

การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตา
ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่

ณัชชา ชาวปิง

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2562

CAT BREED GROUPS IDENTIFICATION BY EYE SHAPE MATCHING
USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES

Nacha Zawping

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master of Science Program in Information Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2019

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมลงจากคุณลักษณะรูปทรงของ
ดวงตาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่

โดย

ณัฏชา ชาวปิง

สาขาวิชา

เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร. สะพรั่งสิทธิ์ มฤตสาร

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ทิฆัมภ์ เจริญพงษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติพร เลิศรัตน์เดชากุล)

.....กรรมการ

(ดร. ณัฐกิตต์ จิตรเอื้อตระกูล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. สะพรั่งสิทธิ์ มฤตสาร)

ณัชชา ชาวปิง : การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปร่างของดวงตาด้วย
เทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. สะพรั่งสิทธิ์มฤตสาธร, 70
หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจำนวน 45 สายพันธุ์ ตาม
มาตรฐาน CFA (The Cat Fanciers' Association) โดยใช้คุณลักษณะของรูปร่างของดวงตาตาม
มาตรฐาน TICA (The International Cat Association) เป็นตัวกำหนดกลุ่มของสายพันธุ์ตาม
ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มรูปร่าง ด้วยวิธีการประมวลผลข้อมูลภาพแบบจับคู่
(Template Matching) ในการหาค่าความคล้ายคลึงกันภายในกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบ
ระหว่างรูปร่างแม่แบบ (Shape Template) กับรูปภาพที่ใช้ในการทดลอง (Input Image) ด้วย
วิธีการหาค่าสหสัมพันธ์เพื่อเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของรูปทรง โดยใช้วิธีแบบนอร์มัลไลซ์ครอส
คอร์เรเลชัน (Normalized Cross-Correlation) ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างจุด
พิกเซลสองภาพ

ในการจับคู่แม่แบบจะหาค่าความคล้ายคลึงกันที่ดีที่สุด (Best Score) โดยผลลัพธ์จะแสดง
ออกมาเป็นรูปแบบตารางพิกเซลสำหรับการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์ด้วยวิธีการแบบ Pixel-Base
เพื่อใช้ในการหาค่าดัชนีความคล้ายคลึงของภาพ (Structural Similarity Index Measure) โดย
ผลลัพธ์ของค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันในแต่ละรูปทรงที่ปรากฏในการทดสอบในแมวแต่ละสายพันธุ์จะ
ถูกจัดกลุ่มด้วยวิธีการหาค่ายกกำลังสองของกลุ่มด้วยหลักการแบบ Root Mean Square (RMS)
สำหรับจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยคุณลักษณะรูปร่างของดวงตาออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ รูปทรง
กลม รูปทรงวงรี รูปทรงอัลมอนต์ และรูปทรงคล้ายผลไม้ เพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการ
ด้วยหลักการของคอนฟิวชันแมทริกซ์มัลติคลาส (Confusion Matrix Multi Class) ในการตรวจสอบ
ความแม่นยำโดยผลลัพธ์ปรากฏเป็นค่า Accuracy ถึง 84.44 เปอร์เซ็นต์

NACHA ZAWPING : CAT BREED GROUPS IDENTIFICATION BY EYE SHAPE MATCHING USING
IMAGE PROCESSING TECHNIQUES. ADVISOR : DR. SAPRANGSIT MRUETUSATORN, 70 PP.

The objective of this research is to identify 4 groups of genetic relationships from 45 cat breeds according to The Cat Fanciers' Association (CFA), based on the feature of cat-eye shape stipulated by International Cat Association (TICA) using image processing techniques through template matching in order to determine the intergroup similarities by comparing the shape template with the input image and the correlations to compare the shape similarities as well as to use Normalized Cross-Correlation as a technique to determine the relationship between two pixel points.

In the template matching, this process is conducted to determine best score similarity. The results of identifying cat breed groups are shown in a pixel matrix using pixel-based method to measure Structural Similarity Index Measure (SSIM). By testing each cat breed, Structural Similarity Index values are classified by Root Mean Square (RMS) for identifying cat breed groups with the feature of four cat-eye shapes, namely a round shape, an oval shape, an almond shape, and fruit shape to determine the performance of Confusion Matrix Multi Class method to verify the accuracy. The result of accuracy is 84.44 percent.

Graduate School Student's
Field of Study Information Technology Advisor's
Academic Year 2019

Signature.....
Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยความรู้ของอาจารย์ ดร. สะพรั่งสิทธิ์ มฤตุสาธกร อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษา สำหรับทุกช่วงของการวิจัยรวมถึงการให้คำวิจารณ์ต่างๆ ที่ทำให้ผลงาน เสร็จสมบูรณ์ลงได้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความซาบซึ้งเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบทุกท่าน ได้แก่ รศ.ดร. ทิฆัมภ์ ภิรมย์พงษ์ เป็น ประธานกรรมการในการสอบ ผศ.ดร. วิฑิตพร เลิศรัตน์เดชากุล และ ดร. ณัฐกิตติ จิตรเอื้อตระกูล ที่กรุณา ตรวจวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาที่ครอบคลุมในทุกส่วนของการศึกษาและทุนการวิจัยในระดับมหาบัณฑิตด้วยความซาบซึ้งเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัว ที่เป็นผู้เบิกทางให้กับการศึกษา รวมถึงการทำงานวิจัยชิ้นนี้ คำแนะนำต่างๆ จนทำให้มีโอกาสทำให้วิจัยชิ้นนี้ให้ลุล่วงได้ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ ในการนำไปใช้ในอนาคตต่อไป ขอขอบคุณอีกครั้ง

ณชชา ชาวปิง

TNI

THAI - JAPAN
NICHII INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตและสมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 สายพันธุ์ของแมว.....	5
2.1.1 คุณลักษณะภายใน หรือพันธุกรรมของสายพันธุ์แมว.....	6
2.1.1.1 ความแปรปรวนทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว.....	7
2.1.1.2 การจำแนกกลุ่มตามความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว.....	7
2.1.2 คุณลักษณะภายนอกของสายพันธุ์แมว.....	8
2.1.2.1 การแบ่งกลุ่มสายพันธุ์แมวตามคุณลักษณะของขน.....	9
2.1.2.2 คุณลักษณะของรูปร่างในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน.....	10
2.1.2.3 คุณลักษณะของสีในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน.....	16
2.2 มาตรฐานของสายพันธุ์แมว.....	19
2.2.1 มาตรฐาน CFA (The Cat Fanciers' Association).....	19
2.2.1.1 การจดทะเบียนสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน CFA.....	19

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2	2.2.1.2 การแบ่งกลุ่มของสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน CFA.....	20
	2.2.2 มาตรฐาน TICA (The International Cat Association).....	20
	2.2.2.1 การจดทะเบียนสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน TICA.....	20
	2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
	2.3.1 การจำแนกคุณลักษณะของสายพันธุ์.....	21
	2.3.2 การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์ด้วยการประมวลผลข้อมูลภาพ.....	22
	2.3.3 การจับคู่แม่แบบจากรูปทรง.....	22
	2.4 วิธีการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	23
	2.4.1 วิธีการจำแนกข้อมูลภาพ.....	23
	2.4.2 วิธีการประมวลผลข้อมูลภาพแบบแบ่งส่วนของข้อมูล.....	23
	2.4.3 วิธีการจับคู่แม่แบบจากรูปทรง.....	25
	2.4.4 วิธีการหาความคล้ายคลึงกันของและค่าเฉลี่ยกำลังสองในการ จัดกลุ่มของรูปทรง.....	25
	2.4.5 วิธีการประเมินผล.....	27
3	วิธีและกระบวนการวิจัย.....	29
	3.1 ขั้นตอนการวิจัย.....	29
	3.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ความแตกต่างทางคุณลักษณะของสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์ตามมาตรฐาน.....	30
	3.1.2 กระบวนการจัดเตรียมข้อมูลสำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพแบบ จับคู่.....	30
	3.1.2.1 รวบรวมรูปภาพ และข้อมูลของสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์.....	30
	3.1.2.2 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ.....	30
	3.1.3 การกำหนดกลุ่มของคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาในสายพันธุ์แมว.....	30
	3.1.4 กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล.....	36
	3.1.5 ออกแบบและพัฒนาวิธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมว ด้วยการจับคู่ แม่แบบตามคุณลักษณะของรูปทรง.....	37

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	3.1.6 จำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวและตรวจสอบประสิทธิภาพ.....	37
	3.1.7 วิเคราะห์ ประเมิน และอภิปรายผล.....	38
4	ผลลัพธ์ของงานวิจัย.....	39
	4.1 ผลลัพธ์ของการประมวลผลข้อมูลภาพขั้นต้น.....	39
	4.2 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แบบนอนัลไลซ์ครอสคอร์เลชัน ในกระบวนการจับคู่แม่แบบรูปทรง.....	41
	4.3 ผลลัพธ์ของการประเมินผล.....	43
5	บทสรุป.....	46
	5.1 สรุปผลการวิจัย	46
	5.2 ข้อจำกัด.....	46
	5.3 ข้อเสนอแนะ	47
	บรรณานุกรม.....	48
	ภาคผนวก.....	55
	ภาคผนวก ก. โค้ดโปรแกรม.....	56
	ภาคผนวก ข. สไลด์นำเสนอวิทยานิพนธ์.....	61
	ประวัติย่อผู้วิจัย.....	70

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1	คุณลักษณะของกลุ่มสีปกติในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน..... 17
2.2	คุณลักษณะของกลุ่มสีพิเศษในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน..... 18
2.3	การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างมาตรฐาน CFA และ มาตรฐาน TICA..... 21
3.1	ปริมาณของคุณลักษณะ 3 คุณลักษณะของรูปทรงในสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์ตาม มาตรฐานปี 2018-2019..... 32
3.2	กลุ่มของสายพันธุ์แมวจากการจำแนกตามคุณลักษณะของดวงตา CFA..... 33
3.3	กลุ่มของสายพันธุ์แมวจากการจำแนกตามคุณลักษณะของดวงตา TICA..... 35
4.1	ผลรวมของค่ายกกำลังสองใน 4 กลุ่มของสายพันธุ์ จากภาพทดลอง 45 ภาพ..... 43
4.2	ผลลัพธ์ของงานวิจัย..... 47

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	สปีชีส์ของแมวในสกุล Felis.....	5
2.2	สายพันธุ์ของแมวจำนวน 45 สายพันธุ์ตามมาตรฐาน CFA.....	6
2.3	ความเชื่อมโยงของความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว 23 สายพันธุ์.....	8
2.4	องค์ประกอบของคุณลักษณะภายนอก.....	9
2.5	คุณลักษณะของขนแมวในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน.....	10
2.6	องค์ประกอบของหัวของแมว.....	11
2.7	คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Modified Wedge.....	12
2.8	คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Round.....	12
2.9	คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Triangle.....	13
2.10	คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Tapering Wedge.....	13
2.11	คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Egg.....	13
2.12	คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Heart.....	14
2.13	คุณลักษณะของรูปทรงหูในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน.....	14
2.14	คุณลักษณะของรูปทรงดวงตาในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน.....	15
2.15	สีของดวงตาในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน.....	19
2.16	คอนฟิวชันแมทริกซ์มัลติคลาส.....	28
3.1	กระบวนการทำงาน (Workflow).....	30
4.1	การปรับภาพสี RGB ในรูปทรงของดวงตา.....	40
4.2	การผสมภาพเพื่อลดสิ่งรบกวน.....	41
4.3	การแปลงภาพเป็นไบนารี.....	41
4.4	การหาขอบเขตของรูปทรงเพื่อสร้างแม่แบบ.....	41
4.5	การหาค่า Centriod ของรูปทรง.....	42
4.6	การปรับมุมมอง.....	42
4.7	การวิเคราะห์คอนฟิวชันแมทริกซ์มัลติคลาส.....	46

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แมวเป็นหนึ่งในสัตว์เลี้ยงที่ได้รับความนิยมมาเป็นเวลายาวนาน ในประวัติศาสตร์หลักฐานทางโบราณคดีได้ทำการค้นพบต้นกำเนิดของสายพันธุ์แมวยาวนานราว 9,000-10,000 ปีก่อนคริสตกาล โดยการค้นพบมัมมี่แมวในสมัยอียิปต์โบราณเป็นหลักฐานทางประวัติศาสตร์ที่เก่าแก่ที่สุด [1] ซึ่งปรากฏให้เห็นคุณลักษณะของแมวโบราณที่มีความคล้ายคลึงกับแมวสายพันธุ์ Abyssinian การผลิตถิ่นของแมวทำให้เกิดการขยายสายพันธุ์ของแมวไปในหลายพื้นที่ของโลก [2] การกำเนิดแมวสายพันธุ์ใหม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางพันธุกรรม แมวบางสายพันธุ์ได้รับการวิวัฒนาการมาจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมตามธรรมชาติรวมไปถึงการข้ามสายพันธุ์ และในแมวบางสายพันธุ์เกิดขึ้นจากการกลายพันธุ์จากการผสมข้ามสปีชีส์ คุณลักษณะของสายพันธุ์แมวที่แตกต่างกันทำให้มีหลายสมาคมให้ความสนใจและทำการศึกษา เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานเฉพาะของสมาคมที่ได้ผ่านการวิจัยในการแบ่งแยกระบุสายพันธุ์ที่ชัดเจนในทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้รับการยอมรับไปทั่วโลก อาทิ มาตรฐาน CFA (The Cat Fanciers' Association) [3] และ มาตรฐาน TICA (The International Cat Association) [4] ในประเทศไทย ชมรมผู้นิยมแมวแห่งประเทศไทย หรือ CFCT (Cat Fanciers' Club of Thailand) [5] เป็นหนึ่งในสมาชิกที่ได้ขึ้นทะเบียนโดยใช้มาตรฐาน CFA โดยมีสายพันธุ์แมวที่ได้รับการระบุไว้ตามมาตรฐาน Show Standards ของ CFA ปี 2019-2020 จำนวน 45 สายพันธุ์ [6]

การจำแนกสายพันธุ์แมวเป็นเรื่องละเอียดอ่อน เนื่องจากการจำแนกความแตกต่างระหว่างสัตว์เลี้ยงในกลุ่มสปีชีส์ที่มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมร่วมกัน ทำให้ปรากฏคุณลักษณะภายนอกที่มีความคล้ายคลึงกัน ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องใช้มนุษย์ในการจำแนกเท่านั้น โดยผู้ที่ได้รับการยอมรับในการตรวจสอบและจำแนกสายพันธุ์แมว ต้องเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ที่ได้รับการอบรมตามกฎระเบียบของมาตรฐานอย่างเคร่งครัด ในการพิจารณาการจดทะเบียนและการส่งแมวเข้าประกวด ถึงแม้ว่าการจำแนกสายพันธุ์แมวด้วยมนุษย์จะได้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างตรงตามมาตรฐาน และสามารถเชื่อถือได้ ซึ่งอาจต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานหรืออาจก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนจากดุลพินิจของผู้พิจารณา

การจำแนกสายพันธุ์แมวมีผลต่อธุรกิจในตลาดสัตว์เลี้ยง สายพันธุ์แมวที่ได้รับการจดทะเบียน หรือสายพันธุ์แมวที่ผ่านการประกวดมักมีราคาที่สูงทั้งยังมีโอกาสในการหาบ้านหรือผู้เลี้ยงได้ง่ายกว่าแมวเลี้ยงตามท้องตลาดทั่วไป ในขณะที่เดียวกันธุรกิจสินค้าและบริการสัตว์เลี้ยง เริ่มเข้ามา

มีบทบาทในสังคมไทยอย่างแพร่หลาย โดยภาพรวมของธุรกิจสินค้าและบริการสัตว์เลี้ยงของประเทศไทยในปี 2561 มีมูลค่าอยู่ที่ 3 หมื่นล้านบาท เพิ่มขึ้นถึง 10% จากปี 2559 ในจำนวนข้างต้นธุรกิจอาหารสัตว์มีส่วนที่ใหญ่ที่สุดถึง 45% มีมูลค่ากว่า 1.33 หมื่นล้านบาท ตามมาด้วยธุรกิจดูแลสุขภาพสัตว์ที่มีสัดส่วน 32% มูลค่าการตลาดอยู่ที่ 9,300 ล้านบาท และธุรกิจ สินค้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิ เสื้อผ้า เครื่องประดับ ของเล่น โดยมีสัดส่วน 23% มีมูลค่าการตลาดกว่า 6,700 ล้านบาท [7] การจำแนกความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์แมวอย่างชัดเจนจะก่อให้เกิดผลประโยชน์ในการเพิ่มโอกาสในการหาบ้านหรือผู้รับเลี้ยงสำหรับทั้งในแมวฟาร์มและแมวจรจัด รวมไปถึงผลประโยชน์ในเชิงธุรกิจสัตว์เลี้ยง ธุรกิจสินค้าและบริการสัตว์เลี้ยง ได้อย่างมีนัยสำคัญสำหรับการเตรียมพร้อมรับมือและพัฒนาสินค้าเพื่อต่อยอดทางธุรกิจ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นออกแบบและพัฒนาวิธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตา โดยอ้างอิงสายพันธุ์ตามมาตรฐานโลก 2 มาตรฐาน ได้แก่มาตรฐาน CFA ในการอ้างอิงจำนวนและข้อมูลทางคุณลักษณะเฉพาะของสายพันธุ์แมวที่ผ่านการจดทะเบียน 45 สายพันธุ์ และมาตรฐาน TICA สำหรับอ้างอิงคุณลักษณะของรูปทรงดวงตา บุรณาการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน [8] โดยเสนอวิธีการจำแนกด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่รูปทรงของดวงตา (Template Matching of Contour Shape) เพื่อจัดกลุ่มของสายพันธุ์ (Breed Identification) ในการพยากรณ์ความเป็นไปได้ของสายพันธุ์แมวจากการประมวลผลข้อมูลภาพ (Image Processing) โดยกำหนดขอบเขตการศึกษากำหนดใช้คุณลักษณะของภาพหน้าตรงเฉพาะบริเวณดวงตาของแมวด้วยภาพจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่งที่มา ได้แก่ ชุดข้อมูลภาพจากมาตรฐาน CFA และ ชุดข้อมูลภาพจากมาตรฐาน TICA รวมเป็นจำนวน 90ภาพ การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์บริเวณดวงตาจะเป็นส่วนที่ช่วยให้สามารถระบุความเป็นไปได้ของสายได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อออกแบบและพัฒนาวิธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่ ในสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์ตามมาตรฐาน

