากการประเมินประสิทธิภาพ

4.1 วิธีการทดลอง

4.1.1 การเตรียมชุดข้อมูลก่อนการเรียนรู้

จากชุดข้อมูลสำหรับ Fine-grained มีทั้งหมด 16,967 ภาพ และชุดข้อมูลสำหรับ Multi-label มีทั้งหมด 13,864 ภาพ โดยแต่ละโมเดลสามารถแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดข้อมูลการเรียนรู้ 80 เปอร์เซ็นต์ และชุดข้อมูลการตรวจสอบ 20 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.1 การแบ่งข้อมูลสำหรับการทำ Classification

Classification	จำนวนข้อมูล		
	การเรียนรู้ (80%)	การตรวจสอบ (20%)	การทดสอบ
Fine-grained	12,994	3,973	2,558
Multi-label	11,092	2,772	

4.1.2 การตั้งค่าการฝึกการเรียนรู้ (Training setting)

ตารางที่ 4.2 การตั้งค่าการฝึกการเรียนรู้

Function	Description
Threshold ค่ากลางในการแปลงค่าทำนาย	0.5
Epoch กำหนดรอบการเรียนรู้	15
Batch size ขนาดของชุดข้อมูล	32

ตารางที่ 4.2 การตั้งค่าการฝึกการเรียนรู้ (ต่อ)

Function	Description
Train base CNN ฝึกการเรียนรู้โมเดล ส่วนที่หาคุณลักษณะเด่น ของรูปภาพ (Feature Extraction)	Inception V3, ResNet50
Image size กำหนดขนาดภาพที่จะทำการฝึกทั้งหมด	277
Activation for Multi class แปลงผลรวมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์สำหรับการจัด หมวดหมู่สายพันธุ์ หู หาง ขน ปลอกคอ	SoftMax
Activation for Multi-label แปลงผลรวมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์สำหรับการจัด หมวดหมู่สัตว์	Sigmoid
Optimizer	Adam, Learning rate 0.00001

4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเรียนรู้จากสถาปัตยกรรม CNN

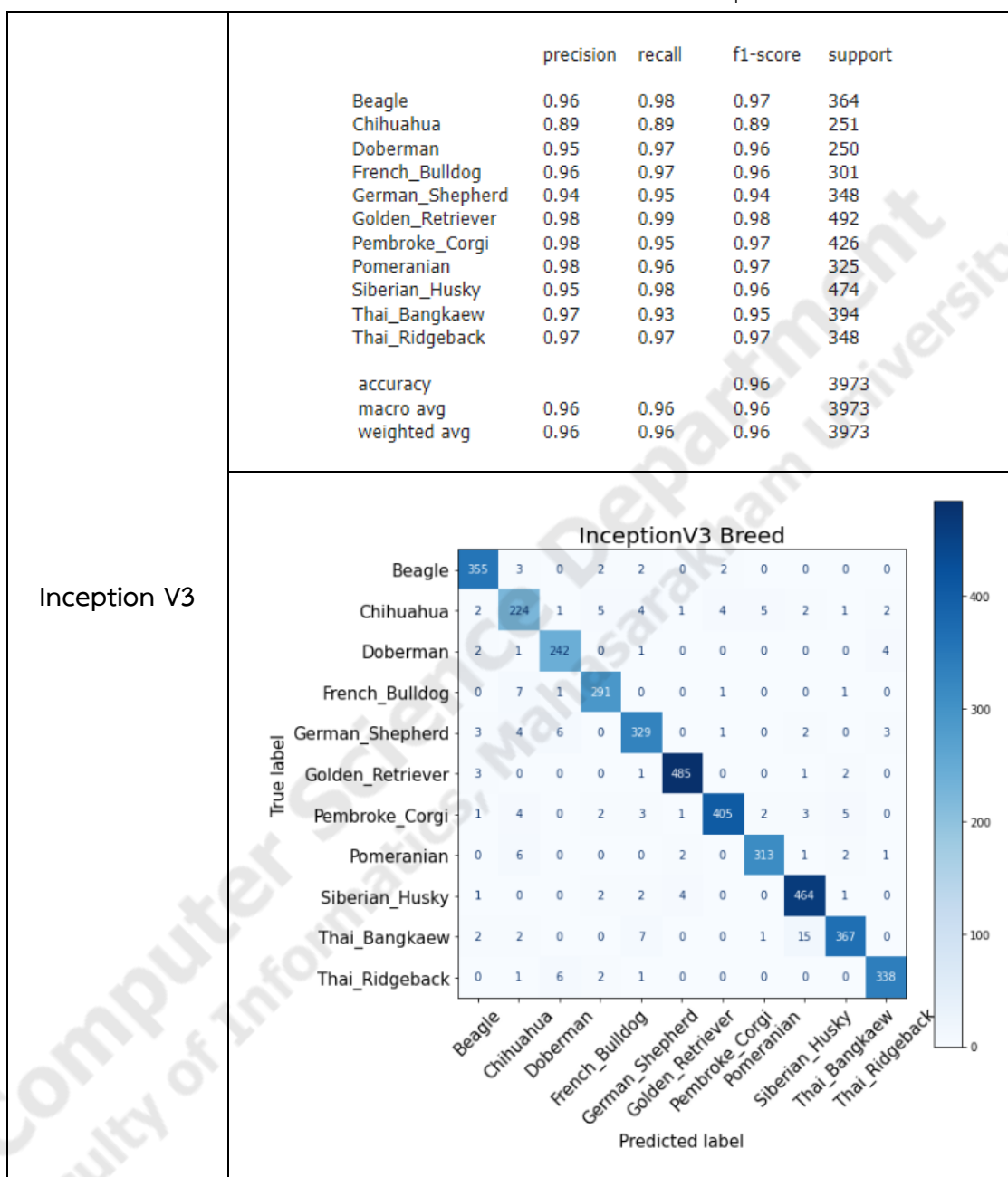
4.2.1 การประเมินประสิทธิภาพโมเดล

ในการจำแนกสายพันธุ์ได้ประยุกต์ใช้ร่วมกับสถาปัตยกรรม CNN โดยทำการเลือกใช้สถาปัตยกรรม Inception V3 และ ResNet50 ตามลำดับเพื่อหาผลการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด โดยทำการประเมินประสิทธิภาพโมเดลด้วย confusion matrix ในการทดลองนี้ ได้ใช้ข้อมูลในการเรียนรู้ในการทำ Fine-grained classification สำหรับสายพันธุ์ การทำ Multi-label classification สำหรับหู หาง สีสัน ขน ปลอกคอ