1.3 ขอบเขต และสมมติฐานของการศึกษา

มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะข้อมูลทางคุณลักษณะด้านรูปทรงของดวงตาในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน CFA และมาตรฐาน TICA โดยใช้ชุดข้อมูลภาพสายพันธุ์แมวที่ผ่านการประกวดและผ่านเกณฑ์การคัดเลือกตามมาตรฐาน แบ่งออกเป็น 45 ภาพ ในการสร้างแม่แบบสำหรับการจับคู่ของรูปทรงของดวงตาและ 45ภาพ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่

โดยมีสมมติฐานของงานวิจัย ดังนี้ คุณลักษณะส่วนของรูปทรงดวงตามีข้อมูลที่มีความเพียงพอต่อการระบุความเป็นอัตลักษณ์ของกลุ่มสายพันธุ์แมวเบื้องต้น การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยเทคนิคการประมวลผลข้อมูลภาพวิธีการจับคู่แบบโครสคอร์เรเลชันนอัมัลไลซ์ เป็นวิธีที่สามารถช่วยจำแนกคุณลักษณะที่คล้ายคลึงกันในกลุ่มของสายพันธุ์แมวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาและวิเคราะห์ความแตกต่างตามมาตรฐานในสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์
- 1.4.2 รวบรวมชุดข้อมูลภาพ และข้อมูลของสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์ จากแหล่งข้อมูล 2 แหล่งที่มาได้แก่ ชุดข้อมูลภาพจากมาตรฐาน CFA และชุดข้อมูลภาพจากมาตรฐาน TICA รวมเป็นจำนวน 90 ภาพ
- 1.4.3 การกำหนดกลุ่มของสายพันธุ์แมวเบื้องต้นตามความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม
- 1.4.4 การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์ด้วยคุณลักษณะรูปทรงของดวงตา
- 1.4.5 ออกแบบและพัฒนาวิธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่
- 1.4.6 การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์จากข้อมูลภาพที่ผ่านการประมวลผลแบบจับคู่รูปทรง และตรวจสอบผลการระบุกลุ่มของสายพันธุ์ที่ถูกต้อง
- 1.4.7 สรุปผลการทดลอง และอภิปรายผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้วิธีการสำหรับการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาตามมาตรฐานโลกจากการประมวลผลข้อมูลภาพแบบจับคู่ เพื่อให้สามารถเป็นประโยชน์สำหรับการสร้างโอกาสในการหาบ้านหรือผู้รับเลี้ยงสำหรับทั้งในแมวฟาร์มและแมวจรจัด รวมไปถึงประโยชน์ในเชิงธุรกิจสัตว์เลี้ยง ธุรกิจสินค้าและบริการสัตว์เลี้ยง ในการต่อยอดและพัฒนาสินค้าและการบริการ

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่ ได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 สายพันธุ์ของแมว

2.1.1 คุณลักษณะภายใน หรือพันธุกรรมของสายพันธุ์แมว

2.1.1.1 ความแปรปรวนทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว

2.1.1.2 การจำแนกกลุ่มตามความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว

2.1.2 คุณลักษณะภายนอกของสายพันธุ์แมว

2.1.2.1 การจำแนกกลุ่มสายพันธุ์แมวตามคุณลักษณะของขน

2.1.2.2 คุณลักษณะของรูปทรงในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน

2.1.2.3 คุณลักษณะของสีในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน

2.2 มาตรฐานของสายพันธุ์แมว

2.2.1 มาตรฐาน CFA (The Cat Fanciers' Association)

2.2.1.1 การจดทะเบียนสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน CFA

2.2.1.2 การแบ่งกลุ่มของสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน CFA

2.2.2 มาตรฐาน TICA (The International Cat Association)

2.2.2.1 การจดทะเบียนสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน TICA

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การจำแนกคุณลักษณะของสายพันธุ์

2.3.2 การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์ด้วยการประมวลผลข้อมูลภาพ

2.3.3 การจับคู่แม่แบบจากรูปทรง

2.4 วิธีการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.4.1 วิธีการจำแนกข้อมูลภาพ

2.4.2 วิธีการประมวลผลข้อมูลภาพแบบแบ่งส่วนของข้อมูล

2.4.3 วิธีการจับคู่แม่แบบจากรูปทรง

2.4.4 วิธีการหาความคล้ายคลึงกันของรูปทรง (Structural Similarity Index Measuring) และค่าเฉลี่ยกำลังสองในการจัดกลุ่มของรูปทรง (Root Mean Square)

2.4.5 วิธีการประเมินผล (Confusion Matrix)

2.1 สายพันธุ์ของแมว (Cat Breeds)

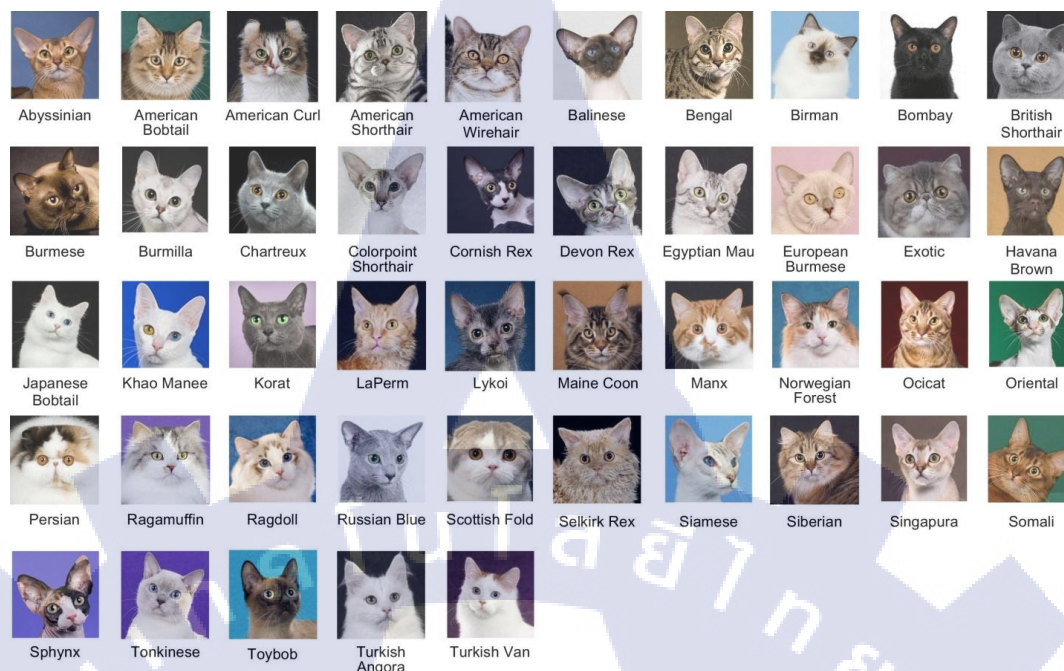
แมวเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมเป็นระยะเวลายาวนานที่มนุษย์ได้ทำการศึกษาวิวัฒนาการของแมวโดยทำการจำแนกอันดับอนุกรมวิธาน (Taxonomy) เป็นการจัดหมวดหมู่ของแมวตามความสัมพันธ์ทางธรรมชาติ [9] เพื่อจำแนกกลุ่มของแมวที่มีความแตกต่างออกเป็นหมวดหมู่ย่อยๆ สำหรับใช้เป็นองค์ความรู้ทางการศึกษา โดยอันดับชั้นอนุกรมวิธานของแมวสามารถไล่เรียงจากอันดับที่มีขนาดใหญ่ที่สุด [10] ดังนี้ แมวอยู่ในอาณาจักร (Kingdom) Animalia โดยอยู่ในกลุ่มของเผ่าพันธุ์ (Phylum) Chordata และชั้น (Class) Mammalia ซึ่งจัดอยู่ในตระกูล (Order) Carnivora ของวงศ์ (Family) Felidae ในสกุล (Genus) Felis และสปีชีส์ (Species) Catus [11]

แมวสืบเชื้อสายเดียวกันกับเสือและสิงโตในสกุล Panthera [12] โดยวิวัฒนาการมาเป็นแมวป่า (Wild Cat) ก่อนจะวิวัฒนาการจากแมวป่าเป็นแมวบ้านหรือแมวเลี้ยง โดยสปีชีส์ของแมวที่จัดอยู่ในกลุ่มสกุล Felis แบ่งออกเป็น 7 สปีชีส์ [13] ดังจะเห็นในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สปีชีส์ของแมวในสกุล Felis: Felis Bieti, Felis Margarita, Felis Nigripes, Felis Silvestris [14], Felis Chaus [15], Felis Manul [16], Felis Catus [17]

แมวในแต่ละกลุ่มสปีชีส์ยังสามารถแบ่งออกเป็นสายพันธุ์ได้มากกว่าหนึ่งสายพันธุ์ เช่นเดียวกันกับในสัตว์กลุ่มสปีชีส์อื่น โดยแมวถูกจัดอยู่ในกลุ่มสปีชีส์แมวเลี้ยง (Domestic Cat) ตามมาตรฐาน CFA โดยคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์ที่เป็นสายพันธุ์แท้หรือสายพันธุ์ที่มีการวิวัฒนาการมาจากกลุ่มของสายพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มตามประเภทของคุณลักษณะการให้กำเนิดตามข้อกำหนด โดยรวมกลุ่มของสายพันธุ์แมวที่มีคุณลักษณะขนสั้นและสายพันธุ์แมวที่มีคุณลักษณะขนยาวเป็นสายพันธุ์เดียวกัน ไม่แบ่งแยก ในปัจจุบันมีการระบุจำนวนสายพันธุ์แมวทั่วโลกกว่า 45 สายพันธุ์ ดังจะเห็นได้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สายพันธุ์ของแมวจำนวน 45 สายพันธุ์ตามมาตรฐาน CFA [3, 4]

2.1.1 คุณลักษณะภายใน หรือพันธุกรรมของสายพันธุ์แมว

แมวเป็นสัตว์เลี้ยงที่ได้รับความนิยม [18] แมวเลี้ยงตัวแรกที่มีวิวัฒนาการมาจากแมวป่ามีคุณลักษณะภายนอกที่มีความคล้ายคลึงกับแมวสายพันธุ์ Abyssinian ในปัจจุบัน [19] แหล่งกำเนิดของสายพันธุ์แมวมีความเชื่อมโยงต่อความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว โดยสามารถแบ่งกลุ่มของพื้นที่ตามแหล่งกำเนิดทั่วโลกเป็นจำนวน 4 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ของแหล่งกำเนิดในโซนเอเชีย (Asian), พื้นที่ของแหล่งกำเนิดในโซนยุโรปฝั่งตะวันตก (Western European), พื้นที่ของแหล่งกำเนิดในโซนแอฟริกาตะวันออก (East African) และพื้นที่ของแหล่งกำเนิดในแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean Basin) โดยในกลุ่มของพื้นที่แหล่งกำเนิดทั้งหมดพบว่า นอกเหนือจากเป็นแหล่งอาศัยของแมวสายพันธุ์แท้ที่มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกันอย่างใกล้ชิด ยังสามารถพบสายพันธุ์แมวที่ไม่มีความสัมพันธ์กันทางพันธุกรรมปรากฏอยู่ในเขตพื้นที่เดียวกัน สาเหตุเกิดจากการกระจายตัวการแพร่ขยายของแมวพลัดถิ่นในอดีต [20] ที่ทำให้เกิดความแปรปรวนของความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว

2.1.1.1 ความแปรปรวนทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมวปัจจัยในการเกิดความแปรปรวนทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมวที่สืบเนื่องมาจากการพลัดถิ่น สามารถจำแนกเป็น 4 กลุ่มสายพันธุ์ตามประเภทของการกำเนิด ดังนี้

1) แมวสายพันธุ์แท้ (Naturel Breed) หรือแมวเจ้าถิ่นเป็นสายพันธุ์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติจากการวิวัฒนาการมาเป็นเวลายาวนาน

2) แมวสายพันธุ์ผสม (Hybrid Breed) เกิดขึ้นจากการขยายถิ่นฐานของแมวสายพันธุ์แท้ที่ผลิตถิ่นจากการคมนาคมในอดีตด้วยการติดตามเป็นสัตว์เลี้ยงของมนุษย์ ทำให้เกิดการขยายสายพันธุ์โดยการผสมร่วมกับแมวสายพันธุ์อื่นในท้องถิ่นอื่นจนเกิดเป็นแมวสายพันธุ์ใหม่

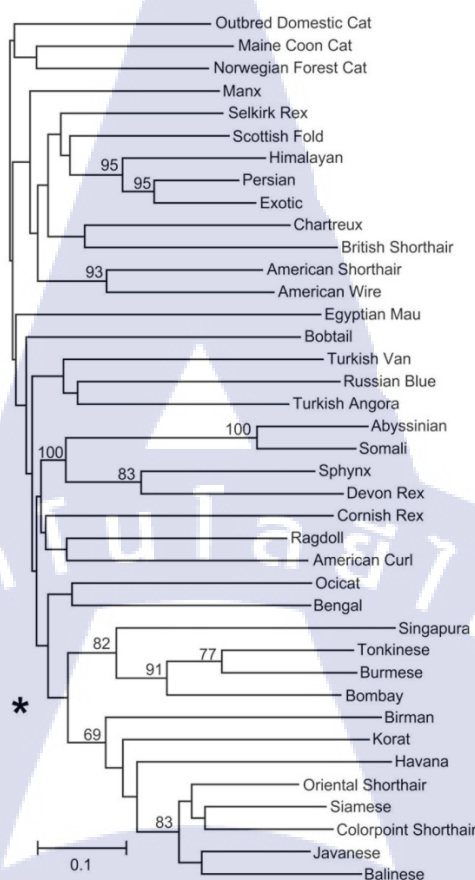
3) สายพันธุ์แมวที่เกิดการผันแปร (Variant Breed) เกิดขึ้นจากการผันแปรคุณลักษณะที่มีอยู่จนเกิดเป็นแมวสายพันธุ์ใหม่ที่มีคุณลักษณะที่แตกต่างไปจากแมวสายพันธุ์แท้โดยไม่ข้ามสายพันธุ์

4) สายพันธุ์แมวที่เกิดการกลายพันธุ์ (Mutation Breed) กลไกการเอาตัวรอดตามธรรมชาติและสภาพแวดล้อมของโลกที่แปรเปลี่ยน ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ในแมวเลี้ยงรวมไปถึงแมวป่า การกลายพันธุ์มี 2 คุณลักษณะ ได้แก่ การเกิดการกลายพันธุ์เฉพาะในกลุ่มสายพันธุ์เดียวกันโดยไม่ผ่านการผสมกับสายพันธุ์อื่น (Outcrosses) และการเกิดการกลายพันธุ์โดยการผสมข้ามสายพันธุ์ร่วมกับแมวสายพันธุ์อื่น หรือแมวในกลุ่มสปีชีส์อื่น เช่น แมวป่า โดยได้รับยีน (Gene) ที่มีคุณลักษณะเด่นมาจากสายพันธุ์ที่ร่วมผสม จนทำให้เกิดการกลายพันธุ์สืบทอดกันรุ่นต่อรุ่น

2.1.1.2 การจำแนกกลุ่มตามความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว

ความเชื่อมโยงทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมวเลี้ยงที่ได้รับการยอมรับตามมาตรฐาน โดยไม่คำนึงถึงกลุ่มของแหล่งกำเนิด และประเภทของการกำเนิด สามารถแบ่งกลุ่มตามความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมได้

ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนในกลุ่มของสายพันธุ์แมวที่สามารถเกิดการแปรปรวนทางพันธุกรรมในกลุ่มของสายพันธุ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ความเป็นไปได้ของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในแมวสายพันธุ์แท้มีอัตราเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการผสมภายในกลุ่มสายพันธุ์เดียวกัน (Inbreeding) [21] กลุ่มของความสัมพันธ์ที่ปรากฏเครื่องหมายดอกจัน* หมายถึงกลุ่มของสายพันธุ์ที่พบว่ามีความเข้มข้นในความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมากที่สุดโดยส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์แมวที่มีแหล่งกำเนิดในโซนเอเชีย ดังจะเห็นในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความเชื่อมโยงของความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว 23 สายพันธุ์ [22]

ความหลากหลายทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมวก่อให้เกิดคุณลักษณะของสายพันธุ์ที่มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ด้วยเหตุนี้จึงมีหลายสมาคมมองเห็นความสำคัญในการศึกษาคุณลักษณะทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว จนเกิดเป็นแนวคิดในการจัดตั้งมาตรฐานของสมาคม และทำการเผยแพร่ข้อกำหนดของมาตรฐานไปยังกลุ่มสมาชิกทั่วโลก เพื่อใช้ในการอ้างอิงเป็นระเบียบในการจดทะเบียนสายพันธุ์แมวเลี้ยงและการจัดงานประกวด ครอบคลุมไปถึงการสนับสนุนทางการศึกษาและส่งเสริมคุณประโยชน์ทางด้านธุรกิจสัตว์เลี้ยงที่มีแนวโน้มในการเติบโตอย่างต่อเนื่อง [23]

2.1.2 คุณลักษณะภายนอกของสายพันธุ์แมว

แมวเป็นสัตว์ 4 ขา ที่มีคุณลักษณะภายนอกเป็นขนปกคลุมรอบผิวหนังทั่วลำตัวและมีคุณลักษณะของหาง (Tail) ที่มีความยาว ยกเว้นในแมวสายพันธุ์ Japanese Bobtail, แมวสายพันธุ์ American Bobtail และแมวสายพันธุ์ Toybob ที่มีหางสั้นกว่าสายพันธุ์แมวตามปกติ รูปร่างของ

แมวเลี้ยงมีขนาดเล็ก ปานกลาง ไปจนถึงขนาดใหญ่ คุณลักษณะภายนอกของแมวสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนของหัว และส่วนของลำตัว

หัวของแมวเป็นส่วนที่มีคุณลักษณะเฉพาะเป็นองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งคุณลักษณะ จึงทำให้สามารถแสดงความเป็นอัตลักษณ์ของสายพันธุ์ที่ชัดเจน โดยสายพันธุ์แมวทุกในสายพันธุ์จะมีความแตกต่างกัน ในขณะที่คุณลักษณะของลำตัวจะมีความเชื่อมโยงกับคุณลักษณะของรูปทรงหัว โดยในส่วนของลำตัวของแมวในแต่ละสายพันธุ์ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่าง แต่ก็มีจำนวนของคุณลักษณะเฉพาะเป็นองค์ประกอบของลำตัวที่น้อยกว่าในส่วนของหัว เนื่องจากคุณลักษณะของลำตัวในหนึ่งสายพันธุ์สามารถปรากฏคุณลักษณะเดียวกันได้ในสายพันธุ์อื่น ทั้งนี้ส่วนของหัวและส่วนของลำตัวในสายพันธุ์แมวจัดอยู่ในองค์ประกอบทั้งหมดของคุณลักษณะภายนอก ดังจะเห็นในรูปที่ 2.4

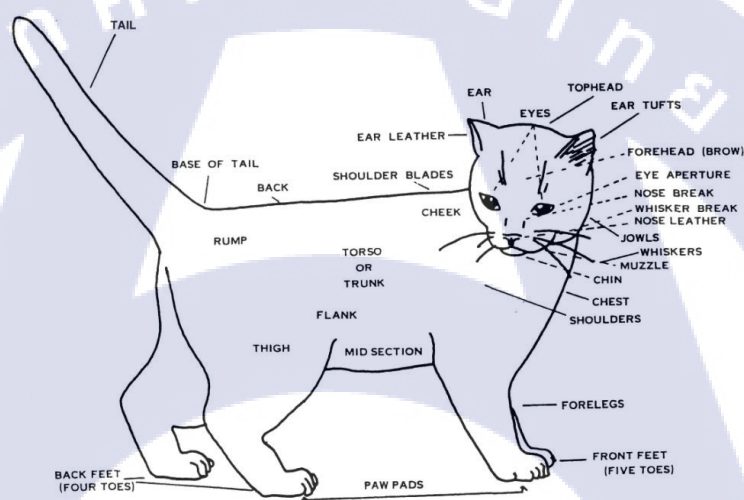


Illustration by Rosemonde S. Peltz, M.D.