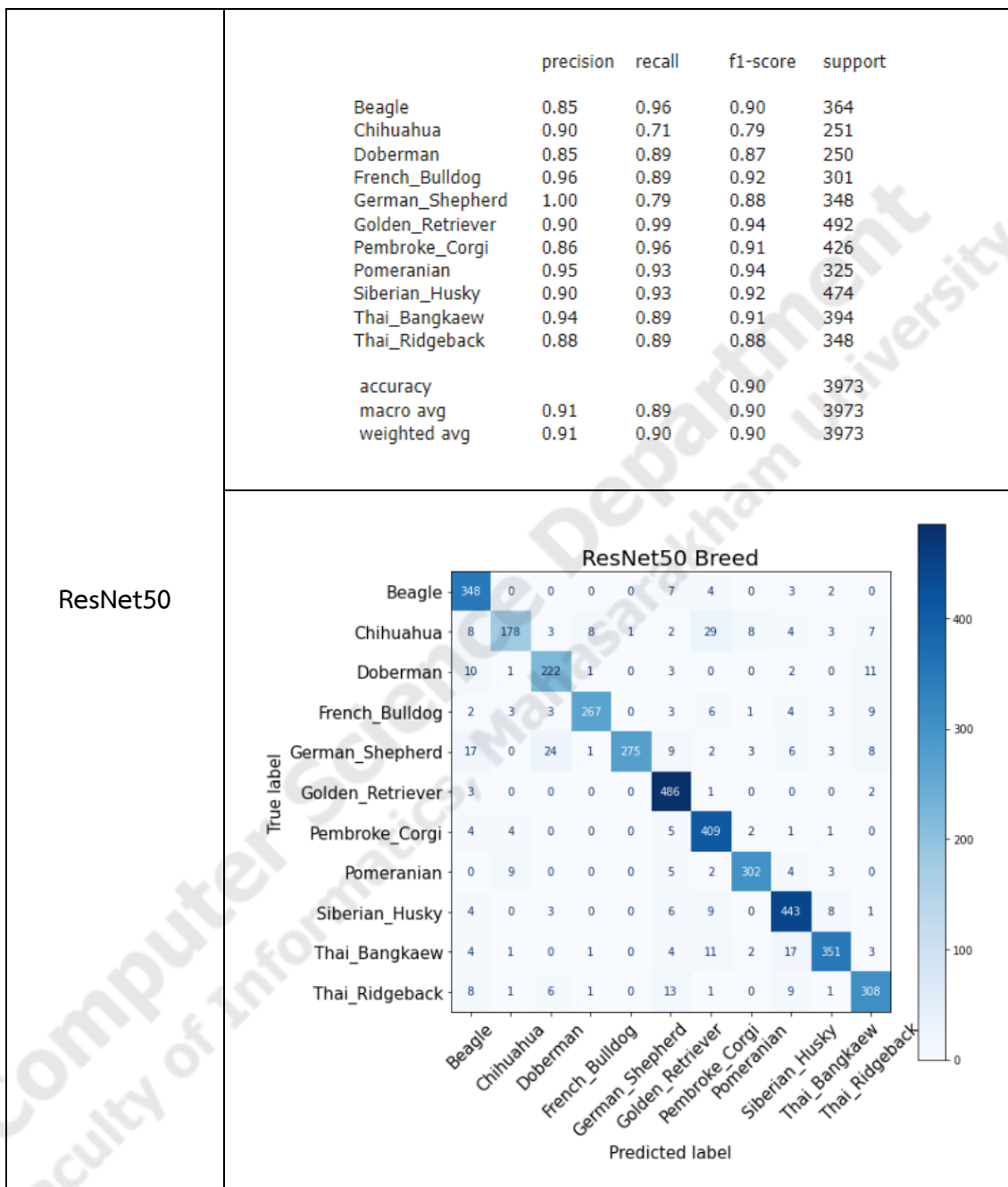
การประเมินผลประสิทธิภาพด้วย confusion matrix กับชุดข้อมูลตรวจสอบ 20 เปอร์เซนต์ จากข้อมูลทั้งหมด จากนั้นนำข้อมูลสำหรับประเมินประสิทธิภาพแต่ละหมวดหมู่ หาค่าความแม่นยำ (Precision), ค่าความระลึก (Recall) ด้วย Confusion Matrix ที่มีค่ากลางเป็น 0.5 เมื่อได้ผลลัพธ์แล้ว นำค่าทั้งสองหาค่าความถูกต้อง (Accuracy)

ผลลัพธ์การแยกประเภทในแต่ละหมวดหมู่จะแสดงรายละเอียดทั้งหมด ดังนี้

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดการคำนวณ Confusion Matrix ของสายพันธุ์



ตารางที่ 4.3 รายละเอียดการคำนวณ Confusion Matrix ของสายพันธุ์ (ต่อ)



ตารางที่ 4.4 รายละเอียดการคำนวณ Confusion Matrix ของหู

Inception V3					ResNet50				
	precision	recall	f1-score	support		precision	recall	f1-score	support
drop_ears	0.77	0.59	0.67	182	drop_ears	0.17	0.48	0.25	182
set_ears	0.97	0.99	0.98	2590	set_ears	0.96	0.83	0.89	2590
accuracy			0.96	2772	accuracy			0.81	2772
macro avg	0.87	0.79	0.82	2772	macro avg	0.56	0.66	0.57	2772
weighted avg	0.96	0.96	0.96	2772	weighted avg	0.91	0.81	0.85	2772

InceptionV3 Ears

True label \ Predicted label	drop_ears	set_ears
drop_ears	108	74
set_ears	33	2557

ResNet50 Ears

True label \ Predicted label	drop_ears	set_ears
drop_ears	87	95
set_ears	429	2161

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดการคำนวณ Confusion Matrix ของหาง

Inception V3					ResNet50				
	precision	recall	f1-score	support		precision	recall	f1-score	support
long_tail	0.20	0.22	0.21	404	long_tail	0.21	0.21	0.21	404
short_tail	0.86	0.85	0.86	2368	short_tail	0.87	0.87	0.87	2368
accuracy			0.76	2772	accuracy			0.77	2772
macro avg	0.53	0.53	0.53	2772	macro avg	0.54	0.54	0.54	2772
weighted avg	0.77	0.76	0.76	2772	weighted avg	0.77	0.77	0.77	2772

InceptionV3 Tail

True label \ Predicted label	long_tail	short_tail
long_tail	87	317
short_tail	345	2023

ResNet50 Tail

True label \ Predicted label	long_tail	short_tail
long_tail	83	321
short_tail	304	2064

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดการคำนวณ Confusion Matrix ของสีตัว

Inception V3					ResNet50				
	precision	recall	f1-score	support		precision	recall	f1-score	support
black	0.77	0.72	0.74	858	black	0.69	0.13	0.22	858
dark_brown	0.50	0.57	0.53	1015	dark_brown	0.40	0.63	0.49	1015
light_brown	0.74	0.37	0.50	1446	light_brown	0.75	0.03	0.06	1446
white	0.93	0.85	0.89	2204	white	0.80	0.94	0.86	2204
micro avg	0.76	0.65	0.70	5523	micro avg	0.65	0.52	0.58	5523
macro avg	0.73	0.63	0.66	5523	macro avg	0.66	0.43	0.41	5523
weighted avg	0.77	0.65	0.70	5523	weighted avg	0.70	0.52	0.49	5523
samples avg	0.75	0.65	0.68	5523	samples avg	0.66	0.52	0.56	5523

Confusion Matrix heatmaps for color classification. The top row shows heatmaps for Inception V3 and the bottom row for ResNet50. Each heatmap is a 2x2 grid with True label (N, P) on the y-axis and Predicted label (N, P) on the x-axis. Values are shown in the cells, and color bars on the right indicate the scale.

ตารางที่ 4.7 รายละเอียดการคำนวณ Confusion Matrix ของขน

Inception V3					ResNet50				
	precision	recall	f1-score	support		precision	recall	f1-score	support
long_fur	0.20	0.79	0.32	453	long_fur	0.19	0.69	0.30	453
short_fur	0.90	0.38	0.53	2319	short_fur	0.88	0.42	0.57	2319
accuracy			0.45	2772	accuracy			0.47	2772
macro avg	0.55	0.59	0.43	2772	macro avg	0.53	0.56	0.44	2772
weighted avg	0.79	0.45	0.50	2772	weighted avg	0.76	0.47	0.53	2772

Confusion Matrix heatmaps for fur classification. The left heatmap is for Inception V3 and the right for ResNet50. Each heatmap is a 2x2 grid with True label (long_fur, short_fur) on the y-axis and Predicted label (long_fur, short_fur) on the x-axis. Values are shown in the cells, and color bars on the right indicate the scale.

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดการคำนวณ Confusion Matrix ของปลอกคอ

Inception V3					ResNet50				
	precision	recall	f1-score	support		precision	recall	f1-score	support
black_collar	0.50	0.10	0.17	143	black_collar	0.00	0.00	0.00	143
blue_collar	0.47	0.27	0.34	73	blue_collar	0.50	0.01	0.03	73
gold_collar	0.00	0.00	0.00	26	gold_collar	0.00	0.00	0.00	26
green_collar	0.00	0.00	0.00	20	green_collar	0.00	0.00	0.00	20
red_collar	0.36	0.19	0.25	96	red_collar	0.00	0.00	0.00	96
silver_collar	0.00	0.00	0.00	29	silver_collar	0.00	0.00	0.00	29
x_collar	0.88	0.98	0.93	2385	x_collar	0.86	1.00	0.92	2385
accuracy			0.86	2772	accuracy			0.86	2772
macro avg	0.32	0.22	0.24	2772	macro avg	0.19	0.14	0.14	2772
weighted avg	0.81	0.86	0.83	2772	weighted avg	0.75	0.86	0.80	2772

InceptionV3 Collar							
True label	black_collar	blue_collar	gold_collar	green_collar	red_collar	silver_collar	x_collar
black_collar	15	3	1	0	4	1	119
blue_collar	1	20	0	0	4	0	48
gold_collar	0	1	0	0	1	0	24
green_collar	2	0	0	0	3	0	15
red_collar	3	2	0	0	18	0	73
silver_collar	0	1	0	0	0	0	28
x_collar	9	16	0	0	20	1	2339

ResNet50 Collar							
True label	black_collar	blue_collar	gold_collar	green_collar	red_collar	silver_collar	x_collar
black_collar	0	0	0	0	0	0	143
blue_collar	0	1	0	0	0	0	72
gold_collar	0	0	0	0	0	0	26
green_collar	0	0	0	0	0	0	20
red_collar	0	0	0	0	0	0	96
silver_collar	0	0	0	0	0	0	29
x_collar	0	1	0	0	0	0	2384

จากผลการประเมินประสิทธิภาพ พบว่าค่าความถูกต้องของสถาปัตยกรรม Inception V3 ดีกว่าหรือใกล้เคียงอยู่ที่ประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับ ResNet50 และได้ทำการทดสอบกับภาพ 100 ภาพ พบว่าโมเดลที่ประยุกต์ใช้กับสถาปัตยกรรม Inception V3 ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องมากกว่า ดังนั้นเราจึงเลือกใช้สถาปัตยกรรม Inception V3 ประยุกต์ร่วมกับโมเดล

จากการทดสอบดังกล่าวสามารถแสดงภาพตัวอย่างที่ได้จากการทำนายผลลัพธ์ โดยยกตัวอย่างได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.9 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายจาก 2 สถาปัตยกรรมที่ประยุกต์ใช้กับโมเดลภาพที่ 1

ภาพที่ 1			
Model	ผลเฉลย	ผลทำนายจากสถาปัตยกรรม	
		Inception V3	ResNet50
สายพันธุ์	บีเกิ้ล	บีเกิ้ล	บีเกิ้ล
หู	หูดก	หูดก	หูตั้ง
หาง	หางสั้น	หางสั้น	หางสั้น
สีตัว	สีดำ, สีน้ำตาลอ่อน, สีขาว	สีน้ำตาลอ่อน, สีขาว	สีน้ำตาลเข้ม, สีขาว
ขน	ขนสั้น	ขนสั้น	ขนสั้น
ปลอกคอ	ปลอกคอสีแดง	ปลอกคอสีแดง	ไม่มีปลอกคอ

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายจาก 2 สถาปัตยกรรมที่ประยุกต์ใช้กับโมเดลภาพที่ 2

ภาพที่ 2			
Model	ผลเฉลย	ผลทำนายจากสถาปัตยกรรม	
		Inception V3	ResNet50
สายพันธุ์	บีเกิ้ล	บีเกิ้ล	บีเกิ้ล
หู	หูดก	หูดก	หูดก
หาง	หางสั้น	หางสั้น	หางสั้น
สีตัว	สีดำ, สีน้ำตาลอ่อน, สีขาว	สีน้ำตาลอ่อน, สีขาว	สีน้ำตาลเข้ม, สีขาว
ขน	ขนสั้น	ขนสั้น	ขนยาว
ปลอกคอ	ปลอกคอสีน้ำเงิน	ปลอกคอสีแดง	ไม่มีปลอกคอ

ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายจาก 2 สถาปัตยกรรมที่ประยุกต์ใช้กับโมเดลภาพที่ 3

ภาพที่ 3			
Model	ผลเฉลย	ผลทำนายจากสถาปัตยกรรม	
		Inception V3	ResNet50
สายพันธุ์	ชิว่าว่า	ชิว่าว่า	ชิว่าว่า
หู	หูตั้ง	หูตั้ง	หูตั้ง
หาง	หางสั้น	หางสั้น	หางสั้น
สีตัว	สีดำ, สีขาว	สีดำ, สีขาว	สีขาว
ขน	ขนยาว	ขนยาว	ขนยาว
ปลอกคอ	ปลอกคอสีฟ้า	ไม่มีปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ

ตารางที่ 4.12 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายจาก 2 สถาปัตยกรรมที่ประยุกต์ใช้กับโมเดลภาพที่ 4

ภาพที่ 4			
Model	ผลเฉลย	ผลทำนายจากสถาปัตยกรรม	
		Inception V3	ResNet50
สายพันธุ์	หลังอาน	เยอรมัน เชเพิร์ด	บางแก้ว
หู	หูตั้ง	หูตั้ง	หูตก
หาง	หางยาว	หางยาว	หางสั้น
สีตัว	สีดำ, สีน้ำตาลอ่อน	สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาลเข้ม
ขน	ขนสั้น	ขนสั้น	ขนยาว
ปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ

ตารางที่ 4.13 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายจาก 2 สถาปัตยกรรมที่ประยุกต์ใช้กับโมเดลภาพที่ 5

ภาพที่ 5			
Model	ผลเฉลย	ผลทำนายจากสถาปัตยกรรม	
		Inception V3	ResNet50
สายพันธุ์	หลังอาน	หลังอาน	บีเกิ้ล
หู	หูตั้ง	หูตั้ง	หูตก
หาง	หางยาว	หางยาว	หางสั้น
สีตัว	สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาลเข้ม	สีขาว
ขน	ขนสั้น	ขนสั้น	ขนสั้น
ปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ

ตารางที่ 4.14 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายจาก 2 สถาปัตยกรรมที่ประยุกต์ใช้กับโมเดลภาพที่ 6

ภาพที่ 6			
Model	ผลเฉลย	ผลทำนายจากสถาปัตยกรรม	
		Inception V3	ResNet50
สายพันธุ์	เพมโพรก คอร์กี้	เพมโพรก คอร์กี้	เพมโพรก คอร์กี้
หู	หูตั้ง	หูตั้ง	หูตก
หาง	หางสั้น	หางสั้น	หางสั้น
สีตัว	สีน้ำตาลอ่อน, สีขาว	สีน้ำตาลอ่อน, สีขาว	สีน้ำตาลเข้ม, สีขาว
ขน	ขนยาว	ขนยาว	ขนยาว
ปลอกคอ	ปลอกคอสีดำ	ไม่มีปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ


ตารางที่ 4.15 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายจาก 2 สถาปัตยกรรมที่ประยุกต์ใช้กับโมเดลภาพที่ 7

ภาพที่ 7			
Model	ผลเฉลย	ผลทำนายจากสถาปัตยกรรม	
		Inception V3	ResNet50
สายพันธุ์	ปอมเมอเรเนียน	ปอมเมอเรเนียน	ปอมเมอเรเนียน
หู	หูตั้ง	หูตั้ง	หูตั้ง
หาง	หางสั้น	หางสั้น	หางสั้น
สีตัว	สีขาว	สีขาว	สีขาว
ขน	ขนยาว	ขนยาว	ขนยาว
ปลอกคอ	ปลอกคอสีดำ	ไม่มีปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ

ตารางที่ 4.16 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายจาก 2 สถาปัตยกรรมที่ประยุกต์ใช้กับโมเดลภาพที่ 8

ภาพที่ 8			
Model	ผลเฉลย	ผลทำนายจากสถาปัตยกรรม	
		Inception V3	ResNet50
สายพันธุ์	เฟรนช์ บูลดีอก	เฟรนช์ บูลดีอก	เฟรนช์ บูลดีอก
หู	หูตั้ง	หูตั้ง	หูตก
หาง	หางสั้น	หางสั้น	หางสั้น
สีตัว	สีดำ, สีขาว	สีดำ, สีขาว	สีขาว
ขน	ขนสั้น	ขนสั้น	ขนสั้น
ปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ

ตารางที่ 4.17 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายจาก 2 สถาปัตยกรรมที่ประยุกต์ใช้กับโมเดลภาพที่ 9

ภาพที่ 9			
Model	ผลเฉลย	ผลทำนายจากสถาปัตยกรรม	
		Inception V3	ResNet50
สายพันธุ์	เพมโพร้ก คอร์กี้	เพมโพร้ก คอร์กี้	เพมโพร้ก คอร์กี้
หู	หูตั้ง	หูตั้ง	หูตั้ง
หาง	หางสั้น	หางสั้น	หางสั้น
สีตัว	สีน้ำตาลอ่อน, สีขาว	สีน้ำตาลอ่อน, สีขาว	สีขาว
ขน	ขนสั้น	ขนสั้น	ขนสั้น
ปลอกคอ	ปลอกคอสีทอง	ไม่มีปลอกคอ	ไม่มีปลอกคอ

ตารางที่ 4.18 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายจาก 2 สถาปัตยกรรมที่ประยุกต์ใช้กับโมเดลภาพที่ 10

ภาพที่ 10			
Model	ผลเฉลย	ผลเฉลย	
		Inception V3	ResNet50
สายพันธุ์	โดเบอร์แมน	โดเบอร์แมน	โดเบอร์แมน
หู	หูตั้ง	หูตั้ง	หูตั้ง
หาง	หางสั้น	หางสั้น	หางสั้น
สีตัว	สีดำ, สีน้ำตาลเข้ม	สีดำ, สีน้ำตาลเข้ม	สีดำ, สีน้ำตาลเข้ม
ขน	ขนสั้น	ขนสั้น	ขนสั้น
ปลอกคอ	ปลอกคอสีเขียว	ปลอกคอสีเขียว	ปลอกคอสีเขียว

ตารางที่ 4.19 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพและการเลือกใช้

แบบเดิม	Accuracy (%)	เลือกใช้
สายพันธุ์	96	✓
หู	96	✓
หาง	76	✓
สีตัว	68	✓
ขน	45	✗
ปลอกคอ	86	✗

จากผลการเรียนรู้ของ 2 ปัตยกรรม ทั้ง 6 โมเดล โดยการทดลองดังกล่าว โดยที่โมเดลจากที่ได้เลือกเรียงจากค่า accuracy สูงไปต่ำ พบว่าโมเดลขนและปลอกคามีค่า Precision และค่า Recall ต่ำ และเมื่อนำโมเดลทั้ง 2 ไปทำนายผลกับรูปภาพสุนัข 100 รูป มีค่าเฉลี่ยการทำนายถูกต้องที่ต่ำ จึงเลือกมาใช้แค่ 4 โมเดลจากทั้ง 6 โมเดล คือ โมเดลสายพันธุ์ หู หาง สีตัว

4.2.2 รายละเอียดการ weight คะแนนเพื่อใช้ในการค้นหาสุนัขที่ต้องการ


การให้ weight คะแนนเข้ามาแก้ปัญหาการค้นหาสุนัขไม่เจอ กรณีถ่ายสุนัขตัวเดิมแต่ละมุน ทำให้ feature ไม่ตรงกัน การให้คะแนนเพื่อแสดงผลค่าที่ใกล้เคียงมากที่สุด

ตารางที่ 4.20 การ weight คะแนน

รายการ	คะแนน
สายพันธุ์อันดับที่ 1	4
สายพันธุ์อันดับที่ 2	1
หู	2
หาง	1
สีตัว	0.5
สีน้ำตาลเข้ม	0.5
สีน้ำตาลอ่อน	0.5
สีขาว	0.5
รวม	10

หลักการกำหนดค่าคะแนนได้จากการหาช่วงของค่าคำตอบที่ดีที่สุดจาก 100 รูปที่ใช้ทำการทดสอบที่จะแสดงรายการ weight คะแนนได้ดังนี้

ตารางที่ 4.21 ตัวอย่างผลลัพธ์การ weight คะแนนภาพที่ 1

ภาพที่ 1								
รายการที่ได้จากการทำนาย :								
breed1	breed2	ear_prob	tail_prob	black	dark_brown	light_brown	white	
Beagle (4)	Beagle (1)	0.0011 (2)	0.1508 (1)	0.0094 (0.5)	0.0781 (0.5)	0.6324 (0.5)	0.7798 (0.5)	
รายการที่ได้จากการ weight คะแนน :								
name	breed1	ear_prob	tail_prob	black	dark_brown	light_brown	white	total
Beagle_5203.jpg	Beagle (4)	1.14e-03 (2)	0.15 (1)	9.45e-03 (0.5)	0.08 (0.5)	0.63 (0.5)	0.78 (0.5)	9.0
Beagle_5182.jpg	Beagle (4)	3.51e-03 (2)	0.15 (1)	5.01e-03 (0.5)	0.34 (0.5)	0.69 (0.5)	0.80 (0.5)	9.0
Beagle_5139.jpg	Beagle (4)	0.09 (2)	0.15 (1)	0.29 (0.5)	6.32e-03 (0.5)	0.33 (0)	0.45 (0)	8.0
Beagle_5011.jpg	Beagle (4)	0.09 (2)	0.15 (1)	0.28 (0.5)	0.97 (0)	1.87e-03 (0)	0.74 (0.5)	8.0
Beagle_5309.jpg	Beagle (4)	0.02 (2)	0.15 (1)	2.51e-05 (0.5)	0.99 (0)	0.01 (0)	0.69 (0.5)	8.0
Beagle_6174.jpg	Beagle (4)	0.83 (0)	1.63e-03 (1)	0.86 (0)	0.28 (0.5)	1.43e-04 (0)	0.83 (0.5)	6.0
Beagle_7408.jpg	Beagle (4)	0.81 (0)	0.99 (0)	3.98e-05 (0.5)	0.84 (0)	0.15 (0)	0.24 (0)	4.5
Golden_6313.jpg	Golden_Retriever (1)	0.86 (0)	5.87e-04 (1)	1.9e-04 (0.5)	4.75e-04 (0.5)	0.04 (0)	0.94 (0.5)	3.5