รูปที่ 2.4 องค์ประกอบของคุณลักษณะภายนอก [6]

2.1.2.1 การแบ่งกลุ่มสายพันธุ์แมวตามคุณลักษณะของขน

แมวเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมคุณลักษณะทั่วไปของแมวสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มของแมวขนสั้น (Shorthair) และกลุ่มของแมวขนยาว (Longhair) [24] โดยในกลุ่มของแมวขนสั้นจะมีความยาว (Length) ของขนไม่เกินระยะ 2 นิ้ว สามารถปรากฏได้ตั้งแต่คุณลักษณะของขนสั้นที่มีความหนา หรือคุณลักษณะของขนสั้นที่มีความบางไปจนถึงแบบเนื้อ (SkinHair/Hairless) เช่น แมวสายพันธุ์ Sphynx ในขณะที่กลุ่มของแมวขนยาวโดยส่วนใหญ่จะมีความยาวของขนอยู่ที่ระยะ 2 นิ้วขึ้นไปจนถึงระยะ 5 นิ้ว ซึ่งสามารถปรากฏได้ทั้งแมวที่มีขนยาวเหยียดตรง และแมวที่มีขนยาวหยิกงอ (Rex Hair) ซึ่ง Rex เป็นคำที่ใช้เรียกคุณลักษณะของสัตว์ที่มี

ขนนุ่มและหยิก [25] เช่น แมวสายพันธุ์ Laperm, แมวสายพันธุ์ Selkirk Rex และแมวสายพันธุ์ Doven Rex เป็นต้น โดยแมวที่มีขนยาวที่สุดพบในกลุ่มแมวสายพันธุ์ Persian-Himalayan ที่สามารถมีขนที่มีความยาวได้ถึงระยะ 9 นิ้ว โดยให้คำนิยามคุณลักษณะของขนว่า Fur [26] ดังจะเห็นคุณลักษณะของขนทั้งหมดได้ในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 คุณลักษณะของขนแมวในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน

ถึงแม้ว่าการจำแนกประเภทของกลุ่มสายพันธุ์แมวด้วยคุณลักษณะของขนสามารถช่วยในจำแนกสายพันธุ์แมวออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งอาจยังไม่เพียงพอต่อการจำแนกคุณลักษณะในสายพันธุ์แมวได้อย่างชัดเจน ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นในการอ้างอิงคุณลักษณะด้านอื่นเข้ามาประกอบการพิจารณาด้วย เช่น คุณลักษณะที่ปรากฏตามความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม, คุณลักษณะของรูปทรง และคุณลักษณะของสีในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน

2.1.2.2 คุณลักษณะของรูปทรงในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน

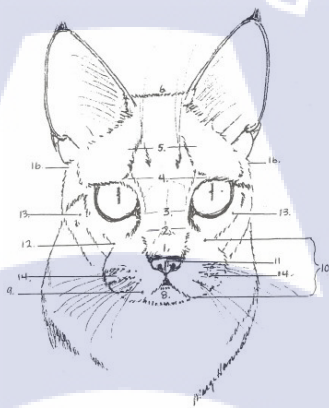
สายพันธุ์แมวเลี้ยงตามมาตรฐานต้องปรากฏคุณลักษณะของสัดส่วนหรืออวัยวะภายนอกของสายพันธุ์ตามมาตรฐานโลก โดยคุณลักษณะในอวัยวะบางส่วนจะได้รับการแบ่งส่วนให้อยู่ในรูปแบบของรูปทรงเรขาคณิต เพื่อช่วยต่อการระบุสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะของรูปทรงภายนอกที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยคุณลักษณะของรูปทรงสามารถจำแนกเป็นกลุ่มของแมวตามคุณลักษณะที่คล้ายคลึงกันได้โดยไม่คำนึงถึงคุณลักษณะภายในของความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ซึ่งปรากฏในระเบียบของการจดทะเบียนสำหรับแมวรุ่นใหม่ (New Generation) ที่เกิดจากแมวที่ผ่านการจดทะเบียนรุ่นต่อรุ่นตามมาตรฐาน TICA ใช้วิธีระบุสายพันธุ์ด้วยการสังเกตเพียงคุณลักษณะภายนอกที่ปรากฏ เพื่อตรวจสอบความคล้ายคลึงกันของคุณลักษณะในแมวรุ่นใหม่เปรียบเทียบกับคุณลักษณะของกลุ่มสายพันธุ์แมวผู้ให้กำเนิดประกอบการพิจารณา เพื่อให้การอนุมัติในการจดทะเบียนสายพันธุ์สำหรับแมวรุ่นใหม่

ด้วยเหตุนี้ในการกำหนดมาตรฐานของ TICA จึงมีการระบุคุณลักษณะของรูปทรงในส่วนต่างๆที่เป็นสัดส่วนหรืออวัยวะภายนอกของสายพันธุ์แมวไว้อย่างชัดเจน เช่น

คุณลักษณะของรูปทรงหัว, คุณลักษณะของรูปทรงดวงตา, คุณลักษณะของรูปทรงหู และคุณลักษณะของมุมมองรูปโครงร่าง (Profile) โดยนับรวมพื้นที่บริเวณ โคร่งจมูก, ปาก, และ คาง ฯลฯ

1) คุณลักษณะของรูปทรงหัว (Head Shape)

โครงสร้างของคุณลักษณะภายนอกส่วนหัวของแมวเป็นส่วนที่แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของสายพันธุ์แมวได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับคุณลักษณะในส่วนอื่น หัวของแมวมีองค์ประกอบของใบหน้า (Face) อยู่ภายใน โดยสัดส่วนของใบหน้าจะประกอบไปด้วย ดวงตา (Eye), จมูกและโคร่งจมูก (Nose and Bridge of Nose), ปาก (Lip), โหนกแก้ม (Cheek Bone), และ คาง (Chin) รวมไปถึง หู (Ears) ดังจะเห็นองค์ประกอบของหัวได้ในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบของหัว และสัดส่วนของใบหน้าตรงของแมว [27]

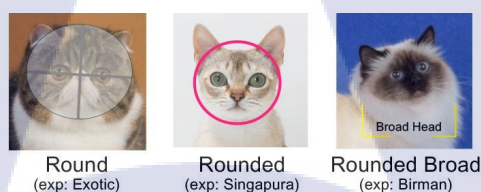
คุณลักษณะของรูปทรงตามมาตรฐาน TICA พบว่าคุณลักษณะของรูปทรงหัวเป็นคุณลักษณะที่มีความแตกต่างกันในกลุ่มของสายพันธุ์แมว รูปทรงของหัวในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐานสามารถจำแนกได้ถึง 6 กลุ่ม ประกอบด้วย

ก. รูปทรงแบบ Modified Wedge หรือ Wedge Shaped Head สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อย ได้แก่ รูปทรงแบบ Modified Wedge ปกติ, รูปทรงแบบ Modified Wedge Broad, รูปทรงแบบ Modified Wedge Flat Planes และ รูปทรงแบบ Modified Wedge Rounded Contours ดังจะเห็นในรูปที่ 2.7



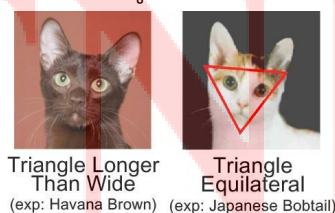
รูปที่ 2.7 คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Modified Wedge [28], Modified Wedge Broad [29], Modified Wedge Flat Planes [30], Modified Wedge Rounded [31]

ข. กลุ่มที่ 2 รูปทรงแบบ Round สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ รูปทรงแบบ Round ปกติ, รูปทรงแบบ Rounded และ รูปทรงแบบ Rounded Broad ดังจะเห็นในรูปที่ 2.8



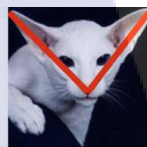
รูปที่ 2.8 คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Round [32], Rounded [33], Rounded Broad [34]

ค. กลุ่มที่ 3 รูปทรงแบบ Triangle แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ รูปทรง Triangle Longer Than Wide, รูปทรง Triangle Equilateral ดังจะเห็นในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Triangle Longer Than Wide [35], Triangle Equilateral [36]

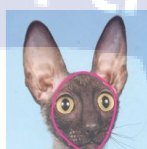
ง. กลุ่มที่ 4 รูปทรงแบบ Tepering Wedge ดังจะเห็นในรูปที่



Tepering Wedge
(exp: Oriental)

รูปที่ 2.10 คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Tepering Wedge [37]

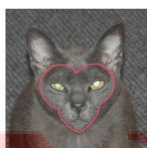
จ. กลุ่มที่ 5 รูปทรงแบบ Egg ดังจะเห็นในรูปที่ 2.11



Egg
(only for Cornish Rex)

รูปที่ 2.11 คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Egg [38]

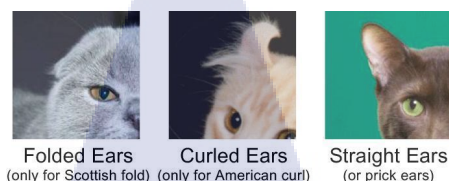
ฉ. กลุ่มที่ 6 รูปทรงแบบ Heart ดังจะเห็นในรูปที่ 2.12



Heart
(only for Korat)

รูปที่ 2.12 คุณลักษณะของรูปทรงหัวของแมวแบบ Heart [39]

2) คุณลักษณะของรูปทรงหู (Ears Shape) รูปทรงของหูในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐานปรากฏคุณลักษณะที่มีความแตกต่างกันเพียง 3 รูปทรง [40] ดังจะเห็นในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 คุณลักษณะของรูปทรงหูในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน [3]

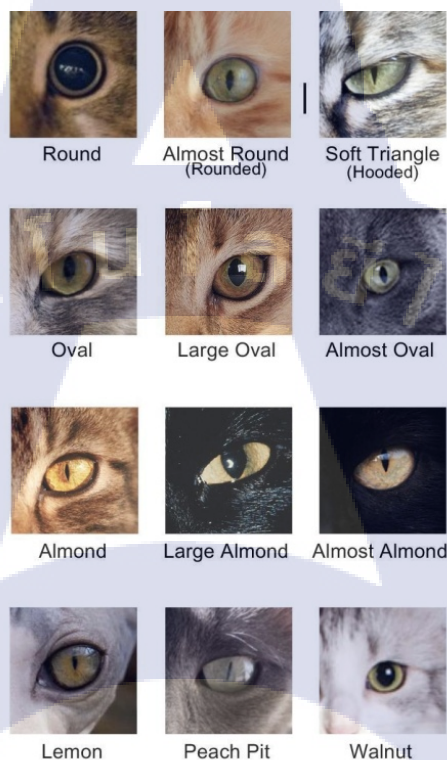
จากรูปที่ 2.13 คุณลักษณะด้านรูปทรงของหูของแมวที่ปรากฏจำนวน 3 คุณลักษณะ พบว่าคุณลักษณะด้านรูปทรงของหูแบบตั้งตรง (Straight Ears) ปรากฏในสายพันธุ์แมวถึง 43 สายพันธุ์ตามมาตรฐาน ที่แตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์เพียงแค่มุมขององศา และขนาดของหู ในขณะที่คุณลักษณะของรูปทรงหูแบบพับ (Folded Ears) ปรากฏในแมวเพียงหนึ่งสายพันธุ์ ได้แก่ แมวสายพันธุ์ Scottish Fold และคุณลักษณะของรูปทรงหูแบบบิดไปด้านหลังและมีปลายโค้งกลม (Curled Ears) สามารถปรากฏในแมวเพียงหนึ่งสายพันธุ์เช่นกัน ได้แก่ ในแมวสายพันธุ์ American Curl

3) คุณลักษณะของมุมมองรูปโครงร่าง (Profile)

โพรไฟล์ของแมว หมายถึง มุมมองด้านข้างของในสัดส่วนของใบหน้าของแมว เป็นส่วนที่ใช้ในการระบุคุณลักษณะของพื้นที่บริเวณโครงจมูก (Bridge of Nose) ที่ยื่นยาวออกมาจากโครงหน้าซึ่งเป็นส่วนที่มีองค์ประกอบของอวัยวะภายนอกที่สำคัญ เช่น จมูก (Nose Leather) ที่เชื่อมต่อจากโครงจมูกอยู่ตำแหน่งปลายสุดเหนือปาก, ปาก (Muzzle) อยู่บริเวณด้านล่างจมูกโดยมีความกว้างยาวไปจนถึงแก้ม (Cheek Bone), คาง (Chin) ที่อยู่ตำแหน่งปลายสุดบริเวณด้านล่างของปากและรวมไปถึงอวัยวะอื่นๆที่เกี่ยวข้อง คุณลักษณะของมุมมองรูปโครงร่างเป็นส่วนที่ช่วยส่งเสริมในการแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของโครงหน้าได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล เนื่องจากคุณลักษณะของรูปทรงหัวจะแสดงให้เห็นเพียงสัดส่วนเฉพาะใบหน้าด้านตรง โดยแมวมีขนปกคลุมอยู่ทั่วบริเวณใบหน้าที่อาจก่อให้เกิดความสับสน และทำให้ประสิทธิภาพในการจำแนกลดน้อยลง ในขณะเดียวกันเพียงแค่การสังเกตคุณลักษณะเฉพาะในคุณลักษณะของมุมมองรูปโครงร่างเพียงส่วนเดียวไม่สามารถใช้ในการจำแนกความแตกต่างในแมวบางสายพันธุ์ได้จึงต้องใช้ทั้ง 2 คุณลักษณะของสัดส่วนบนบริเวณใบหน้าในการพิจารณาร่วมกัน

4) คุณลักษณะของรูปทรงของดวงตาในสายพันธุ์แมว (Eye Shape)

ดวงตาเป็นองค์ประกอบหรืออวัยวะสำคัญเป็นหนึ่งในสัดส่วนของพื้นที่บริเวณใบหน้าของแมว แมวมีดวงตา 2 ข้าง รูปทรงของดวงตาของแมวตามมาตรฐานสามารถปรากฏได้เพียงหนึ่งรูปทรงในหนึ่งสายพันธุ์ โดยสามารถจำแนกเป็น 5 กลุ่ม ดังจะเห็นในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 คุณลักษณะของรูปทรงดวงตาในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน

จากรูปที่ 2.14 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของรูปทรงดวงตาได้อย่างเป็นระดับ จากการสังเกตในกลุ่มรูปทรงกลุ่มเดียวกันสามารถมีขนาดของดวงตาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือเล็กลงตามลำดับ โดยสามารถอธิบายคุณลักษณะของกลุ่มรูปทรงดวงตา ได้ดังนี้

ก. กลุ่มของรูปทรง Round ประกอบด้วย รูปทรง Round แบบปกติแสดงถึงคุณลักษณะของดวงตาที่มีความกลมมนเป็นรูปวงกลม ดวงตาโตเบิกกว้าง และรูปทรง Almost Round หรือ Rounded แสดงถึงคุณลักษณะของดวงตาที่มีพื้นที่ของดวงตาน้อยลงกว่ารูปทรง Round แบบปกติ เล็กน้อยจากการปกปิดของตำแหน่งเปลือกตาด้านบนและเปลือกตาด้านล่าง

ข. Soft Triangle หรือ Hooded มีคุณลักษณะของดวงตาเป็นรูปทรงคล้าย 3 เหลี่ยมมุมกลับ ฐานด้านบนมีความเรียบเป็นเส้นตรง หัวและหางของดวงตาเป็นมุมเหลี่ยม ในขณะที่เปลือกตาด้านล่างไม่เป็นมุมแบบรูปทรง 3 เหลี่ยม แต่มีความโค้งมน คุณลักษณะโดยรวมคล้ายรูปทรงครึ่งวงรี

ค. กลุ่มของรูปทรง Oval ประกอบด้วย รูปทรง Oval แบบปกติ มีคุณลักษณะของดวงตาเป็นรูปไข่ หรือวงรีแนวนอน, รูปทรง Large Oval มีคุณลักษณะที่คล้ายกัน แต่มีพื้นที่ภายในดวงตาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจากการเปิดกว้างของตำแหน่งเปลือกตา และรูปทรง Almost Oval มีขนาดเล็กกลางจากตำแหน่งการปิดของเปลือกตา

ง. กลุ่มของรูปทรง Almond ประกอบด้วย รูปทรง Almond แบบปกติ มีคุณลักษณะของรูปทรงคล้ายเมล็ดอัลมอนด์, รูปทรง Large Almond มีคุณลักษณะที่คล้ายกันแต่มีขนาดของดวงตาขนาดใหญ่ขึ้น และรูปทรง Almost Almond มีขนาดเล็กกลางเล็กน้อยจากการปิดของตำแหน่งเปลือกตาด้านบนและเปลือกตาด้านล่าง

จ. กลุ่มของรูปทรงที่มีความใกล้เคียงกับรูปทรงของผลไม้ ประกอบด้วย รูปทรง Lemon มีคุณลักษณะของดวงตาลคล้ายรูปทรงของเลมอนดวงตาโตเบิกกว้าง, รูปทรง Peach Pit หรือรูปทรงคล้ายลูกพีช, รูปทรง Walnut ที่คุณลักษณะคล้ายผลวอลนัทแต่มีขนาดของดวงตาที่เล็กกว่ารูปทรงอื่นที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