โดยจะแสดงรายละเอียดชื่อรายการ ได้ดังนี้

breed1 คือชื่อสายพันธุ์ที่ทำนายอันดับที่ 1

breed2 คือชื่อสายพันธุ์ที่ทำนายถูกต้อง แต่มีโอกาสอยู่ในอันดับที่ 2

ear_prob คือค่าความน่าจะเป็นของหูที่ได้จากการทำนาย

tail_prob คือค่าความน่าจะเป็นของหางที่ได้จากการทำนาย

black คือค่าความน่าจะเป็นของสุนัขที่มีสีดำ

dark_brown คือค่าความน่าจะเป็นของสุนัขที่มีสีน้ำตาลเข้ม

light_brown คือค่าความน่าจะเป็นของสุนัขที่มีสีน้ำตาลอ่อน


white คือค่าความน่าจะเป็นของสุนัขที่มีสีขาว

total คือผลรวมคะแนนที่ได้จากการ weight คะแนน

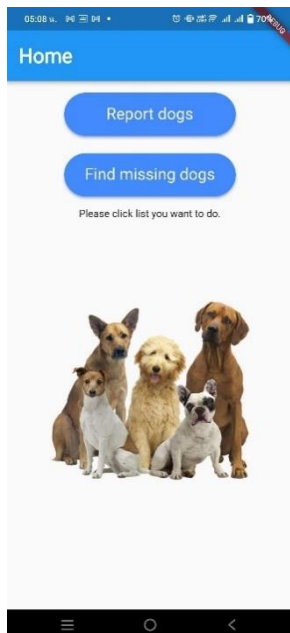
ตารางที่ 4.22 ตัวอย่างผลลัพธ์การ weight คะแนนภาพที่ 2

ภาพที่ 2																																																																																																				
รายการที่ได้จากการทำนาย :																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>breed1</th> <th>breed2</th> <th>ear_prob</th> <th>tail_prob</th> <th>black</th> <th>dark_brown</th> <th>light_brown</th> <th>white</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Chihuahua (4)</td> <td>Chihuahua (1)</td> <td>0.9936 (2)</td> <td>0.1540 (1)</td> <td>0.0029 (0.5)</td> <td>0.0199 (0.5)</td> <td>0.8964 (0.5)</td> <td>0.0092 (0.5)</td> </tr> </tbody> </table>		breed1	breed2	ear_prob	tail_prob	black	dark_brown	light_brown	white	Chihuahua (4)	Chihuahua (1)	0.9936 (2)	0.1540 (1)	0.0029 (0.5)	0.0199 (0.5)	0.8964 (0.5)	0.0092 (0.5)																																																																																			
breed1	breed2	ear_prob	tail_prob	black	dark_brown	light_brown	white																																																																																													
Chihuahua (4)	Chihuahua (1)	0.9936 (2)	0.1540 (1)	0.0029 (0.5)	0.0199 (0.5)	0.8964 (0.5)	0.0092 (0.5)																																																																																													
รายการที่ได้จากการ weight คะแนน :																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>name</th> <th>breed1</th> <th>ear_prob</th> <th>tail_prob</th> <th>black</th> <th>dark_brown</th> <th>light_brown</th> <th>white</th> <th>total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Chi_5346.jpg</td> <td>Chihuahua (4)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>9.99e-07 (0.5)</td> <td>1.26e-05 (0.5)</td> <td>0.96 (0.5)</td> <td>6.69e-02 (0.5)</td> <td>9.0</td> </tr> <tr> <td>Chi_5275.jpg</td> <td>Chihuahua (4)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>5.13e-04 (0.5)</td> <td>3.11e-03 (0.5)</td> <td>0.68 (0.5)</td> <td>0.24 (0.5)</td> <td>9.0</td> </tr> <tr> <td>Chi_9458.jpg</td> <td>Chihuahua (4)</td> <td>0.71 (2)</td> <td>5.82e-04 (1)</td> <td>1.67e-03 (0.5)</td> <td>1.44e-03 (0.5)</td> <td>0.40 (0)</td> <td>0.07 (0.5)</td> <td>8.5</td> </tr> <tr> <td>Chi_5150.jpg</td> <td>Chihuahua (4)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>5.55e-04 (0.5)</td> <td>4.04e-05 (0.5)</td> <td>0.07 (0)</td> <td>0.85 (0)</td> <td>8.0</td> </tr> <tr> <td>Chi_5132.jpg</td> <td>Chihuahua (4)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>0.60 (0)</td> <td>0.99 (0)</td> <td>8.11e-04 (0)</td> <td>0.55 (0)</td> <td>7.0</td> </tr> <tr> <td>Pom_5127.jpg</td> <td>Pomeranian (1)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>3.13e-07 (0.5)</td> <td>6.67e-07 (0.5)</td> <td>0.99 (0.5)</td> <td>0.01 (0.5)</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>Pom_5021.jpg</td> <td>Pomeranian (1)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>4.38e-06 (0.5)</td> <td>1.37e-04 (0.5)</td> <td>0.99 (0.5)</td> <td>8.19e-04 (0.5)</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>Chi_5275.jpg</td> <td>Chihuahua (4)</td> <td>0.35 (0)</td> <td>0.17 (1)</td> <td>1.41e-03 (0.5)</td> <td>3.07e-03 (0.5)</td> <td>0.01 (0)</td> <td>0.87 (0)</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>Pom_6003.jpg</td> <td>Pomeranian (1)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>2.41e-03 (0.5)</td> <td>0.52 (0)</td> <td>0.39 (0)</td> <td>1.5e-03 (0.5)</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td>Pom_0234.jpg</td> <td>Pomeranian (1)</td> <td>0.81 (2)</td> <td>3.72e-06 (1)</td> <td>5.36e-04 (0.5)</td> <td>2.32e-04 (0.5)</td> <td>0.06 (0)</td> <td>0.89 (0)</td> <td>5.0</td> </tr> </tbody> </table>		name	breed1	ear_prob	tail_prob	black	dark_brown	light_brown	white	total	Chi_5346.jpg	Chihuahua (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	9.99e-07 (0.5)	1.26e-05 (0.5)	0.96 (0.5)	6.69e-02 (0.5)	9.0	Chi_5275.jpg	Chihuahua (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	5.13e-04 (0.5)	3.11e-03 (0.5)	0.68 (0.5)	0.24 (0.5)	9.0	Chi_9458.jpg	Chihuahua (4)	0.71 (2)	5.82e-04 (1)	1.67e-03 (0.5)	1.44e-03 (0.5)	0.40 (0)	0.07 (0.5)	8.5	Chi_5150.jpg	Chihuahua (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	5.55e-04 (0.5)	4.04e-05 (0.5)	0.07 (0)	0.85 (0)	8.0	Chi_5132.jpg	Chihuahua (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	0.60 (0)	0.99 (0)	8.11e-04 (0)	0.55 (0)	7.0	Pom_5127.jpg	Pomeranian (1)	0.99 (2)	0.15 (1)	3.13e-07 (0.5)	6.67e-07 (0.5)	0.99 (0.5)	0.01 (0.5)	6.0	Pom_5021.jpg	Pomeranian (1)	0.99 (2)	0.15 (1)	4.38e-06 (0.5)	1.37e-04 (0.5)	0.99 (0.5)	8.19e-04 (0.5)	6.0	Chi_5275.jpg	Chihuahua (4)	0.35 (0)	0.17 (1)	1.41e-03 (0.5)	3.07e-03 (0.5)	0.01 (0)	0.87 (0)	6.0	Pom_6003.jpg	Pomeranian (1)	0.99 (2)	0.15 (1)	2.41e-03 (0.5)	0.52 (0)	0.39 (0)	1.5e-03 (0.5)	5.0	Pom_0234.jpg	Pomeranian (1)	0.81 (2)	3.72e-06 (1)	5.36e-04 (0.5)	2.32e-04 (0.5)	0.06 (0)	0.89 (0)	5.0
name	breed1	ear_prob	tail_prob	black	dark_brown	light_brown	white	total																																																																																												
Chi_5346.jpg	Chihuahua (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	9.99e-07 (0.5)	1.26e-05 (0.5)	0.96 (0.5)	6.69e-02 (0.5)	9.0																																																																																												
Chi_5275.jpg	Chihuahua (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	5.13e-04 (0.5)	3.11e-03 (0.5)	0.68 (0.5)	0.24 (0.5)	9.0																																																																																												
Chi_9458.jpg	Chihuahua (4)	0.71 (2)	5.82e-04 (1)	1.67e-03 (0.5)	1.44e-03 (0.5)	0.40 (0)	0.07 (0.5)	8.5																																																																																												
Chi_5150.jpg	Chihuahua (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	5.55e-04 (0.5)	4.04e-05 (0.5)	0.07 (0)	0.85 (0)	8.0																																																																																												
Chi_5132.jpg	Chihuahua (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	0.60 (0)	0.99 (0)	8.11e-04 (0)	0.55 (0)	7.0																																																																																												
Pom_5127.jpg	Pomeranian (1)	0.99 (2)	0.15 (1)	3.13e-07 (0.5)	6.67e-07 (0.5)	0.99 (0.5)	0.01 (0.5)	6.0																																																																																												
Pom_5021.jpg	Pomeranian (1)	0.99 (2)	0.15 (1)	4.38e-06 (0.5)	1.37e-04 (0.5)	0.99 (0.5)	8.19e-04 (0.5)	6.0																																																																																												
Chi_5275.jpg	Chihuahua (4)	0.35 (0)	0.17 (1)	1.41e-03 (0.5)	3.07e-03 (0.5)	0.01 (0)	0.87 (0)	6.0																																																																																												
Pom_6003.jpg	Pomeranian (1)	0.99 (2)	0.15 (1)	2.41e-03 (0.5)	0.52 (0)	0.39 (0)	1.5e-03 (0.5)	5.0																																																																																												
Pom_0234.jpg	Pomeranian (1)	0.81 (2)	3.72e-06 (1)	5.36e-04 (0.5)	2.32e-04 (0.5)	0.06 (0)	0.89 (0)	5.0																																																																																												