กลุ่มของคุณลักษณะของรูปทรงดวงตา 5 กลุ่ม เป็นคุณลักษณะที่ปรากฏในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐานเท่านั้น ทั้งนี้ในกลุ่มสายพันธุ์แมวที่ไม่ได้รับการยอมรับตามมาตรฐานอาจปรากฏคุณลักษณะรูปทรงดวงตาในรูปทรงอื่นที่แปลกออกไปได้เช่นกัน

2.1.2.3 คุณลักษณะของสีในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน

1) สีและลวดลายของขน (Color and Pattern) ของแมวที่ปรากฏในคุณลักษณะภายนอกเกิดขึ้นจากการสืบทอดทางพันธุกรรมภายในของสายพันธุ์แมวมีส่วนเกี่ยวข้องกับเชื้อสายของต้นกำเนิด และการสืบทอดของโครโมโซมในแมврุ่นก่อนหน้าสู่แมврุ่นใหม่ ด้วยเหตุนี้แมวจึงสามารถปรากฏสีได้มากกว่าหนึ่งคุณลักษณะของสีในหนึ่งสายพันธุ์ CFA Breed/Color Designation Charts [41] ตามมาตรฐาน CFA ได้มีการระบุคุณลักษณะของสีที่สามารถปรากฏได้ในแมวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับการยอมรับ พบว่าแมวสายพันธุ์ Exotic เป็นสายพันธุ์ที่ได้รับการยอมรับด้านคุณลักษณะของสีมากที่สุดถึง 107 สีในหนึ่งสายพันธุ์ ในขณะที่สายพันธุ์ที่มีจำนวนสีน้อยที่สุดเพียง 1 สีต่อ 1 สายพันธุ์พบว่ามีมากถึงจำนวน 5 สายพันธุ์ โดยคุณลักษณะของสีและลวดลายของสายพันธุ์แมวเมื่อรวมกันทั้งหมด 44 สายพันธุ์ มีจำนวนมากถึง 453 สีและลวดลาย ทั้งนี้ในจำนวนรวมดังกล่าวไม่รวมแมวสายพันธุ์ Toybob ที่เพิ่งได้รับการจดทะเบียนตามมาตรฐาน CFA ในปี 2019-2020 การ

จำแนกความหลากหลายของกลุ่มคุณลักษณะของสีในสายพันธุ์แมว สามารถจำแนกเป็นกลุ่มใหญ่ [42] ดังจะเห็นได้ในตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของกลุ่มสีปกติในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน

กลุ่มของลวดลาย (Pattern Groups)	กลุ่มของสี (Color Groups)			
	Eumelanin (Black Pigment)	Pheomelanin (Red Pigment)	Both	Neither
1) Solid/Self	Black/Ebony, Blue/Grey, Chocolate/Chestnut/Brown, Lilac/Lavender/Frost, etc.	Red/Orange/Ginger, Cream, Apricot	Tortoiseshell/Tortie, Tortoiseshell&White, Calico/Tricolor	Albino, White
2) Tabby	Tabby: Brown, Blue, Chocolate, Lilac, Cinnamon, Fawn	Tabby: Red/ Ginger, "MarmaladeCat", Cream	-	Patched Tabby & White/Torbie & White, Patterned, Calico/Calico Tabby/Caliby
3) Colorpoint	Point/Siamese/Himalayan, Mink/Tonkinese, Sepia/Solid/ Burmese	Point/Siamese/ Himalayan, Mink/Tonkinese, Sepia/Solid/Burmese	Lynx Point, Tortie Point, Tortie Lynx Point	<i>*Other Color points: Bicolor Point, Abyssinian Point, Pastel Point, Shadow/Smoke Point</i>
4) Tipped	Chinchilla/Shell, SilverTabby	Tepped: Chocolate, Lilac, Cinnamon, Fawn, Cameo/Red, Cream	Shell Torty/ Chinchilla Torty, Shell Tabby-Torie/Chinchilla Tabby-Tortie	-
5) Smoke	Smoke: Black, Blue	Smoke: Chocolate, Lilac, Cinnamon, Fawn, Cameo/Red, Cream	Smoke Torty	-

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะของกลุ่มสีพิเศษในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน

กลุ่มของสีและลวดลายพิเศษ (SpecificColors&Patterns)	
1) GoldenSeries	Golden, GoldenShaded, GoldenSmoke
2) BreedSpecificColors	2.1) NorwegianForestCat: AmberShade 2.2) AbyssinianandSomali: Usual/Ruddy, Blue, Sorrel/Red,Fawn 2.3) Singapura: SepiaAgouti
3) Patterns (NoneGroup)	Silver-Tipping, Piebald, Bicolor/WhiteSpotted, etc.

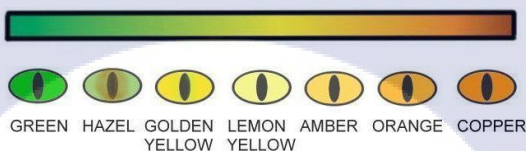
โดยคุณลักษณะของสีในสายพันธุ์แมวมีการจำแนกตามคุณลักษณะของเม็ดสีที่ปรากฏในโครโมโซม แมวสามารถมีได้เพียง 3 สีในหนึ่งตัว โดยส่วนใหญ่แมวที่ปรากฏ 3 สี สามารถพบได้ในเฉพาะแมวเพศเมียเท่านั้น [43] ทั้งนี้คุณลักษณะของลวดลายจะได้รับการจำแนกตามความแตกต่างที่ปรากฏในคุณลักษณะภายนอก

2) สีของดวงตา (Eye Color)

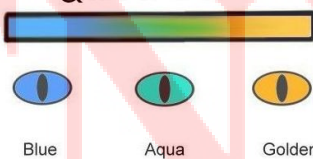
ในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐานคุณลักษณะของสีภายในดวงตาของแมวประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของนัยน์ตาที่ปรากฏสีด้าเหมือนกันในทุกสายพันธุ์ และส่วนของม่านตารอบนอกที่ปรากฏคุณลักษณะเป็นสีสันที่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับยีนที่ได้รับและคุณลักษณะทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว แมวสามารถมีสีของดวงตาในกลุ่มสีหลัก (Common Range of Eye Colors) เรียงลำดับตามเฉดสีได้ตั้งแต่ สีเขียว (Green), สีเขียวอมน้ำตาล (Hazel Green), สีทอง (Gold), สีเหลือง (Yellow), สีเหลืองอำพัน (Amber), สีส้ม (Orange) และสีทองแดง (Copper) นอกเหนือจากนี้ยังมีสีที่ไม่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของเฉดสีหลัก และสามารถปรากฏได้ในแมวบางสายพันธุ์ โดยส่วนใหญ่มักปรากฏในสายพันธุ์แมวที่มีสีของตัวสีขาว ซึ่งจะปรากฏเป็นคุณลักษณะสีดวงตาในกลุ่มพิเศษ ได้แก่ สีฟ้า (Blue), สีฟ้าน้ำทะเล (Aqua) และตาสองสี (Odd Eye) หรือการรวมกันระหว่างหนึ่งในกลุ่มสีหลักกับหนึ่งในกลุ่มสีพิเศษไว้ด้วยกันข้างละหนึ่งสีในแมวหนึ่งตัว ในแมวที่มีภาวะขาวเผือก (Albinism) จะสามารถปรากฏคุณลักษณะของสีดวงตาเป็นเฉดสีชมพูไปจนถึงฟ้าอมม่วงอ่อน และปรากฏสีของนัยน์ตาเป็นสีแดง ดังจะเห็นคุณลักษณะของสีดวงตาได้ในรูปที่ 2.15

COMMON RANGE OF EYE COLOURS

Eye colour is linked to coat colour and is more intense in pedigree cats.



SPECIFIC COLOURS & ODD EYES



ALBINISM



รูปที่ 2.15 สีของดวงตาในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน [44]

กลุ่มสายพันธุ์แมวที่ได้รับการยอมรับตามมาตรฐาน จะได้รับการระบุคุณลักษณะที่ปรากฏในสายพันธุ์อื่นเป็นข้อมูลที่สามารถใช้ในการจำแนกสายพันธุ์แมว โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มของคุณลักษณะหลัก ประกอบด้วย คุณลักษณะของรูปร่าง และคุณลักษณะของสี ทั้งนี้คุณลักษณะของสีในสายพันธุ์แมวอาจแสดงออกถึงความเป็นเอกลักษณ์ของสายพันธุ์ เมื่อปรากฏเพียงเฉดสีเดียวในหนึ่งสายพันธุ์ แต่ในขณะเดียวกันสีที่มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะที่ปรากฏในสายพันธุ์นั้น สามารถปรากฏคุณลักษณะของกลุ่มสีเดียวกันได้ในแมวสายพันธุ์อื่น จึงทำให้ความเป็นไปได้ของความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของสีมีจำนวนความน่าจะเป็นลดน้อยลงตามลำดับ ซึ่งจะส่งผลกระทบให้ได้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อนในการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมว ด้วยเหตุนี้คุณลักษณะของรูปร่างที่ปรากฏได้เพียงหนึ่งรูปร่างของสัดส่วน และอวัยวะภายนอกในสายพันธุ์แมว จึงเป็นคุณลักษณะที่สามารถแสดงความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ และให้ความแม่นยำในการจำแนกได้มากกว่าคุณลักษณะของสีได้อย่างชัดเจน

2.2 มาตรฐานของสายพันธุ์แมว

2.2.1 มาตรฐาน CFA (The Cat Fanciers' Association)

CFA เป็นองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไรก่อตั้งขึ้นในปี 1906 [45] โดยมีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่รัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์ในการส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยสายพันธุ์แมว รวมไปถึงการส่งเสริมผลประโยชน์ของผู้เพาะพันธุ์ ในการรักษาคุณภาพตามมาตรฐานของสายพันธุ์แมว มีหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของการลงทะเบียนและการจัดงานประกวด ทั้งยังเป็นมาตรฐานส่วนกลางที่ให้การสนับสนุนไปยังสมาคมที่เป็นสมาชิก ปัจจุบันมีสมาชิกที่เข้าร่วมกว่า 600 แห่งทั่วโลก โดยมีชมรมผู้นิยมแมวแห่งประเทศไทย CFCT (Cat Fanciers' Club of Thailand) เป็นหนึ่งในสมาชิกโซนเอเชีย

2.2.1.1 การจดทะเบียนสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน CFA

สายพันธุ์แมวที่มีคุณสมบัติในการจดทะเบียนเข้าสมาคมต้องมีจำนวน Generation ตามจำนวนที่มาตรฐาน CFA กำหนด ซึ่งแต่ละสายพันธุ์จะมีจำนวนที่แตกต่างกัน เช่น แมวสายพันธุ์ Persian ใช้จำนวน Generation ทั้งหมด 8 รุ่น, แมวสายพันธุ์ American Shorthair ใช้จำนวน Generation 5 รุ่น และแมวสายพันธุ์ Korat ใช้จำนวน Generation 3 รุ่น [46] โดยต้องเป็นสายพันธุ์แท้หรือเป็นสายพันธุ์ผสมที่ตรงตามข้อกำหนดของกฎระเบียบตามที่มาตรฐานกำหนดไว้เท่านั้น

การแยกประเภทของสายพันธุ์แมวในการจดทะเบียนของ CFA ใช้วิธีการแยกแบบ Genotype [47] ที่เป็นการจำแนกตามความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในสายพันธุ์ของพ่อพันธุ์และ

สายพันธุ์ของแม่พันธุ์โดยต้องได้รับการผสมกันระหว่างสายพันธุ์เดียวกัน หรือการผสมข้ามสายพันธุ์กับสายพันธุ์ที่ได้รับการยอมรับตามกฎระเบียบของมาตรฐาน โดยไม่คำนึงถึงคุณลักษณะภายนอก ยกเว้นในกรณีที่คุณลักษณะภายนอกเกิดความแตกต่างจากคุณลักษณะทางพันธุกรรมดั้งเดิม

2.2.1.2 การแบ่งกลุ่มของสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน CFA

มีการแยกออกเป็น 2 กลุ่ม จากชนิดของขน ประกอบด้วย มีกลุ่มสายพันธุ์แมวที่มีขนสั้น (Shorthair) 35 สายพันธุ์ และกลุ่มสายพันธุ์แมวที่มีขนยาว (Longhair) 23 สายพันธุ์ ซึ่งในจำนวนรวมของทั้ง 2 กลุ่มเป็นการนับรวมสายพันธุ์ที่สามารถปรากฏได้ทั้งสองคุณลักษณะของขนในหนึ่งสายพันธุ์ [48] จากจำนวนสายพันธุ์แมวตามมาตรฐานทั้งหมด 45 สายพันธุ์

2.2.2 มาตรฐาน TICA (The International Cat Association)

ก่อตั้งขึ้นในปี 1979 มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการจดทะเบียนสายพันธุ์แมว [49] โดยมีการประกาศใช้กฎระเบียบว่าด้วยการจัดการของสมาคม แมวที่ต้องการลงทะเบียนหรือเข้าประกวดต้องผ่านการอนุมัติโดยการจดทะเบียนกับทางสมาคมเท่านั้น โดยมีการเผยแพร่ข้อมูลเพื่อส่งเสริมผลประโยชน์ให้กับประชาชนทั่วไปเกี่ยวกับการเพาะพันธุ์ ทั้งยังสนับสนุนการจดทะเบียนการค้นพบแมวสายพันธุ์ใหม่ รวมไปถึงการดูแลสุขภาพของแมวทุกสายพันธุ์ที่เป็นสมาชิก และส่งเสริมคุณประโยชน์ทางการศึกษาให้กับสมาชิกในหลายประเทศทั่วโลก

2.2.2.1 การจดทะเบียนสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน TICA

การแยกประเภทของสายพันธุ์ในการจดทะเบียนใช้วิธีการแยกแบบ Phonetype [50] เป็นการจำแนกตามคุณลักษณะภายนอก โดยไม่คำนึงถึงสายพันธุ์ของพ่อพันธุ์และสายพันธุ์ของแม่พันธุ์ ใช้การอ้างอิงตามคุณลักษณะที่ปรากฏความคล้ายคลึงกันกับสายพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มสายพันธุ์เดียวกันมากที่สุด ในการพิจารณาเพื่ออนุมัติการจดทะเบียนในสายพันธุ์แมว

ทั้งนี้มาตรฐานในสายพันธุ์แมวสามารถพบได้มากกว่าในจำนวน 2 มาตรฐานที่ใช้ในการอ้างอิง โดยส่วนใหญ่จะเป็นการสร้างมาตรฐานขึ้นมาเพื่อใช้ภายในประเทศ ในขณะที่มาตรฐาน CFA และมาตรฐาน TICA เป็นมาตรฐานในระดับสากลที่นิยมใช้กันทั่วโลก โดยมีจุดมุ่งหมายที่คล้ายคลึงกัน แต่กฎระเบียบภายในและวิธีการค่อนข้างมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังจะเห็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างมาตรฐาน CFA และ มาตรฐาน TICA ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างมาตรฐาน CFA และ มาตรฐาน TICA

Standard	CFA Standard	TICA Standard
<i>Breeds Classification</i>	<i>Base On</i>	
1) Type (For Registration)	• Genotype	• Phenotype
	• Internal Feature or Heredity (Without External Feature)	• External Feature (Without Internal Feature)
2) Hair (Coat) Group	• Including Shorthair and Longhair Feature Within One Breed	• Divide Shorthair and Longhair Feature, One Feature per One Breed
3) Color	• Accepted Only Some Colors	• Accepted Each Colors
4) Breeds QTY.	45 Breeds	73 Breeds

จากตารางที่ 2.3 รูปแบบของข้อกำหนดในการจดทะเบียนตามมาตรฐานโลก 2 มาตรฐาน มีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง เมื่อทำการบูรณาการร่วมกันจึงทำให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน และสามารถชดเชยในส่วนของข้อมูลที่ขาดหายของแต่ละมาตรฐานให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การจำแนกคุณลักษณะของสายพันธุ์ (Breeds Identification)

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันการจดทะเบียนและการประกวดสายพันธุ์แมว ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาความถูกต้องที่ต้องเป็นไปตามกฎระเบียบของมาตรฐานอย่างเคร่งครัด คุณลักษณะเฉพาะของสายพันธุ์แมวเป็นเรื่องซับซ้อนที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ส่วนบุคคลในการจำแนกความแตกต่าง เพื่อให้สามารถจำแนกสายพันธุ์ได้อย่างถูกต้อง การใช้มนุษย์ในจำแนกทำให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ แต่ก็อาจทำให้ประสบปัญหาเกี่ยวกับระยะเวลาในการทำงานที่ล่าช้า และสามารถเกิดความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากดุลพินิจของผู้พิจารณา

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่เข้ามามีส่วนช่วยในการจำแนกสายพันธุ์ของสัตว์ที่สามารถลดระยะเวลาในการทำงานลง และเพิ่มประสิทธิภาพของความแม่นยำมากขึ้น การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวสามารถจำแนกได้จากปัจจัยของคุณลักษณะที่มีความสำคัญ และมีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของกลุ่มสายพันธุ์นั้น เช่น การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวตามพื้นที่ที่ปรากฏสายพันธุ์ (Origin Breed), การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยคุณลักษณะของการกำเนิดสายพันธุ์ (Breeding) และการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะเฉพาะที่เกิดขึ้นจากความเชื่อมโยงของความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ซึ่งเป็นการจำแนกที่ครอบคลุมทั้งคุณลักษณะที่ปรากฏภายนอกและคุณลักษณะทางพันธุกรรมภายใน

การจำแนกสายพันธุ์มีวิธีการที่หลากหลาย โดยส่วนมากการจำแนกสายพันธุ์ต้องอ้างอิงจากคุณลักษณะเฉพาะของสายพันธุ์ตามการระบุในมาตรฐานของสัตว์ในกลุ่มสปีชีส์นั้น เช่น การจำแนกสายพันธุ์ของสุนัขโดยอ้างอิงคุณลักษณะของสายพันธุ์ตามมาตรฐาน AKC (American Kennel Club) [51] หรือการจำแนกสายพันธุ์ของแมวโดยอ้างอิงสายพันธุ์ตามมาตรฐาน CFA ในกรณีที่ต้องการความถูกต้องของสายพันธุ์ นอกเหนือจากการอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ วิธีการก็เป็นสิ่งสำคัญในการเลือกใช้สำหรับการจำแนกสายพันธุ์ที่ต้องการประสิทธิภาพของความแม่นยำ