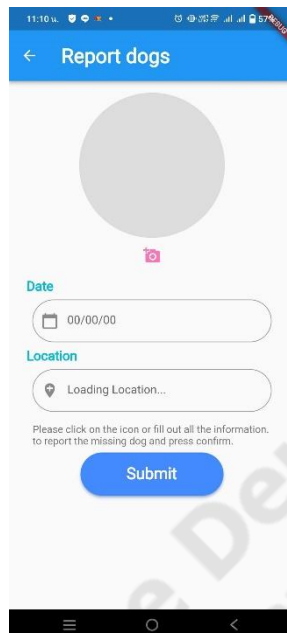
ตารางที่ 4.23 ตัวอย่างผลลัพธ์การ weight คะแนนภาพที่ 3

ภาพที่ 3																																																																																																													
รายการที่ได้จากการทำนาย :																																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>breed1</th> <th>breed2</th> <th>ear_prob</th> <th>tail_prob</th> <th>black</th> <th>dark_brown</th> <th>light_brown</th> <th>white</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>German_Shepherd (4)</td> <td>German_Shepherd (1)</td> <td>0.9787 (2)</td> <td>0.1529 (1)</td> <td>0.9935 (0.5)</td> <td>0.9124 (0.5)</td> <td>0.0021 (0.5)</td> <td>0.1049 (0.5)</td> </tr> </tbody> </table>		breed1	breed2	ear_prob	tail_prob	black	dark_brown	light_brown	white	German_Shepherd (4)	German_Shepherd (1)	0.9787 (2)	0.1529 (1)	0.9935 (0.5)	0.9124 (0.5)	0.0021 (0.5)	0.1049 (0.5)																																																																																												
breed1	breed2	ear_prob	tail_prob	black	dark_brown	light_brown	white																																																																																																						
German_Shepherd (4)	German_Shepherd (1)	0.9787 (2)	0.1529 (1)	0.9935 (0.5)	0.9124 (0.5)	0.0021 (0.5)	0.1049 (0.5)																																																																																																						
รายการที่ได้จากการ weight คะแนน :																																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>name</th> <th>breed1</th> <th>ear_prob</th> <th>tail_prob</th> <th>black</th> <th>dark_brown</th> <th>light_brown</th> <th>white</th> <th>total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ger_5175.jpg</td> <td>German_Shepherd (4)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>0.99 (0.5)</td> <td>0.98 (0.5)</td> <td>0.01 (0.5)</td> <td>9.21e-04 (0.5)</td> <td>9.0</td> </tr> <tr> <td>Ger_2742.jpg</td> <td>German_Shepherd (4)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>8.27e-04 (1)</td> <td>0.99 (0.5)</td> <td>0.99 (0.5)</td> <td>1.99e-03 (0.5)</td> <td>6.78e-04 (0.5)</td> <td>9.0</td> </tr> <tr> <td>Ger_5103.jpg</td> <td>German_Shepherd (4)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>0.85 (0.5)</td> <td>0.99 (0.5)</td> <td>0.01 (0.5)</td> <td>0.45 (0.5)</td> <td>9.0</td> </tr> <tr> <td>Do_5196.jpg</td> <td>German_Shepherd (4)</td> <td>0.95 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>0.99 (0.5)</td> <td>0.18 (0)</td> <td>1.77e-04 (0.5)</td> <td>5.05e-03 (0.5)</td> <td>8.5</td> </tr> <tr> <td>Ger_5023.jpg</td> <td>German_Shepherd (4)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>0.87 (0.5)</td> <td>0.93 (0.5)</td> <td>5.57e-03 (0.5)</td> <td>0.99 (0)</td> <td>8.5</td> </tr> <tr> <td>Do_5296.jpg</td> <td>German_Shepherd (4)</td> <td>0.97 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>0.99 (0.5)</td> <td>0.18 (0)</td> <td>1.77 (0.5)</td> <td>5.05e-03 (0.5)</td> <td>8.5</td> </tr> <tr> <td>Do_4176.jpg</td> <td>German_Shepherd (4)</td> <td>0.94 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>0.99 (0.5)</td> <td>0.18 (0)</td> <td>1.71 (0.5)</td> <td>5.02e-03 (0.5)</td> <td>8.5</td> </tr> <tr> <td>Do_8876.jpg</td> <td>German_Shepherd (4)</td> <td>0.94 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>0.99 (0.5)</td> <td>0.18 (0)</td> <td>1.82 (0.5)</td> <td>5.05e-03 (0.5)</td> <td>8.5</td> </tr> <tr> <td>Pom_5019.jpg</td> <td>Pomeranian (1)</td> <td>0.71 (2)</td> <td>0.16 (1)</td> <td>0.02 (0)</td> <td>0.14 (0)</td> <td>0.89 (0)</td> <td>4.02e-04 (0.5)</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>Pom_4089.jpg</td> <td>Pomeranian (1)</td> <td>0.68 (2)</td> <td>0.17 (1)</td> <td>0.02 (0)</td> <td>0.14 (0)</td> <td>0.85 (0)</td> <td>4.13e-04 (0.5)</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>Pom_5004.jpg</td> <td>Pomeranian (1)</td> <td>0.99 (2)</td> <td>0.15 (1)</td> <td>1.97e-04 (0)</td> <td>2.03e-03 (0)</td> <td>0.99 (0)</td> <td>1.13e-03 (0.5)</td> <td>4.5</td> </tr> </tbody> </table>		name	breed1	ear_prob	