2.3.2 การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์ด้วยการประมวลผลข้อมูลภาพ

ความสนใจในการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือสำหรับใช้ในการจำแนก คน สัตว์ และ สิ่งของ ด้วยการประมวลผลข้อมูลภาพได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยวิธีการที่ใช้ในการจำแนก ความแตกต่างของคุณลักษณะของสายพันธุ์ที่มีความคล้ายคลึงกันสูง ต้องทำการวิเคราะห์ถึงคุณลักษณะเฉพาะที่จะสามารถจำแนกความแตกต่างได้อย่างชัดเจนระหว่างสายพันธุ์หนึ่งสายพันธุ์ เมื่อเทียบกับสายพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มสปีชีส์เดียวกันสายพันธุ์อื่น การจำแนกคุณลักษณะเฉพาะของสายพันธุ์ออกจากคุณลักษณะโดยรวมที่ไม่อยู่ในพื้นที่สนใจทำให้สามารถลดระยะเวลาในการประมวลผลลง การจำแนกคุณลักษณะเฉพาะของสัตว์ด้วยวิธีการประมวลผลข้อมูลภาพบริเวณใบหน้าด้วยการมุ่งจุดสนใจไปที่จุดใดจุดหนึ่ง เช่น การจำแนกคุณลักษณะเฉพาะของจิ้งจอกแมวบ้านด้วยการใช้เทคนิคการประมวลผลข้อมูลภาพด้วยวิธีการรู้จำใบหน้า (Image Recognition) ทำให้สามารถจำแนกคุณลักษณะเด่นเฉพาะเจาะจงในแมวหนึ่งตัวที่แสดงถึงความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของแมวตัวนั้น ในการติดตามเพื่อป้องกันการหลงทางหรือการหายไปของแมวบ้าน

2.3.3 การจับคู่แม่แบบรูปทรง (Template Matching of Contour Shape)

เป็นการจัดการข้อมูลภายในภาพ 2 ภาพ โดยการจับคู่ระหว่างภาพแม่แบบกับภาพทดสอบ (Input Image) ด้วยการจัดวางตำแหน่ง ปรับขนาด และการคำนวณดัชนีตัวเลขที่บ่งบอกค่าความสัมพันธ์ของภาพ [52] ที่มีความคล้ายคลึงกันหรือแตกต่างมากหรือน้อยเป็นค่าสหสัมพันธ์ที่เป็นตัวชี้วัดของระดับของ 2 ตัวแปร โดยเลือกเฉพาะพื้นที่สนใจในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Contour) ของการจับคู่คุณลักษณะของรูปร่าง (Shape Matching) ภายในทั้ง 2 ภาพ [53] การจับคู่คุณลักษณะของรูปร่าง เป็นวิธีการระบุจุดสนใจภาพในภาพอย่างชัดเจน [54] เพื่อที่สำหรับการจับคู่แม่แบบที่แม่นยำ เพื่อตัดความสนใจของส่วนที่ไม่มีค่าจำเป็นภายในภาพออก และเพิ่มประสิทธิภาพการในการจับคู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาวิธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ความสำคัญของการจำแนกสายพันธุ์ด้วยวิธีการประมวลผลข้อมูลภาพแบบจับคู่ ต้องทำการศึกษา

คุณลักษณะภายในของสายพันธุ์ เพื่อทำการจัดกลุ่มของสายพันธุ์ตามคุณลักษณะเฉพาะที่เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว โดยทำการแยกกลุ่มของสายพันธุ์ที่มีคุณลักษณะของรูปทรงดวงตาออกเป็น 4 กลุ่มจาก 10 คุณลักษณะย่อย เพื่อลดจำนวนความเป็นไปได้ที่จะดึงข้อมูลในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องมาร่วมในการพิจารณา ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดที่ส่งผลให้ได้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อน การจับคู่แม่แบบรูปทรงของข้อมูลภาพสำหรับการประมวลผลของคุณลักษณะเฉพาะในสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์ เลือกใช้ข้อมูลของภาพเฉพาะในส่วนของรูปทรงดวงตาในสายพันธุ์แมว

2.4 วิธีการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

วิธีการเป็นหนึ่งในส่วนสำคัญที่ต้องทำการศึกษาอย่างละเอียดรอบคอบ เพื่อใช้เป็นองค์ความรู้ในการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม และให้ได้ประสิทธิผลที่จะนำมาซึ่งความสำเร็จลุล่วงของงานวิจัยที่มีประสิทธิภาพ การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยการประมวลผลข้อมูลภาพแบบผสมผสานได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์โดยคำนึงถึงเหตุผลอย่างละเอียด ในการเลือกใช้วิธีการที่คาดว่าจะให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ ดังจะเห็นในวิธีการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดังต่อไปนี้

2.4.1 วิธีการจำแนกข้อมูลภาพ (Image Identification)

การจำแนกข้อมูลภาพเป็นการประมวลผลในทางสถิติ [55] เพื่อแยกข้อมูลของจุดพิกเซลภายในภาพทั้งหมด โดยใช้ลักษณะทางสถิติเป็นตัวกำหนดความแตกต่างระหว่างกลุ่มข้อมูลของจุดพิกเซลภายในภาพ โดยข้อมูลของจุดพิกเซลที่ถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันจะปรากฏคุณลักษณะทางสถิติเฉพาะกลุ่มไปในทิศทางเดียวกัน การจำแนกข้อมูลของจุดพิกเซลแสดงถึงผลลัพธ์ที่แตกต่างกันเป็นระดับโดยเรียกว่า กลุ่มของข้อมูล [56] สำหรับการแบ่งแยกส่วนต่างๆ ภายในภาพเพื่อการประมวลผลผลลัพธ์ที่แม่นยำ เนื่องจากในพื้นที่ของจุดสนใจมีปริมาณของข้อมูลของจุดพิกเซลในภาพจำนวนมาก การคำนวณทางสถิติโดยใช้เครื่องคิดเลขจึงทำให้เกิดความยุ่งยาก ใช้เวลายาวนานและอาจเกิดข้อผิดพลาดในการจำแนก ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำเอาความสามารถของคอมพิวเตอร์มาช่วยในการประมวลผลข้อมูลภาพ ทำให้ได้ผลลัพธ์ในเวลารวดเร็ว และสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ทันที

2.4.2 วิธีการประมวลผลข้อมูลภาพแบบแบ่งส่วนของข้อมูล (Images Segmented Processing)

การประมวลผลข้อมูลภาพเริ่มขึ้นในปี 1964 ณ ห้องแลป Jet Propulsion (Pasadena California) ซึ่งได้ใช้กระบวนการประมวลผลข้อมูลภาพโดยใช้ดิจิทัลคอมพิวเตอร์ในการพิจารณาภาพถ่ายดาวเทียมของดวงจันทร์ [57] การประมวลผลข้อมูลภาพเป็นกระบวนการที่ส่งผลกระทบกับ

ข้อมูลบนรูปภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน เช่น การบีบอัดข้อมูลภาพ การปรับระดับความคมชัด เป็นต้น

การประมวลผลข้อมูลภาพระดับสูงด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถแปลงภาพจากกล้องที่เป็นสัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) เป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) โดยการท่นส่วนเพื่อลดทอนสัญญาณที่มีความซ้ำซ้อนออกโดยแปลงเป็นสัญญาณที่มีลักษณะเชิงรหัสตัวเลขฐานสอง (Binary) เพื่อประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูล [58]

วิธีการทำงานของการประมวลผลข้อมูลภาพสามารถใช้งานได้หลากหลายแขนง โดยมีจุดประสงค์ในการประมวลผลข้อมูลที่ซ่อนอยู่ในรูปภาพอันเป็นข้อมูลที่มีความละเอียดในระดับพิกเซล (Pixel) ที่มนุษย์ไม่สามารถแยกออกได้จากการมองด้วยตาตามปกติ ต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะทางเป็นส่วนช่วย โดยรายละเอียดของข้อมูลภายในภาพจะมีจำนวนที่มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของไฟล์ภาพ ภาพที่มีรายละเอียดคมชัด (High Resolution) จะให้ความละเอียดของจำนวนพิกเซลที่มีปริมาณมาก ในขณะที่จุดของพิกเซลจะมีขนาดเล็ก เมื่อเทียบกับภาพที่มีรายละเอียดน้อยกว่าที่มีจำนวนพิกเซลน้อยลงแต่มีขนาดของจุดพิกเซลที่ใหญ่ขึ้นทำให้ภาพเกิดการเบลอ [59] ข้อมูลที่ปรากฏภายในภาพทั้งหมดอาจไม่มีความจำเป็นในทุกองค์ประกอบของภาพขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการนำไปใช้งาน เช่น การใช้ข้อมูลภาพในการคัดการณ (Image Detection) และการใช้ข้อมูลภาพในการจำแนก (Image Identification) เป็นต้น

การจำแนกเพื่อแบ่งกลุ่มของข้อมูลด้วยวิธีการประมวลผลข้อมูลภาพ สามารถจำแนกโดยใช้ข้อมูลภายในทั้งหมดของรูปภาพในการวิเคราะห์ หรือโดยทั่วไปมักใช้ภาพที่มีการแบ่งส่วนของภาพวัตถุ หรือจุดสนใจ (Foreground) กับภาพพื้นหลัง (Background) ออกจากกัน เพื่อไม่ให้ปรากฏสัญญาณรบกวนจากส่วนของข้อมูลที่ไม่ต้องการ ซึ่งเป็นวิธีการแบ่งส่วนของข้อมูลภาพในกรณีที่แตกต่างกันออกไปการแบ่งข้อมูลภาพสามารถจำแนกองค์ประกอบต่างๆ ของข้อมูลในภาพออกเป็นส่วนย่อยๆ ลงไป เพื่อทำการหาพื้นที่ภายในเฉพาะพื้นที่ของบริเวณจุดที่ให้ความสนใจในการประมวลผล

การแบ่งส่วนของข้อมูลภาพ (Images Segmented) เป็นวิธีการประมวลผลข้อมูลภาพดิจิทัล ซึ่งใช้สำหรับการแบ่งส่วนของภาพออกเป็นส่วนต่างๆ [60] โดยให้ผลลัพธ์เป็นกลุ่มของส่วนที่ทำการแบ่งแยกออกจากภาพต้นฉบับ หรือกลุ่มของชุดของรูปทรงที่นำออกมาจากรูปทรงของคุณลักษณะภายในภาพที่ผ่านกระบวนการแบ่งส่วน การแบ่งส่วนของข้อมูลภาพเป็นวิธีที่สามารถลดจำนวนความเป็นไปได้ในการเข้ารหัสของข้อมูลได้ดีกว่าวิธีการประมวลผลข้อมูลภาพแบบทั่วไป ในการนำผลลัพธ์ของภาพมาใช้ในการสร้างกลุ่มของข้อมูลภาพ เพื่อใช้ในการจำแนกด้วยวิธีการจับคู่แม่แบบรูปทรง

2.4.3 วิธีการจับคู่แม่แบบรูปทรง (Template Matching of Shape)

การจับคู่แม่แบบรูปทรงเป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบโดยการประมวลผลข้อมูลภาพด้วยค่าของพิกเซล โดยการวางทาบภาพทดลอง (Input Image) ลงบนภาพแม่แบบที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันสำหรับการตรวจสอบความคล้ายคลึงกัน (Similarity) ซึ่งการจับคู่แม่แบบเป็นการค้นหาแบบอนุกรม [61] โดยทำการคำนวณดัชนีตัวเลขที่บ่งชี้ตำแหน่งที่ตรงกับภาพแม่แบบในรูปแบบพิกเซลต่อพิกเซลซึ่งจะทำการเปรียบเทียบพิกเซลไปตามลำดับจนครบตามจำนวนทั้งหมดภายในภาพ การจัดการวิธีการจับคู่แม่แบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในกรณีที่ภาพแม่แบบและภาพทดลองมีมุมมองของคุณลักษณะบริเวณจุดสนใจภายในภาพที่ไม่ตรงกัน การใช้วิธีการหมุน (Rotate) เป็นหนึ่งในทางเลือกของการแก้ปัญหา การหมุนองศาในภาพ 2 มิติ จะทำการหมุนไปตามแนวเข็มนาฬิกา สามารถหมุนได้จนถึง 360 องศา เพื่อการหาระดับมุมมองของจุดสนใจในการหาค่าสหสัมพันธ์สำหรับการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของภาพ ด้วยวิธีแบบนอร์มัลไลซ์ครอสคอร์รีเลชัน (Normalized Cross-Correlation) [62] ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบตำแหน่งระหว่าง 2 ตัวแปร ที่จะสามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างภาพทดลองและรูปทรงแม่แบบในการจับคู่ เพื่อแสดงถึงผลลัพธ์ที่สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิธีการที่หาความสัมพันธ์ระหว่างจุดพิกเซลในสองภาพแบบสหสัมพันธ์ ดังจะเป็นในสมการที่ (2-1)

$$C(x, y) = \frac{\sum_{y'=0}^{h-1} \sum_{x'=0}^{w-1} T(x', y') I(x+x', y+y')}{\sqrt{\sum_{y'=0}^{h-1} \sum_{x'=0}^{w-1} T(x', y')^2 \sum_{y'=0}^{h-1} \sum_{x'=0}^{w-1} I(x+x', y+y')^2}} \quad (2-1)$$

กำหนดให้ T เป็นภาพแม่แบบ (Template), I เป็นภาพทดลอง (Input), T(x,y) เป็นจุดสนใจภายในภาพโดยเริ่มตั้งแต่ 0,0 ของภาพแม่แบบ (x,y) เป็นจุดสนใจของในภาพโดยเริ่มตั้งแต่ 0,0 ของภาพทดลอง W-w+1*H-h+1 เป็นจำนวนครั้งของ 1 ภาพแม่แบบ ที่ทำการเลื่อนทดสอบ [63] โดยค่าสหสัมพันธ์จะแสดงออกมาในรูปแบบของตารางพิกเซล (Pixel Matrix)

2.4.4 วิธีการหาความคล้ายคลึงกันของรูปทรง (Structural Similarity Index Measuring) และค่าเฉลี่ยกำลังสองในการจัดกลุ่มของรูปทรง (Root Mean Square)

ค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันของโครงสร้างหรือรูปทรงเป็นวิธีในการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ โดยใช้สำหรับวัดความคล้ายคลึงกันระหว่างภาพสองภาพ [64] โดยทั่วไปมักเรียกว่าวิธีการแบบ SSIM ซึ่งในกระบวนการประมวลผลข้อมูลภาพดัชนีความคล้ายคลึงกันจะทำงานร่วมกับพิกเซลอันเป็นข้อมูลที่อยู่ภายในภาพ ดัชนีของภาพในการประมวลผลภาพด้วยการจับคู่เมื่อแสดงถึงจำนวนค่าที่ต่ำจะสามารถระบุถึงความไม่สัมพันธ์กันระหว่างพิกเซลภายในภาพที่ต้องการตรวจสอบตรงกัน

ข้ามหากมีค่าดัชนีตัวเลขที่สูงจะสามารถระบุถึงความคล้ายคลึงกัน โดยค่าที่มีความคล้ายคลึงมากที่สุด จะมีค่าเป็น 1 และไม่มีความคล้ายคลึงกันเลยจะมีค่าเป็น -1

ดัชนีความคล้ายคลึงกันถูกคำนวณในหน้าต่างของรูปภาพด้วยการวัดระหว่างสองหน้าต่าง x และ y ในขนาด $N \times N$ โดยจะทำการเปรียบเทียบภาพสองภาพที่คุณลักษณะของคุณสมบัติของ Structure (s) อันเป็นนัยยะสำคัญ [65] ดังจะเป็นในสมการที่ (2-2)

$$SSIM(x, y) = [l(x, y)^\alpha \cdot c(x, y)^\beta \cdot s(x, y)^\gamma] \quad (2-2)$$

$$\text{เมื่อ } l(x, y) = \frac{2\mu^x \mu^y + C_1}{\mu^{2x} + \mu^{2y} + C_1},$$

$$c(x, y) = \frac{2\sigma^x \sigma^y + C_2}{\sigma^{2x} + \sigma^{2y} + C_2}$$

$$s(x, y) = \frac{\sigma^{xy} + C_3}{\sigma^x \sigma^y + C_3}$$

โดยแทนค่า Luminance (l), Contrast (c) และ Structure (s) เมื่อ μ_x , μ_y , σ_x , σ_y , และ σ_{xy} เท่ากับค่า Local Means, Standard Deviations, และ Cross-Covariance สำหรับรูปภาพ x , y . If $\alpha = \beta = \gamma =$ จะมีค่าเริ่มต้น (Default) เท่ากับ 1, และ $C_3 = C_2/2$ (ตัวเลือกเริ่มต้นของ C_3) โดยจะแสดงสมการดังต่อไปนี้

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu^x \mu^y + C_1)(2\sigma^{xy} + C_2)(\mu^{2x} + \mu^{2y} + C_1)(\sigma^{2x} + \sigma^{2y} + C_2)}{(\mu^{2x} + \mu^{2y} + C_1)(\sigma^{2x} + \sigma^{2y} + C_2)} \quad (2-3)$$

เมื่อได้ค่าดัชนีความคล้ายของรูปทรงของดวงตาในแต่ละสายพันธุ์ต้องทำการหาค่าเฉลี่ยกำลังสองในการจัดกลุ่มของรูปทรง (Root Mean Square) เพื่อหาค่าความคล้ายคลึงกันของกลุ่ม 4 กลุ่ม สำหรับเปรียบเทียบผลของการพยากรณ์ว่ามีความถูกต้องตรงกับกลุ่มตั้งต้นของสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบ โดยใช้วิธีการ Root Mean Square (RMS) [66] ในการหาค่าความแม่นยำของกลุ่ม ดังจะเห็นในสมการต่อไปนี้

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2}{N}} \quad (2-4)$$

RMS เป็นการวัดทางสถิติของปริมาณที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยคำนวณหาอนุกรมของค่าที่แปรผันต่อเนื่อง เป็น“รากที่สองของค่าเฉลี่ย” โดย x = ความต่อเนื่องของข้อมูล, $X^2/1 \dots$ = ค่าที่ 1, 2, 3, ...หารด้วย N = จำนวนทั้งหมด