tail_prob	black	dark_brown	light_brown	white	total	Ger_5175.jpg	German_Shepherd (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	0.99 (0.5)	0.98 (0.5)	0.01 (0.5)	9.21e-04 (0.5)	9.0	Ger_2742.jpg	German_Shepherd (4)	0.99 (2)	8.27e-04 (1)	0.99 (0.5)	0.99 (0.5)	1.99e-03 (0.5)	6.78e-04 (0.5)	9.0	Ger_5103.jpg	German_Shepherd (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	0.85 (0.5)	0.99 (0.5)	0.01 (0.5)	0.45 (0.5)	9.0	Do_5196.jpg	German_Shepherd (4)	0.95 (2)	0.15 (1)	0.99 (0.5)	0.18 (0)	1.77e-04 (0.5)	5.05e-03 (0.5)	8.5	Ger_5023.jpg	German_Shepherd (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	0.87 (0.5)	0.93 (0.5)	5.57e-03 (0.5)	0.99 (0)	8.5	Do_5296.jpg	German_Shepherd (4)	0.97 (2)	0.15 (1)	0.99 (0.5)	0.18 (0)	1.77 (0.5)	5.05e-03 (0.5)	8.5	Do_4176.jpg	German_Shepherd (4)	0.94 (2)	0.15 (1)	0.99 (0.5)	0.18 (0)	1.71 (0.5)	5.02e-03 (0.5)	8.5	Do_8876.jpg	German_Shepherd (4)	0.94 (2)	0.15 (1)	0.99 (0.5)	0.18 (0)	1.82 (0.5)	5.05e-03 (0.5)	8.5	Pom_5019.jpg	Pomeranian (1)	0.71 (2)	0.16 (1)	0.02 (0)	0.14 (0)	0.89 (0)	4.02e-04 (0.5)	4.5	Pom_4089.jpg	Pomeranian (1)	0.68 (2)	0.17 (1)	0.02 (0)	0.14 (0)	0.85 (0)	4.13e-04 (0.5)	4.5	Pom_5004.jpg	Pomeranian (1)	0.99 (2)	0.15 (1)	1.97e-04 (0)	2.03e-03 (0)	0.99 (0)	1.13e-03 (0.5)	4.5
name	breed1	ear_prob	tail_prob	black	dark_brown	light_brown	white	total																																																																																																					
Ger_5175.jpg	German_Shepherd (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	0.99 (0.5)	0.98 (0.5)	0.01 (0.5)	9.21e-04 (0.5)	9.0																																																																																																					
Ger_2742.jpg	German_Shepherd (4)	0.99 (2)	8.27e-04 (1)	0.99 (0.5)	0.99 (0.5)	1.99e-03 (0.5)	6.78e-04 (0.5)	9.0																																																																																																					
Ger_5103.jpg	German_Shepherd (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	0.85 (0.5)	0.99 (0.5)	0.01 (0.5)	0.45 (0.5)	9.0																																																																																																					
Do_5196.jpg	German_Shepherd (4)	0.95 (2)	0.15 (1)	0.99 (0.5)	0.18 (0)	1.77e-04 (0.5)	5.05e-03 (0.5)	8.5																																																																																																					
Ger_5023.jpg	German_Shepherd (4)	0.99 (2)	0.15 (1)	0.87 (0.5)	0.93 (0.5)	5.57e-03 (0.5)	0.99 (0)	8.5																																																																																																					
Do_5296.jpg	German_Shepherd (4)	0.97 (2)	0.15 (1)	0.99 (0.5)	0.18 (0)	1.77 (0.5)	5.05e-03 (0.5)	8.5																																																																																																					
Do_4176.jpg	German_Shepherd (4)	0.94 (2)	0.15 (1)	0.99 (0.5)	0.18 (0)	1.71 (0.5)	5.02e-03 (0.5)	8.5																																																																																																					
Do_8876.jpg	German_Shepherd (4)	0.94 (2)	0.15 (1)	0.99 (0.5)	0.18 (0)	1.82 (0.5)	5.05e-03 (0.5)	8.5																																																																																																					
Pom_5019.jpg	Pomeranian (1)	0.71 (2)	0.16 (1)	0.02 (0)	0.14 (0)	0.89 (0)	4.02e-04 (0.5)	4.5																																																																																																					
Pom_4089.jpg	Pomeranian (1)	0.68 (2)	0.17 (1)	0.02 (0)	0.14 (0)	0.85 (0)	4.13e-04 (0.5)	4.5																																																																																																					
Pom_5004.jpg	Pomeranian (1)	0.99 (2)	0.15 (1)	1.97e-04 (0)	2.03e-03 (0)	0.99 (0)	1.13e-03 (0.5)	4.5																																																																																																					

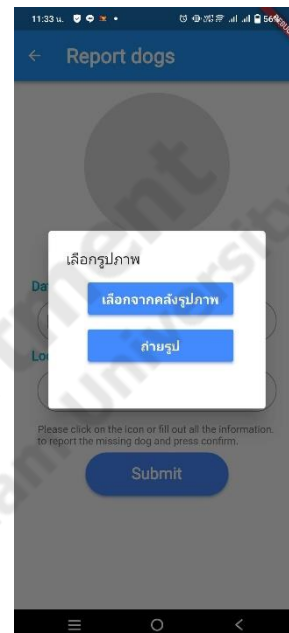
4.3 ตัวอย่างการทำนายบน Mobile Application



(ก) หน้าแรก



(ข) หน้ารายงานสุนัขที่พบ

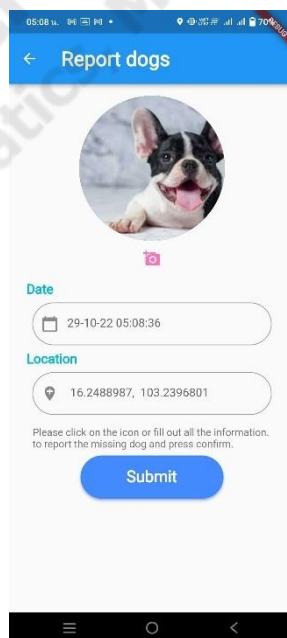


(ค) หน้าเมนูเลือกรูปภาพ

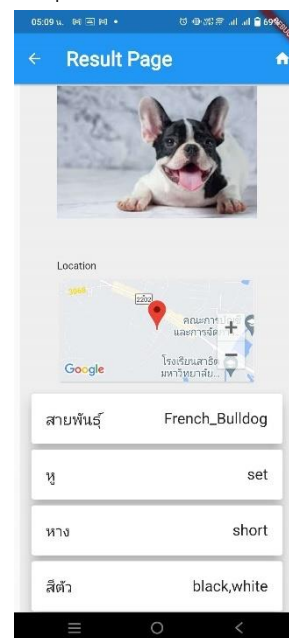
ภาพประกอบที่ 4.1 ตัวอย่างการทำนายบน Application สำหรับการรายงานสุนัขที่พบ ภาพที่ 1



(ก) หน้าคลังรูปภาพ



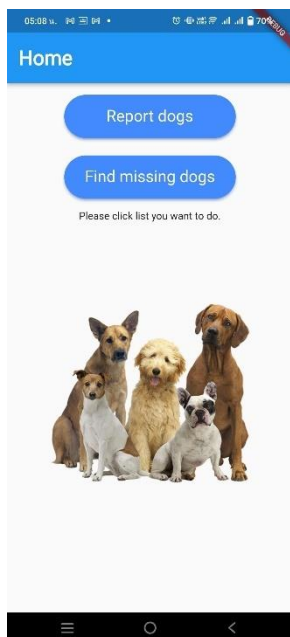
(ข) หน้ารายงานสุนัขที่พบ



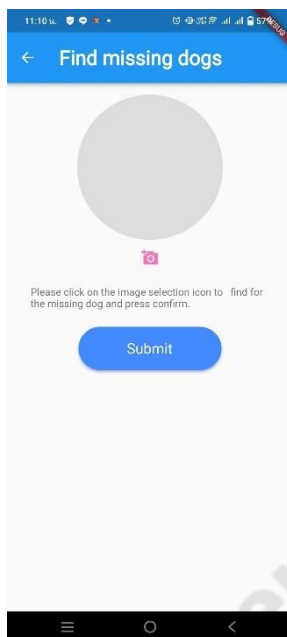
(ค) หน้าดูรายละเอียด

หลังเลือกรูปภาพ

ภาพประกอบที่ 4.2 ตัวอย่างการทำนายบน Application สำหรับการรายงานสุนัขที่พบ ภาพที่ 2



(ก) หน้าแรก



(ข) หน้าค้นหา

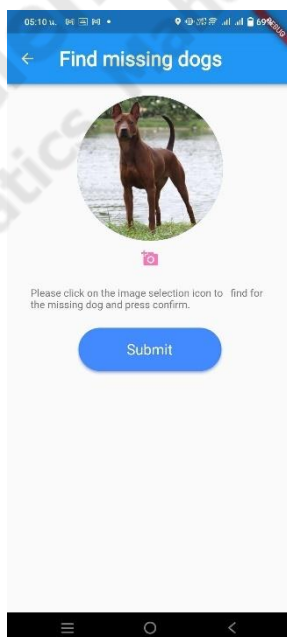


(ค) หน้าเมนูเลือกรูปภาพ

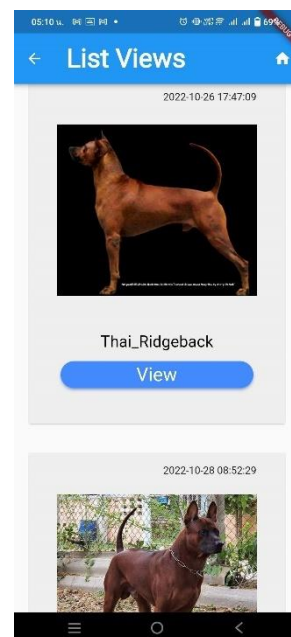
ภาพประกอบที่ 4.3 ตัวอย่างการทำนายบน Application สำหรับการค้นหาสุนัข ภาพที่ 1



(ก) หน้าคลังรูปภาพ



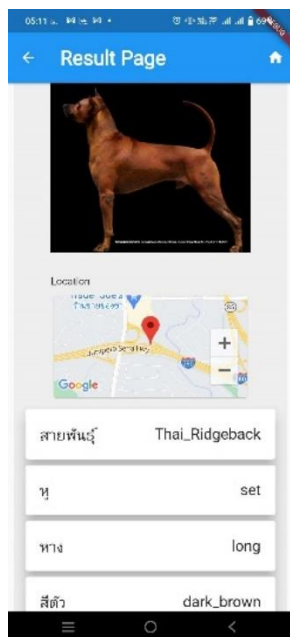
(ข) หน้าค้นหา



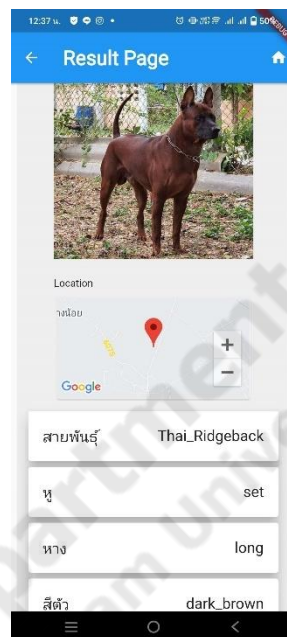
(ค) หน้าแสดงรายการค้นหา

หลังเลือกรูปภาพ

ภาพประกอบที่ 4.4 ตัวอย่างการทำนายบน Application สำหรับการค้นหาสุนัข ภาพที่ 2



(ก) หน้าดูรายละเอียดรายการที่ 1



(ข) หน้าดูรายละเอียดรายการที่ 2

ภาพประกอบที่ 4.5 ตัวอย่างการทำนายบน Application สำหรับการค้นหาสุนัข ภาพที่ 3

4.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองในการหาสถาปัตยกรรม CNN ที่ดีที่สุดโดยการทดลองจากภาพจำนวน 3,973 ภาพพบว่าสถาปัตยกรรม Inception V3 มีค่า Accuracy เป็น 96 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับสถาปัตยกรรม ResNet50 จากตารางการทดลองที่ 4.3 และตารางการทดลองที่ 4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากการคำนวณ Confusion Matrix และทำการทดสอบกับภาพจริงและเปรียบเทียบกับผลทำนาย จึงทำให้สรุปได้ว่าสถาปัตยกรรม Inception V3 มีประสิทธิภาพในการทำนายที่ดีกว่า ดังนั้นในงานนี้จึงเลือกใช้สถาปัตยกรรม Inception V3 สำหรับการนำมาประยุกต์ใช้กับตัวโมเดลที่ทำการออกแบบ

จากการวิเคราะห์การทดสอบทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ว่าโมเดลที่เหมาะสมที่สุดคือโมเดลที่มีสถาปัตยกรรม Inception V3 มาประยุกต์ใช้ จึงได้นำโมเดลดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับ Application เพื่อเป็นการใช้งานโปรแกรมระบบค้นหาสุนัขด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

เนื่องจากในส่วนของการทำ Multi-label classification ซึ่งเป็นการหาคุณลักษณะเฉพาะ ได้มีการนำโมเดลทั้ง 5 โมเดลได้แก่ หู หาง สีตัว ขน ปอดคอก มาทดสอบกับภาพจำนวน 2,772 ภาพ พบว่าโมเดลขนและปอดคอกมีการประเมินประสิทธิภาพโมเดลที่มีค่า Precision และ Recall ต่ำ แล้วเมื่อได้นำมาทดสอบกับข้อมูลจริง แล้วผลไม่เป็นไปตามที่คาด ผลทำนายส่วนมากไม่ตรงกับผลเฉลยเพราะข้อมูลภาพประเภทปอดคอกมีความหลากหลายของข้อมูลน้อยกว่าชุดข้อมูลอื่นๆ ซึ่ง label ไม่มีความสมดุลกัน จึงเป็นผลให้การทำนายผิดพลาด ดังนั้นจึงเลือกโมเดลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับงาน 4 โมเดล

ได้แก่ สายพันธุ์ หู หาง สีสัว เนื่องจากโมเดลชน และปลอกคอ มีการรู้จำและทำนายผิดพลาดมากกว่า เนื่องจากชุดข้อมูล จึงไม่นำมาใช้กับงาน เนื่องจากไม่มีความหลากหลายทางของชุดข้อมูลมากพอ

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Maharakham University