2.4.5 วิธีการประเมินผล

คอนฟิวชันแมทริกซ์ (Confusion Matrix) หนึ่งในวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพของโมเดลในการวิเคราะห์ปัญหาในการจำแนกข้อมูล (Classification) โดยค่า Outcome Variable ที่มี 2 ค่า ได้แก่ ค่าที่พยากรณ์ และค่าที่เกิดขึ้นจริง [67] โดยสามารถแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบโดยทั่วไป ดังนี้กรณีที่ 1 เมื่อสิ่งที่พยากรณ์ปรากฏเป็นรูปทรงที่หนึ่ง ซึ่งมีค่าความถูกต้องตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในรูปทรงที่หนึ่ง เรียกว่า True Negative, กรณีที่ 2 เมื่อสิ่งที่พยากรณ์ปรากฏเป็นรูปทรงที่สอง ซึ่งมีค่าความผิดพลาดไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในรูปทรงที่หนึ่ง เรียกว่า False Positive, กรณีที่ 3 เมื่อสิ่งที่พยากรณ์ปรากฏเป็นรูปทรงที่หนึ่ง ซึ่งมีค่าความผิดพลาดไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในรูปทรงที่สอง เรียกว่า False Negative, กรณีที่ 4 เมื่อสิ่งที่พยากรณ์ปรากฏเป็นรูปทรงที่สอง ซึ่งมีค่าความถูกต้องตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในรูปทรงที่สอง เรียกว่า True Positive ดังจะเห็นในรูปที่ 2.16

		Inferred Class					Inferred Class	
		A	B	C			A	Not-A
True Class	A	a	b	c	True Class	A	a (True Positives)	b+c (False Negatives)
	B	d	e	f		Not-A	d+g (False Positives)	e+f+h+i (True Negatives)
	C	g	h	i				

รูปที่ 2.16 คอนฟิวชันแมทริกซ์มัลติคลาส (Confusion Matrix Multi-Class) [68]

โดยผลลัพธ์จากตารางที่ 2.4แสดงเป็นค่า Recall, Precision และ Accuracy โดยค่า Recall หมายถึงความแม่นยำที่ให้ความสนใจในส่วนของความเป็นจริง [69] ในขณะที่ค่า Precision จะเป็นการคำนวณค่าความเป็นจริงร่วมกับคำตอบที่ผิดพลาดข้างเคียงว่าค่าที่ได้มีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด และค่า Accuracy จะเป็นการคำนวณจำนวนของคำตอบที่ถูกต้องเทียบกับจำนวน

ทั้งหมด [70] ปรากฏเป็นผลลัพธ์โดยรวมของวิธีการในขณะที่ F-Measure จะเป็นการหาค่าเฉลี่ยแบบ Harmonic Mean [71] ของ Precision และ Recall ดังจะเป็นในสมการที่ (2-5) ถึง (2-8)

$$Precision = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive} \quad (2-5)$$

$$Recall = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Negative} \quad (2-6)$$

$$Accuracy = \frac{True\ Positive + True\ Negative}{True\ Positive + True\ Negative + False\ Positive + False\ Negative} \quad (2-7)$$

$$F1 = 2 \times \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} \quad (2-8)$$

การวิเคราะห์รูปแบบของวิธีการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเป็นส่วนสำคัญ ในการสร้างความเข้าใจในกระบวนการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวดำด้วยการประมวลผลข้อมูลภาพวิธีการจับคู่แม่แบบ ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการในการจำแนกกลุ่มเพื่อจับคู่จากความคล้ายคลึงกัน การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวดำด้วยคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาเป็นการระบุจุดสนใจที่ต้องการอย่างชัดเจน สำหรับการหาสัดส่วนของพื้นที่จากตำแหน่งและจำนวนของพิกเซล ในการดึงคุณลักษณะของรูปทรงภายในภาพสำหรับการจับคู่รูปทรงระหว่าง 2 ตัวแปร ที่จะสามารถคัดกรองข้อมูลที่มีคุณลักษณะคล้ายคลึงกันมากที่สุดในกลุ่มของคุณลักษณะของดวงตาสายพันธุ์แมวดำ ซึ่งรวมไปถึงการระบุพื้นที่สนใจสามารถลดสัญญาณรบกวนจากบริเวณข้างเคียงที่อยู่นอกเหนือจากจุดสนใจมาประมวลผลร่วม ช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวดำ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพแม่นยำ

บทที่ 3

วิธีและกระบวนการวิจัย

การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่ มีวิธีและกระบวนการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

3.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ความแตกต่างทางคุณลักษณะของสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์ตามมาตรฐาน

3.1.2 กระบวนการจัดเตรียมข้อมูลสำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพแบบจับคู่

3.1.2.1 รวบรวมรูปภาพ และข้อมูลของสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์

3.1.2.2 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ

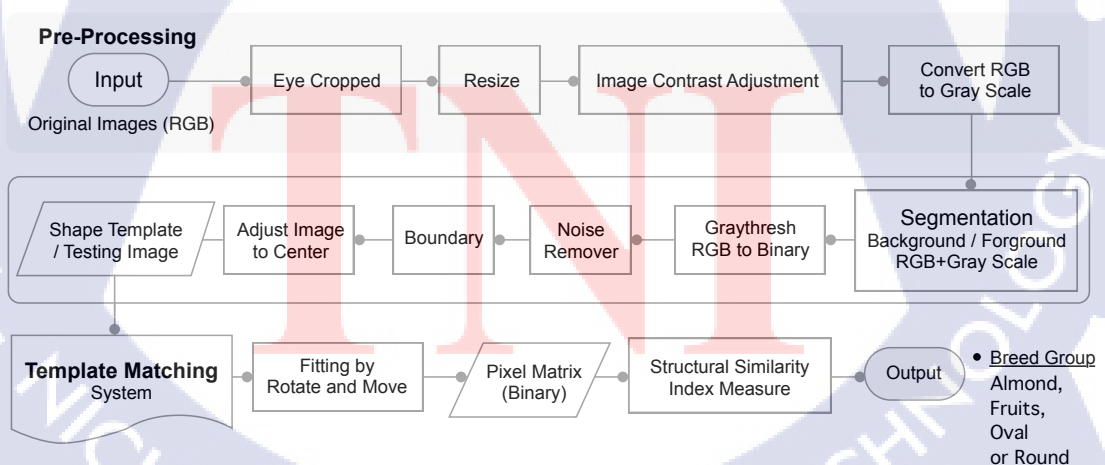
3.1.3 การกำหนดกลุ่มของคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาในสายพันธุ์แมว

3.1.4 ออกแบบและพัฒนาวิธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยการจับคู่แม่แบบตามคุณลักษณะของรูปทรงดวงตา

3.1.5 จำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวและตรวจสอบประสิทธิภาพ

3.1.6 วิเคราะห์ ประเมิน และอภิปรายผล

3.1 ขั้นตอนการวิจัย



รูปที่ 3.1 กระบวนการทำงาน (Workflow)

จากรูปที่ 3.1 ได้ทำการเสนอถึงการทำงานของวิธีการในการประมวลผลข้อมูลภาพตั้งแต่กระบวนการจัดเตรียมรูปภาพไปจนถึงการจับคู่แม่แบบของรูปทรงเพื่อทำการจำแนกสายพันธุ์แมว ด้วยคุณลักษณะของรูปทรงดวงตา ดังจะเห็นในขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ความแตกต่างทางคุณลักษณะของสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์ตามมาตรฐาน

โดยทำการศึกษาข้อมูลทางคุณลักษณะของสายพันธุ์แมว เพื่อทำการจัดกลุ่มและจำแนกในขั้นต้น โดยอ้างอิงจากข้อมูลตามมาตรฐานโลก 2 มาตรฐาน ได้แก่ มาตรฐาน CFA และ TICA รวมไปถึงการค้นคว้างานวิจัยที่มีการจัดกลุ่มของสายพันธุ์ตามความสัมพันธ์ของพันธุกรรมในสายพันธุ์แมว

3.1.2 กระบวนการจัดเตรียมข้อมูลสำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพแบบจับคู่

3.1.2.1 รวบรวมรูปภาพ และข้อมูลของสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์

โดยคัดเลือกจาก 2 แหล่งที่มา ได้แก่ ชุดข้อมูลภาพจากมาตรฐาน CFA และ ชุดข้อมูลภาพจากมาตรฐาน TICA 90 ภาพ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

- 1) ส่วนของการสร้างแม่แบบรูปทรงของดวงตา จำนวน 45 ภาพ
- 2) ส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพและผลลัพธ์ของวิธีการจำนวน 45 ภาพ

3.1.2.2 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ (Pixels Analysis)

โดยใช้วิธีการคัดเลือกรูปภาพด้วยฟังก์ชัน (Function) Importor Export a Sequence of Files ด้วยเครื่องมือ MATLAB_R2017B เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลภาพทั้งหมดก่อนทำการหาค่าโดยเฉลี่ย เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของขนาดข้อมูลภาพสำหรับการออกแบบวิธีการประมวลผลข้อมูลภาพแบบจับคู่ โมเดลของสี RGB 3 เพลน (Plane) [72] จำนวน 8 บิต คุณภาพของภาพ (Resolution) 72 dpi (Drop per Ink)

3.1.3 การกำหนดกลุ่มของคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาในสายพันธุ์แมว

คุณลักษณะของสายพันธุ์แมวบริเวณใบหน้าเป็นจุดสังเกตและมีความสำคัญต่อการจำแนกสายพันธุ์ได้อย่างมีนัยสำคัญที่สุดเมื่อเทียบกับบริเวณอื่น อย่างไรก็ตามการจำแนกสายพันธุ์แมวยังคงต้องใช้องค์ประกอบในทุกส่วนเพื่อระบุสายพันธุ์ได้อย่างแม่นยำ ในขณะที่คุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งซึ่งเป็นเพียงหนึ่งในองค์ประกอบของอวัยวะทั้งหมดบนใบหน้าก็จะสามารถระบุเป็นกลุ่มของสายพันธุ์ได้ จากการศึกษาทำให้สามารถระบุคุณลักษณะที่จะใช้ในการจำแนกกลุ่มของสาย

พันธุ์ได้ กล่าวคือ คุณลักษณะของดวงตาที่จะสามารถแบ่งกลุ่มของสายพันธุ์ออกเป็น 5 กลุ่ม ตามคุณลักษณะของรูปทรงของดวงตาตามมาตรฐาน TICA ในขณะที่ในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน CFA พบว่าสายพันธุ์ที่ได้รับการยอมรับพบเพียง 4 กลุ่มของคุณลักษณะของดวงตาเท่านั้น

ทั้งนี้การใช้คุณลักษณะของรูปทรงของดวงตาเป็นคุณลักษณะเบื้องต้นในการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์ที่สามารถอ้างอิงควบคู่ไปกับกลุ่มของสายพันธุ์ที่มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมได้ถึงแม้ว่าการศึกษาในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาจากกลุ่มของสายพันธุ์แมวที่ได้รับการยอมรับตามมาตรฐาน CFA เท่านั้นแต่ คุณลักษณะของดวงตาในสายพันธุ์ตามมาตรฐาน ยังสามารถระบุความเป็นไปได้ในการจัดกลุ่มแมวสายพันธุ์ผสม หรือแมวพันธุ์ทาง โดยจะสามารถอ้างอิงจากคุณลักษณะที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันอาจมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกับแมวสายพันธุ์ตามมาตรฐานกลุ่มนั้นๆ เนื่องจากคุณลักษณะของลูกแมวหรือแมวที่เกิดขึ้นจากการผสมจะได้รับคุณลักษณะมาจากสายพันธุ์ของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ โดยไม่สามารถกลายพันธุ์เป็นคุณลักษณะที่ต่างออกไปตามการระบุในมาตรฐาน ยกเว้นในกลุ่มของแมวต่างสปีชีส์ โดยปริมาณของคุณลักษณะในส่วนหัวทั้งหมดดังจะเห็นในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณของคุณลักษณะ 3 คุณลักษณะของรูปทรงในสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์ตามมาตรฐานปี 2018-2019

Features		Unique	Similarity	Total / Shapes
Shapes	Head Shape	4 Features	9 Features	12 Features
	Eye Shapes	4 Shapes	6 Shapes	10 Shapes / 5 Groups
	Ears Shape	2 Features	1 Features	3 Features

การวิเคราะห์คุณลักษณะทั้งหมด เพื่อหาคุณลักษณะที่สามารถจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ จากคุณลักษณะตามตารางที่ 3.1 สามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1) รูปทรงของหัวและมุมมองของรูปโครงร่าง (Profile) 2 ส่วนนี้มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนกล่าวคือ รูปทรงของหัวเป็นส่วนของพื้นที่ทั้งหมดที่รวมส่วนของคุณลักษณะบนใบหน้าตรงทั้งหมดไว้ด้วยกัน ซึ่งรวมไปถึงมุมมองของโปรไฟล์ด้วย มุมมองของโปรไฟล์เป็นรูปโครงร่างของหัวซึ่งจะทำให้เห็นความแตกต่างขององค์ประกอบย่อย เช่น สะพานจมูก จมูก คาง แก้ม และปากที่ยื่นยาวออกมา อันเป็นความแตกต่างของรูปทรงของหัวกับมุมมองของโปรไฟล์ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน เนื่องจากเพียงคุณลักษณะใดหนึ่งจากทั้ง 2 ไม่สามารถระบุความเป็นเอกลักษณ์ที่

ชัดเจนได้ต้องอาศัยการพิจารณาร่วมกัน นัยสำคัญของส่วนนี้จึงลดลง จากความคล้ายคลึงกันของ
คุณลักษณะที่มาก และปัจจัยของชนที่มีส่วนในการตรวจสอบรูปทรงจากภาพ

2) รูปทรงของหูที่ปรากฏเพียง 3 รูปทรง ถึงแม้ว่าจะปรากฏความเป็นเอกลักษณ์
ใน 2 คุณลักษณะ แบบพับ และแบบโค้งไปด้านหลัง แต่ก็พบความคล้ายคลึงกันในคุณลักษณะแบบหู
ตั้งที่มีจำนวนสายพันธุ์ในกลุ่มถึง 43 สายพันธุ์ แม่ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถมองเห็น
ภาพรวมของสายพันธุ์ที่มีความเป็นเอกลักษณ์หรือมีความคล้ายคลึงได้จริง แต่ก็มีจำนวนของ
คุณลักษณะที่น้อยเกินไปในการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์ตามมาตรฐาน

3) รูปทรงของดวงตา สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม 10 รูปทรง ตามมาตรฐาน
TICA แต่ในมาตรฐาน CFA พบปรากฏเพียง 4 กลุ่มใน 45 สายพันธุ์ ดังจะเห็นในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 กลุ่มของสายพันธุ์แมวจากการจำแนกตามคุณลักษณะของดวงตาความเชื่อมโยงของ
คุณลักษณะของดวงตาตามความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมตามมาตรฐาน CFA

Groups	Eye Shape Feature	Breeds Quantity	Breeds Total	Breeds	Hair Groups (Shorthair (SH), Longhair (LH))	Genotype Group (Sub of hair group)
1	Almond	9	14	Abyssinian	SH	6
1	Almost Almond	1	14	American Bobtail	SH/LH	no group
1	Almond	9	14	Balinese	LH	11
1	Almond	9	14	Burmilla	SH/LH	no group
1	Almond	9	14	Colorpoint Shorthair	SH	11
1	Large Almond	4	14	Egyptian Mau	SH	no relationship
1	Almond	9	14	European Burmese	SH	no group
1	Almond	9	14	LaPerm	SH/LH	no group
1	Large Almond	4	14	Norwegian Forest Cat	LH	1
1	Large Almond	4	14	Ocicat	SH	9
1	Almond	9	14	Oriental	SH/LH	11
1	Almond	9	14	Siamese	SH	11
1	Large Almond	4	14	Singapura	SH	no relationship
1	Almond	9	14	Somali	LH	6
2	Almost Round (Rounded)	8	14	American Shorthair	SH	4
2	Almost Round (Rounded)	8	14	American Wirehair	SH	4

ตารางที่ 3.2 กลุ่มของสายพันธุ์แมวจากการจำแนกตามคุณลักษณะของดวงตาความเชื่อมโยงของ
คุณลักษณะของดวงตาตามความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมตามมาตรฐาน CFA (ต่อ)

Groups	Eye Shape Feature	<u>Breeds Quantity</u>	<u>Breeds Total</u>	Breeds	Hair Groups (Shorthair (SH), Longhair (LH))	Genotype Group (Sub of hair group)
2	Almost Round (Rounded)	8	14	Birman	LH	no relationship
2	Round	6	14	Bombay	SH	10
2	Round	6	14	British Shorthair	SH	3
2	Round	6	14	Burmese	SH	10
2	Almost Round (Rounded)	8	14	Chartreux	SH	3
2	Round	6	14	Exotic	SH	2
2	Almost Round (Rounded)	8	14	Korat	SH	no relationship
2	Almost Round (Rounded)	8	14	Manx	SH/LH	no relationship
2	Round	6	14	Persian	LH	2
2	Round	6	14	Scottish Fold	SH/LH	no relationship
2	Almost Round (Rounded)	8	14	Selkirk Rex	SH/LH	no relationship
2	Almost Round (Rounded)	8	14	Siberian	LH	no group
3	Oval	10	11	Bengal	SH	9
3	Oval	10	11	Cornish Rex	SH	no relationship
3	Oval	10	11	Devon Rex	SH	7
3	Oval	10	11	Havana Brown	SH	no relationship
3	Oval	10	11	Japanese Bobtail	SH/LH	no relationship
3	Large Oval	1	11	KhaoManee	SH	no group
3	Oval	10	11	Lykoi	SH	no group
3	Oval	10	11	Maine Coon Cat	LH	1
3	Oval	10	11	Ragdoll	LH	8
3	Oval	10	11	Toypob	SH/LH	no group
3	Oval	10	11	Russian Blue	SH	5
4	Walnut	4	6	American Curl	SH/LH	8
4	Walnut	4	6	Ragamuffin	LH	no group
4	Lemon	1	6	Sphynx	SH	7
4	Peach Pit	1	6	Tonkinese	SH	10
4	Walnut	4	6	Turkish Angora	LH	5
4	Walnut	4	6	Turkish Van	LH	no relationship
5	Triangle	0	0	-	-	-

รูปทรงของดวงตาในกลุ่มที่ 5 Triangle ไม่พบปรากฏในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน CFA แต่จะสามารถพบปรากฏในสายพันธุ์แมวตามมาตรฐาน TICA ดังจะเห็นในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 กลุ่มของสายพันธุ์แมวจากการจำแนกตามคุณลักษณะของดวงตาตามมาตรฐาน TICA

Group	Eye Shape Feature	Breeds Total	Breeds	Breeds Genotype Group
1	Almond	19	Abyssinian	(AB/SO)
1	Almond	19	Balinese	(SI/BA/OS/OL)
1	Almond	19	Donskoy	(DSK)
1	Almond	19	Egyptian Mau	(EM)
1	Almond	19	LaPerm	(LP/LPS)
1	Almond	19	LaPerm Shorthair	(LP/LPS)
1	Almond	19	Norwegian Forest	(NF)
1	Almond	19	Oriental Longhair	(SI/BA/OS/OL)
1	Almond	19	Oriental Shorthair	(SI/BA/OS/OL)
1	Almond	19	Siamese	(SI/BA/OS/OL)
1	Almond	19	Singapura	(SG)
1	Almond	19	Somali	(AB/SO)
1	Almond	19	Thai	(TH)
1	Almond	19	Burmilla	(BM, BML)
1	Almond	19	Burmilla Longhair	(BM, BML)
1	Large Almond	19	American Bobtail	(ABT/ABS)
1	Large Almond	19	American Bobtail Shorthair	(ABT/ABS)
1	Large Almond	19	Ocicat	(OC)
1	Large Almond	19	Peterbald	(PD)
2	Round	25	Bombay	(BU/BO)
2	Round	25	British Longhair	(BS/BL)
2	Round	25	British Shorthair	(BS/BL)
2	Round	25	Burmese	(BU/BO)
2	Round	25	Exotic Shorthair	(PS/HI/ES)
2	Round	25	Himalayan	(PS/HI/ES)
2	Round	25	Minuet	(MNT/MNL)
2	Round	25	MinuetLonghair	(MNT/MNL)
2	Round	25	Persian	(PS/HI/ES)
2	Round	25	Scottish Fold	(SF/SFL/SCS/SCL)
2	Round	25	Scottish Fold Longhair	(SF/SFL/SCS/SCL)
2	Round	25	Scottish Straight	(SF/SFL/SCS/SCL)
2	Round	25	ScottishStraightLonghair	(SF/SFL/SCS/SCL)

ตารางที่ 3.3 กลุ่มของสายพันธุ์แมวจากการจำแนกตามคุณลักษณะของดวงตามาตรฐาน TICA
(ต่อ)

Group	Eye Shape Feature	Breeds Total	Breeds	Breeds Genotype Group
2	Round	25	Selkirk Rex	(SR/SRL)
2	Round	25	Selkirk Rex Longhair	(SR/SRL)
2	Round	25	Australian Mist	(AUM)
2	Rounded	25	Korat	(KT)
2	Rounded	25	American Shorthair	(AS/AW)
2	Rounded	25	American Wirehair	(AS/AW)
2	Rounded	25	Birman	(BI)
2	Rounded	25	Chartreux	(CX)
2	Rounded	25	Cymric	(MX/CY)
2	Rounded	25	Manx	(MX/CY)
2	Rounded	25	Russian Blue	(RB)
2	Rounded	25	Siberian	(SB)
3	Oval	17	Chausie	(CU)
3	Oval	17	Bengal	(BG/BGL)
3	Oval	17	Bengal Longhair	(BG/BGL)
3	Oval	17	Cornish Rex	(CR)
3	Oval	17	Devon Rex	(DR)
3	Oval	17	Havana	(HB)
3	Oval	17	Japanese Bobtail	(JB/JBL)
3	Oval	17	Japanese Bobtail Longhair	(JB/JBL)
3	Oval	17	Lykoi	(LY)
3	Oval	17	Maine Coon	(MC/MCP)
3	Oval	17	Maine Coon Polydactyl	(MC/MCP)
3	Oval	17	Nebelung	(NB)
3	Oval	17	Ragdoll	(RD)
3	Oval	17	Snowshoe	(SN)
3	Oval	17	Toybob	TB/TBL
3	Oval	17	Toybob Longhair	TB/TBL
3	Oval	17	Khaomane	(KM)
4	Walnut	10	American Curl	(AC/ACL)
4	Walnut	10	American Curl Longhair	(AC/ACL)
4	Walnut	10	Kurilian Bobtail	(KB/KBL)
4	Walnut	10	Kurilian Bobtail Longhair	(KB/KBL)
4	Walnut	10	Munchkin	(MK/MKL)
4	Walnut	10	Munchkin Longhair	(MK/MKL)
4	Walnut	10	Turkish Angora	(TA)

ตารางที่ 3.3 กลุ่มของสายพันธุ์แมวจากการจำแนกตามคุณลักษณะของดวงตามาตรฐาน TICA
(ต่อ)

Group	Eye Shape Feature	Breeds Total	Breeds	Breeds Genotype Group
4	Walnut	10	Turkish Van	(TV)
4	Lemon	10	Sphynx	(SX)
4	Peach pit	10	Tonkinese	(TO)
5	Hooded soft triangle	4	Pixiebob	(PB/PBL)
5	Hooded soft triangle	4	Pixiebob Longhair	(PB/PBL)
5	Hooded soft triangle	4	Savannah	(SV)
5	Hooded soft triangle	4	Toyger	(TG)

3.1.4 กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล (Pre-processing) ประกอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

- 1) ใช้ฟังก์ชัน imcrop ในการเลือกจุดสนใจเฉพาะบริเวณดวงตาบนภาพใบหน้า
- 2) ใช้ฟังก์ชัน imresize ในการปรับขนาดของรูปภาพดวงตาให้มีขนาดเท่ากันในทุกภาพ
- 3) ปรับค่าแสงด้วยฟังก์ชัน imadjust ในภาพ RGB เพื่อเพิ่มความคมชัดบริเวณขอบของดวงตาด้วยการเพิ่มความเข้ม และเพิ่มความสว่างในส่วนที่ไม่ต้องการเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน และสร้างความแตกต่าง (Contrast)
- 4) ใช้ฟังก์ชัน graythresh ในการแปลงภาพ RGB เป็น Binary เพื่อเข้าสู่กระบวนการ Morphology
- 5) หาขอบของ Boundaries ด้วยฟังก์ชัน imerode สำหรับสร้าง Template เพื่อเข้าสู่กระบวนการจับคู่แม่แบบ

3.1.5 ออกแบบและพัฒนาวิธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยการจับคู่แม่แบบตามคุณลักษณะของรูปทรงดวงตา (Template Matching of Eye Contour Shape)

ดวงตาของแมวสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มของรูปทรงโดยอ้างอิงตามจำนวนสายพันธุ์ที่ทำการระบุไว้ตามมาตรฐาน CFA ความคล้ายคลึงกันของรูปทรงทั้ง 4 กลุ่มมีความเป็นไปได้มากที่จะเกิดความผิดพลาดของขนาด มุมองศา และการประมวลผลข้อมูลภาพจากสิ่งรบกวนอื่นภายในภาพ ทั้งนี้การออกแบบวิธีการทำงานในการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยรูปทรงดวงตาโดยวิธีการจับคู่แม่แบบจึงต้องใช้ ภาพแม่แบบที่ผ่านกระบวนการหาค่าของรูปทรงโดยปราศจากสิ่งรบกวนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เพื่อหาค่าความความคล้ายคลึงกันภายในกลุ่มด้วยการ

เปรียบเทียบระหว่างรูปแบบ (Template) กับรูปภาพที่ใช้ในการทดลอง (Input Image) ด้วยวิธีการค่าสหสัมพันธ์ เป็นการเปรียบเทียบความเหมือนของภาพ โดยใช้วิธีแบบนอร์มัลไลซ์ครอสคอรีเลชัน (Normalized Cross-Correlation) ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างจุดพิกเซลสองภาพ

โดยการจับคู่แม่แบบในกระบวนการหมุนจะหมุนตามแนวแกนเข็มของนาฬิกาเป็น 360 องศา เพื่อหามุมขององศาที่ใกล้เคียงที่สุดกับภาพต้นฉบับ โดยแสดงเป็นค่าที่ดีที่สุด (Best Score) ก่อนทำการขยาย หรือลดขนาดของภาพต้นฉบับเพื่อทำการหาค่าที่ดีที่สุดของขนาด โดยผลลัพธ์จะแสดงออกมาเป็นค่ารูปแบบตารางพิกเซลที่ดีที่สุด ปรากฏเป็นค่าภาพตัวเลขฐานสอง เท่ากับ 0 และ 1

3.1.6 การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมลงและการตรวจสอบประสิทธิภาพ

การหาค่าความคล้ายคลึงของการเปรียบเทียบภาพทดลองกับภาพแม่แบบ 45 แบบ โดยทำการจำแนกด้วยวิธีการแบบ Pixel-Base ผลลัพธ์ของการจับคู่แม่แบบโดยหาค่าสหสัมพันธ์แบบนอร์มัลไลซ์ครอสคอรีเลชันจะได้เป็นตารางของพิกเซล สำหรับการหาค่าดัชนีความคล้ายคลึงของภาพ (Structural Similarity Index Measure) ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กันของพิกเซลที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งค่าที่ได้จากดัชนีความคล้ายคลึงของภาพที่ต่ำจะแสดงถึง ความไม่สัมพันธ์กันระหว่างพิกเซลภายในภาพที่ต้องการตรวจสอบ ผลลัพธ์ของค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันในแต่ละรูปทรงที่ปรากฏในการทดสอบในแมลงแต่ละสายพันธุ์จะถูกจัดกลุ่มด้วยวิธีการหาค่ายกกำลังสองของกลุ่มด้วยหลักการแบบ Root Mean Square (RMS) สำหรับจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์ด้วยคุณลักษณะรูปทรงของดวงตา

3.1.7 วิเคราะห์ ประเมิน และอภิปรายผล

การประเมินผลจากการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมลงจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่ โดยกำหนดจุดสนใจของคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาในสายพันธุ์แมลง 4 กลุ่ม และสร้างแม่แบบในการจับคู่รูปทรงได้ทำการวัดประสิทธิภาพในการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์ด้วยคุณลักษณะของรูปทรงดวงตาด้วยการวิเคราะห์แบบคอนฟิวชันแมทริกซ์ (Confusion Matrix) ที่เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับการตรวจวัดประสิทธิภาพของการจำแนก (Classification) โดยให้ผลลัพธ์เป็นค่า Accuracy, Recall และ Precision

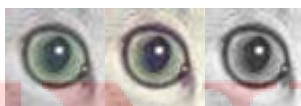
บทที่ 4

ผลลัพธ์ของงานวิจัย

การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่ ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยมีผลการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลลัพธ์ของการประมวลผลข้อมูลภาพขั้นต้น (Pre-Processing Image)

ข้อมูลภาพที่ทำการรวบรวมจากแหล่งที่มาที่หลากหลายทำให้ปรากฏขนาดและความละเอียดภายในภาพที่แตกต่างกันในการประมวลผลข้อมูลภาพเบื้องต้นด้วยการทำงานบนเครื่องมือ MATLAB_R2017B โดยเริ่มจากการเลือกตัด (Cropped) พื้นที่เฉพาะจุดสนใจในรูปภาพต้นแบบ (Original Image) ได้แก่ส่วนของดวงตาด้วยฟังก์ชัน `imcrop` ก่อนทำการปรับขนาดของภาพด้วยฟังก์ชัน `imresize` ให้มีขนาดที่ 50×50 พิกเซลโดยภาพต้นฉบับที่มีขนาดเล็กกว่าจะเกิดสถานะเบลลออัตโนมัติ (Blur) เมื่อมีการขยายเพิ่มขึ้นโดยจะปลดส่วนที่เป็นสัญญาณรบกวน (Noise) ภายในภาพเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ [73]ภาพที่ถูกขยายตามกำหนดจะถูกปรับแสง (Image Adjustment) ให้มีค่าความเข้มและความสว่างของแสงเพื่อเพิ่มความคมชัดของขอบวัตถุหรือรูปทรงที่ต้องการ ด้วยฟังก์ชัน `imadjust` โดยกำหนดพารามิเตอร์สำหรับภาพสี RGB กำหนดเป็น $[0.0 \ 0.1; .9 \ .9 \ 1]$ ของค่า Lowin, Highin และค่า Lowout, Highoutซึ่งเป็นการปรับระดับของแสง ดังจะเห็นในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การปรับภาพสี RGB ในรูปทรงของดวงตาแมวสายพันธุ์ Ragdoll รูปซ้าย ภาพขนาด 50×50 พิกเซล, รูปกลาง ภาพที่ผ่านการปรับแสงของ RGB, รูปขวา การแปลงภาพปรับแสงเป็นเกรย์สเกล

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าคุณลักษณะของภาพยังคงปรากฏส่วนของขอบบริเวณรอบดวงตาของแมวอย่างชัดเจน ซึ่งหากใช้ภาพข้างต้นในการแปลงเป็นภาพไบนารีอาจก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนภายในที่ยากต่อการจัดการ สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยการผสานภาพขนาด 50×50 พิกเซลร่วมกับภาพที่ผ่านการแปลงเป็นเกรย์สเกล เพื่อลดสิ่งรบกวนนอกจุดสนใจ จากทฤษฎีเมื่อจำนวนของ

พิกเซลมีค่ามากกว่า 255 จะถูกแปลงให้เป็นจำนวนเต็มที่สูงที่สุดที่ 255 เท่านั้นทำให้ภาพที่ได้เกิดความแตกต่าง (Contrast) ของบริเวณที่ไม่ต้องการจะถูกปรับแสงให้ต่างจากบริเวณขอบของดวงตาที่มีความเข้มจะยังคงคุณลักษณะเดิมไว้ ดังจะเห็นในรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 การผสมภาพเพื่อลดสิ่งรบกวน

ดวงตาของแมวมีคุณลักษณะที่ค่อนข้างมองเห็นขอบได้อย่างชัดเจน ขอบเขตดวงตาจะมีสีดำซึ่งจะทำให้เห็นคุณลักษณะพื้นที่ภายในของดวงตาได้ดี ภาพที่มีคุณสมบัติของรูปทรงชัดเจน จะทำการแปลงจากค่าสี RGB จากการผสมรวมภาพให้เป็นภาพตัวเลขฐานสอง (Binary) ด้วยฟังก์ชัน graythresh และกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพตัวเลขฐานสองที่เกิดจากพื้นผิวของขน เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพแบบแบ่งส่วน ดังจะเห็นรูปแบบของภาพตัวเลขฐานสองในรูปที่ 4.3



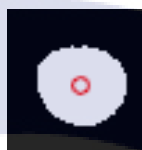
รูปที่ 4.3 รูปซ้าย การแปลงภาพเป็นภาพตัวเลขฐานสอง, รูปขวา ภาพที่ผ่านการกำจัดสัญญาณรบกวน

จากภาพที่ 4.3 การกำจัดสัญญาณรบกวนหลังการแปลงค่าให้เป็นภาพตัวเลขฐานสองจะทำให้ได้ขอบเขตของรูปทรง โดยส่วนสีขาวคือพื้นที่ของรูปทรง (Contour Shape) ที่ต้องการ และส่วนสีดำคือส่วนของพื้นหลัง โดยจะทำการหาขอบพื้นที่ของรูปทรงเพื่อใช้สำหรับการสร้างแม่แบบในการจับคู่ด้วยการใช้เทคนิค Morphological ฟังก์ชัน imerode ด้วย Structuring Element แบบ Square ในการลดขอบของรูปทรงลง 3 พิกเซล เพื่อให้ได้ขนาดของขอบเขตที่ครบถ้วนสำหรับการสร้างแม่แบบของรูปทรง ดังจะเห็นผลลัพธ์ในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การหาขอบเขตของรูปทรงเพื่อสร้างแม่แบบรูปซ้าย ภาพทรงที่ผ่านการลดขนาดของพิกเซล, รูปขวา ขอบของรูปทรงแม่แบบที่สมบูรณ์

จากภาพที่ 4.4 เมื่อได้ขอบเขตของรูปทรงมาแล้วในบางกรณีสามารถเกิดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งของขอบเขตรูปทรงแม่แบบ และรูปทรงที่ต้องการใช้ในการเปรียบเทียบสำหรับการจับคู่ ซึ่งต้องผ่านกระบวนการหมุนเพื่อหามุมมองที่คล้ายคลึงกัน หากจุดศูนย์กลางของขอบเขตรูปทรงไม่อยู่บริเวณกลางภาพ จะทำให้ตำแหน่งของพิกเซลที่ทับซ้อนเกิดความผิดเพี้ยน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการหาจุดศูนย์กลาง (Centriod) ด้วยฟังก์ชัน regionprops [74] เพื่อเคลื่อนย้ายรูปทรงให้อยู่ในระดับเดียวกันทุกภาพ จากภาพขนาด 50×50 พิกเซล จะได้จุดศูนย์กลางอยู่ที่พิกเซลที่ $25 : 25$ ซึ่งคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งกลางภาพไป 1 พิกเซล ดังจะเห็นในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การหาค่า Centriod ของรูปทรงเพื่อกำหนดจุดกึ่งกลาง

หลังจากทำการหาจุดกึ่งกลางของรูปทรงจะเข้าสู่วิธีการจับคู่แม่แบบ โดยทำการประกบภาพแม่แบบและภาพทดลองเข้าด้วยกันในการหาความคล้ายของรูปทรง ภาพที่ถูกนำเข้ามาที่มีองศาของรูปทรงไม่เท่ากันจะถูกหมุนเพื่อปรับมุมมองของแม่แบบให้ได้มุมที่ใกล้เคียงกับภาพทดสอบมากที่สุด ก่อนจะทำการเคลื่อนย้ายภาพแม่แบบให้มีระดับที่ใกล้เคียงกันกับภาพทดสอบ ดังจะเห็นในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 รูปซ้าย ภาพแม่แบบ, รูปกลาง ภาพปรับมุมมองที่ดีที่สุด, รูปขวา ภาพแม่แบบ (สีขาว) และภาพทดสอบ (สีชมพู) ที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด

4.2 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แบบนอมัลไลซ์คอร์สคอร์เลชันในกระบวนการจับคู่แม่แบบรูปทรง

เมื่อภาพแม่แบบได้รับการจับคู่กับภาพที่ใช้สำหรับการทดลองด้วยกระบวนการจับคู่แบบนอมัลไลซ์คอร์สคอร์เลชันจะปรากฏเป็นค่าสหสัมพันธ์ในรูปแบบของตารางพิกเซล ซึ่งจะปรากฏภาพของจุดของพิกเซลที่มีความต่อเนื่องและคล้ายคลึงกัน สำหรับการวิเคราะห์ค่าดัชนีความคล้ายคลึงของรูปทรง ค่าที่ได้จากดัชนีความคล้ายคลึงของภาพที่ต่ำกว่า -1 จะแสดงถึงความไม่สัมพันธ์กันระหว่างภาพแม่แบบและภาพที่ต้องการตรวจสอบ และค่า 1 หมายถึงคล้ายคลึงกันมากที่สุด และค่า -1 โดยการผู้วิจัยจะทำการจัดเก็บเป็นค่าทั้งหมด 45 ค่าจากภาพแม่แบบใน 45 สายพันธุ์ต่อ 1 ภาพทดสอบ สามารถแยกออกเป็นกลุ่มได้ 4 กลุ่มตามคุณลักษณะรูปทรง ดังนี้ ปรากฏ 14 สายพันธุ์ในกลุ่มของรูปทรงอัลมอนด์, 14 สายพันธุ์ในกลุ่มของรูปทรงกลม, 11 สายพันธุ์ในกลุ่มของรูปทรงวงรี และ 6 สายพันธุ์ในกลุ่มของรูปทรงที่มีความคล้ายกับผลไม้ เพื่อรวมเป็นผลรวมของค่ายกกำลังสองของแต่ละกลุ่มโดยทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการหาค่า Root Mean Square ของกลุ่มสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำ โดยผลลัพธ์ที่ปรากฏดังจะแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลรวมของค่ายกกำลังสองใน 4 กลุ่มของสายพันธุ์ จากภาพทดสอบ 45 ภาพ

Group	Breed	Almond	Round	Oval	Fruits	Result	
						Correct	Incorrect
Almond	Abyssinian	0.7712	0.7758	0.7841	0.8075		x
Almond	American Bobtail	0.7984	0.799	0.7978	0.7902	/	
Almond	Balinese	0.8245	0.8243	0.809	0.803	/	
Almond	Burmilla	0.7529	0.7511	0.7649	0.7902		x
Almond	Colorpoint Shorthair	0.8379	0.8362	0.8246	0.8178	/	
Almond	Egyptian Mau	0.7398	0.7353	0.7553	0.7832	/	
Almond	European Burmese	0.8017	0.7993	0.8007	0.7992	/	
Almond	LaPerm	0.7801	0.7799	0.7943	0.7972		x
Almond	Norwegian Forest	0.768	0.7777	0.7898	0.8036		x
Almond	Ocicat	0.8082	0.8079	0.8057	0.7881	/	
Almond	Oriental	0.8147	0.8106	0.814	0.7961	/	
Almond	Siamese	0.8279	0.8266	0.8254	0.8104	/	
Almond	Singapura	0.8074	0.8072	0.8065	0.8031	/	
Almond	Somali	0.8263	0.8241	0.8201	0.8044	/	
Round	American Shorthair	0.796	0.8248	0.822	0.8126	/	
Round	American Wirehair	0.8457	0.8498	0.8387	0.8086	/	
Round	Birman	0.7275	0.7973	0.7953	0.7957	/	
Round	Bombay	0.7923	0.7935	0.793	0.7924	/	
Round	British Shorthair	0.8093	0.8328	0.822	0.8126	/	
Round	Burmese	0.7697	0.805	0.8234	0.8437		x

ตารางที่ 4.1 ผลรวมของค่ายกกำลังสองใน 4 กลุ่มของสายพันธุ์ จากภาพทดสอบ 45 ภาพ (ต่อ)

Group	Breed	Almond	Round	Oval	Fruits	Result	
						Correct	Incorrect
Round	Chartreux	0.8125	0.8143	0.8104	0.8077	/	
Round	Exotic	0.8278	0.8373	0.8239	0.8106	/	
Round	Korat	0.7771	0.7724	0.7928	0.7834		x
Round	Manx	0.8515	0.8635	0.8416	0.8272	/	
Round	Persian	0.8144	0.8217	0.8134	0.8206	/	
Round	Scottish Fold	0.8474	0.8523	0.8343	0.8113	/	
Round	Selkirk Rex	0.8189	0.8221	0.8192	0.8076	/	
Round	Siberian	0.8201	0.8181	0.8247	0.8064	/	
Oval	Bangal	0.8235	0.8223	0.8241	0.803	/	
Oval	Cornish Rex	0.7481	0.7346	0.7582	0.7562	/	
Oval	Devon Rex	0.7333	0.7318	0.7555	0.7511	/	
Oval	Havana Brown	0.6572	0.6691	0.6827	0.6813	/	
Oval	Japanese Bobtail	0.825	0.8235	0.8251	0.8055	/	
Oval	Kaomae	0.8151	0.819	0.8227	0.8124	/	
Oval	Lykoi	0.8109	0.8148	0.8171	0.8169	/	
Oval	Maincoon	0.8406	0.8535	0.8392	0.8131		x
Oval	Ragdoll	0.8354	0.8348	0.8369	0.8065	/	
Oval	Russian Blue	0.8033	0.8086	0.8088	0.8008	/	
Oval	Toypob	0.7632	0.7608	0.7879	0.7868	/	
Fruits	American Curl	0.7128	0.7072	0.7168	0.7716	/	
Fruits	Ragamuffin	0.635	0.6304	0.6488	0.6786	/	
Fruits	Sphynx	0.7792	0.7727	0.8013	0.817	/	
Fruits	Tonkinese	0.712	0.7111	0.739	0.7515	/	
Fruits	Turkish Angora	0.786	0.7738	0.7863	0.8101	/	
Fruits	Turkish Van	0.7783	0.7755	0.7853	0.803	/	

จากตารางที่ 4.1 จะสังเกตได้ว่าค่าของดัชนีความคล้ายคลึงกันจะมีค่าต่ำกว่า 1 แต่จะมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดอยู่ในระดับที่ 0.8498 เป็นค่าที่สูงที่สุดในการทำนาย เนื่องจากความคล้ายคลึงกันของรูปทรงระหว่างกลุ่มที่ค่อนข้างมีความใกล้เคียงกันสูงทำให้เกิดของผิดพลาดในการจำแนกภายในกลุ่ม โดยรูปทรงอัลมอนต์เป็นรูปทรงที่มีความผิดพลาดมากที่สุด ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อนเป็นกลุ่มของรูปทรงคล้ายผลไม้มากที่สุด ในขณะที่เดียวกันในกลุ่มของรูปทรงกลมก็เกิดความผิดพลาดในการจำแนกโดยระบุผลลัพธ์คลาดเคลื่อนเป็นกลุ่มของรูปทรงวงรีที่มีความคล้ายกันของคุณลักษณะเช่นเดียวกัน

จากผลการออกแบบและพัฒนาวิธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยคุณลักษณะรูปทรงของดวงตา ในขั้นตอนของการแบ่งส่วนของข้อมูลจะทำให้ได้รูปแบบของขอบเขตของรูปทรงที่ใช้สำหรับสร้างแม่แบบรูปทรงสำหรับการจับคู่ที่เป็นคุณสมบัติสำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะที่ปรากฏพบว่า ปัญหาที่ทำการแบ่งส่วนออกมาได้ค่อนข้างมีความคล้ายคลึงกันสูง เกิดจากการกำหนดขอบเขตของรูปทรงที่ต้องดูจากบริเวณขอบด้านในของดวงตา แม้ว่าคุณลักษณะที่ปรากฏในภาพต้นฉบับขอบของดวงตาด้านนอกจะมีความเข้มและชัดเจนกว่า แต่ไม่ใช่คุณลักษณะของรูปทรงดวงตาที่แท้จริงหากมองที่ขอบของดวงตาด้านนอกผลลัพธ์ที่ได้จะไม่สามารถแบ่งแยกความแตกต่างของรูปทรงได้อย่างสิ้นเชิง

ข้อผิดพลาดของความคล้ายคลึงกันของรูปทรง 4 กลุ่ม สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ กลุ่มของรูปทรงกลมที่มีความความคลึงกับกลุ่มของรูปทรงวงรี เนื่องด้วยพื้นฐานของคุณลักษณะที่มีการพัฒนามาจากฐานรูปทรงเดียวกัน และความคลาดเคลื่อนของสัญญาณรบกวนภายในภาพทำให้เกิดความเสียหาย จึงทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะแปลงสภาพของรูปทรงที่ควรจะเป็นกลีบกลายเป็นอีกหนึ่งรูปทรงหนึ่งที่ใกล้เคียงได้ เช่นเดียวกันกับในกลุ่มของรูปทรงอัลมอนต์ที่มีความคล้ายคลึงกันกับกลุ่มของรูปทรงผลไม้อย่าง พีชเลมอน และวอลนัท

นอกเหนือจากนี้สิ่งที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผลข้อมูลภาพส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากคุณภาพของรูปภาพที่ใช้ คุณลักษณะของดวงตาเป็นคุณลักษณะหนึ่งที่อยู่ภายในรูปภาพต้นฉบับหนึ่งภาพที่ประกอบไปด้วยคุณลักษณะทุกส่วนของแมว ด้วยเหตุนี้ดวงตาเป็นเพียงองค์ประกอบเล็กๆ ภายในภาพที่ทำให้เมื่อนำภาพเฉพาะบริเวณดวงตามาทำการตัดเลือกเฉพาะส่วนจึงทำให้ภาพสูญเสียคุณลักษณะของความคมชัดไป โดยภาพที่ได้จากกระบวนการประมวลผลข้อมูลภาพจะเห็นได้ว่าได้คุณภาพที่ค่อนข้างต่ำ ทำให้ภาพเกิดรอยหยักของขอบพิกเซลได้อย่างชัดเจนก่อให้เกิดปัญหาในการจำแนกเล็กน้อย

4.3 ผลลัพธ์ของการประเมินผล

การวัดประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เลือกใช้หลักการของคอนฟิวชันแมทริกซ์มัลติคลาส (Confusion Matrix Multi Class) ในการวัดประสิทธิภาพเพื่อหาค่า Outcome Variable ปรากฏเป็น ค่า True Negative, False Positive, False Negative, True Positive และให้ผลลัพธ์เป็นค่า ความแม่นยำที่ให้ความสนใจในส่วนของความเป็นจริง (Recall), ค่าความเป็นจริงร่วมกับคำตอบที่ผิดพลาดข้างเคียง (Precision), ค่าเฉลี่ยแบบ Harmonic Mean ของ Precision และ Recall (F-Measure) และค่าการคำนวณจำนวนของคำตอบที่ถูกต้องเทียบกับจำนวนทั้งหมด (Accuracy) ดังจะเห็นในผลลัพธ์ในรูปที่ 4.7

		Actual Class			
		almond	round	oval	fruits
Predicted Class	almond	10	0	0	4
	round	0	12	2	0
	oval	0	1	10	0
	fruits	0	0	0	6

รูปที่ 4.7 การวิเคราะห์คอนฟิวชันแมทริกซ์มัลติคลาส

จากรูปที่ 4.7 สามารถวิเคราะห์ Outcome Variable ได้ ดังต่อไปนี้

1) กลุ่มของรูปทรงอัลมอนด์ทั้งหมด 14 สายพันธุ์พบว่าสามารถพยากรณ์ได้ค่าความถูกต้องตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (True Negative) เป็นรูปทรงอัลมอนด์ 10 ภาพ และพยากรณ์ได้ค่าความผิดพลาดไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (False Positive) ว่าเป็นเป็นรูปทรงอัลมอนด์ แต่ปรากฏเป็นรูปทรงคล้ายผลไม้ 4 ภาพ

2) กลุ่มของรูปทรงคล้ายผลไม้ทั้งหมด 6 สายพันธุ์พบว่าสามารถพยากรณ์ได้ค่าความถูกต้องตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (True Positive) เป็นรูปทรงคล้ายผลไม้ 6 ภาพ และไม่พบการพยากรณ์ได้ค่าความผิดพลาดไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (False Negative) ว่าเป็นเป็นรูปทรงคล้ายผลไม้

3) กลุ่มของรูปทรงกลมทั้งหมด 14 สายพันธุ์พบว่าสามารถพยากรณ์ได้ค่าความถูกต้องตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงเป็นรูปทรงกลม 12 ภาพ และพยากรณ์ได้ค่าความผิดพลาดไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงว่าเป็นรูปทรงกลม แต่ปรากฏเป็นรูปทรงคล้ายวงรี 2 ภาพ

4) กลุ่มของรูปทรงวงรีทั้งหมด 6 สายพันธุ์พบว่าสามารถพยากรณ์ได้ค่าความถูกต้องตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงเป็นรูปทรงวงรี 6 ภาพ และพยากรณ์ได้ค่าความผิดพลาดไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงว่าเป็นรูปทรงวงรี แต่ปรากฏเป็นรูปทรงกลม 1 ภาพ

โดยจะแสดงผลลัพธ์ของการวิจัยจากภาพแม่แบบสายพันธุ์แมว 45 สายพันธุ์ และภาพทดสอบ 45 สายพันธุ์ ดังจะเห็นในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์ของงานวิจัย

Group	Recall	Precision	F1	Accuracy
almond	71.43%	100%	83.33%	84.44%
round	85.71%	92.31%	88.89%	
oval	90.91%	83.33%	86.96%	
fruits	100%	60%	75.00%	

จากตารางที่ 4.3 สามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้ต่อดังนี้ จากการประมวลผลข้อมูลภาพทั้งหมด 45 ภาพแม่แบบของสายพันธุ์แมวโดยจำแนกออกเป็น 4 รูปทรงของดวงตาเทียบกับ 45 ภาพทดลองพบว่า ค่าความเป็นจริงร่วมกับคำตอบที่ผิดพลาดข้างเคียง (Precision) อยู่ในระดับเกณฑ์ที่มีระดับเปอร์เซ็นต์ของความถูกต้องในการเปรียบเทียบแม่แบบของรูปทรงอัลมอนต์ปรากฏค่าที่ 100 เปอร์เซ็นต์, รูปทรงกลมปรากฏค่าความถูกต้องที่ 92.31 เปอร์เซ็นต์ โดยพบค่าความผิดพลาดเพียง 7.69 เปอร์เซ็นต์, รูปทรงวงรีปรากฏค่าความถูกต้อง 83.33 เปอร์เซ็นต์ และพบค่าความผิดพลาดที่ 16.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่รูปทรงคล้ายผลไม้ปรากฏค่าความถูกต้อง 60 เปอร์เซ็นต์ และปรากฏค่าความผิดพลาดที่ 40 เปอร์เซ็นต์

ผลลัพธ์ของค่าความแม่นยำที่ให้ความสนใจในส่วนของความเป็นจริง (Recall) ของรูปทรงแบบอัลมอนต์ปรากฏค่าความถูกต้องที่ 71.43 เปอร์เซ็นต์ และพบค่าความผิดพลาด 28.57 เปอร์เซ็นต์, ค่าของรูปทรงกลมปรากฏค่าความถูกต้องอยู่ที่ 85.71 เปอร์เซ็นต์ และปรากฏค่าความผิดพลาดที่ 14.29 เปอร์เซ็นต์, รูปทรงแบบวงรีปรากฏค่าความถูกต้องถึง 90.91 เปอร์เซ็นต์ และปรากฏค่าความผิดพลาดเพียง 9.09 เปอร์เซ็นต์, รูปทรงคล้ายผลไม้ปรากฏค่าความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบความผิดพลาด

ผลลัพธ์ของค่าเฉลี่ยแบบ Harmonic Mean ของ Precision และ Recall (F-Measure) ปรากฏความแม่นยำของรูปทรงอัลมอนต์ที่ 83.33 เปอร์เซ็นต์, รูปทรงกลมแม่นยำถึง 88.89 เปอร์เซ็นต์, รูปทรงแบบวงรีปรากฏความแม่นยำที่ 86.96 เปอร์เซ็นต์ และรูปทรงคล้ายผลไม้ปรากฏความแม่นยำที่ 75 เปอร์เซ็นต์โดยภาพรวมของการคำนวณค่าความถูกต้องพบว่าปรากฏเป็นค่าการคำนวณจำนวนของคำตอบที่ถูกต้องเทียบกับจำนวนทั้งหมด (Accuracy) ที่ 84.44 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในเกณฑ์ระดับดี

บทที่ 5

บทสรุป

การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่ มีบทสรุปและผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยคุณลักษณะของรูปทรงของดวงตาเป็นเพียงคุณลักษณะเบื้องต้นในการจำแนกสายพันธุ์แมวเท่านั้นอย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ได้สามารถระบุได้ว่าคุณลักษณะของดวงตาสามารถจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีและเป็นคุณลักษณะที่มีนัยสำคัญอย่างชัดเจนโดยมีความเป็นเอกลักษณ์เมื่อเทียบกับคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งของรูปทรงทั้งหมดที่ปรากฏในคุณลักษณะของสายพันธุ์แมวจากการวิจัยพบว่าการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากคุณลักษณะรูปทรงของดวงตาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่เป็นหนึ่งในวิธีการที่สามารถใช้ในการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยคุณลักษณะของรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยผลลัพธ์ปรากฏเป็นค่า Accuracy ที่ 84.44 เปอร์เซนต์แม้ว่ายังพบข้อผิดพลาดของความคลาดเคลื่อนของรูปทรงในกระบวนการจัดเตรียมข้อมูลเนื่องจากข้อจำกัดของคุณสมบัติของภาพที่ทำให้มีตัวเลือกที่ไม่เพียงพอ

5.2 ข้อจำกัด

1) ในการศึกษากระบวนการต้องใช้ชุดข้อมูลที่มีครบตามคุณสมบัติของสายพันธุ์แมวที่ได้รับการยอมรับตามมาตรฐานโดยเลือกใช้ชุดข้อมูลจากแหล่งที่มาของมาตรฐาน CFA และ TICA จากรูปภาพของแมวที่ผ่านการจดทะเบียนและชนะการประกวดเพื่อให้ได้คุณลักษณะที่แท้จริงตรงตามมาตรฐานกำหนดด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีข้อจำกัดในการจัดเตรียมข้อมูลรูปภาพสำหรับการสร้างแม่แบบเพื่อพัฒนาวิธีการให้สมบูรณ์ด้วยจำนวนของภาพที่จำกัด

2) จากข้อจำกัดของจำนวนภาพทำให้ไม่สามารถได้ภาพที่มีความคมชัดมากพอในการสร้างแม่แบบทำให้เกิดความไม่คมชัดของขอบของพื้นที่รูปทรงซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งของการเกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล

3) คุณลักษณะของดวงตายังมีข้อจำกัดอยู่มากเมื่อใช้ในการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์โดยไม่มียุคุณลักษณะอื่นร่วมด้วยดวงตามีความคล้ายคลึงกันค่อนข้างสูงซึ่งก่อให้เกิดข้อผิดพลาดจากความซ้ำซ้อน

5.3 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาวิธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยการประมวลผลข้อมูลภาพสามารถทำได้หลากหลายวิธีทั้งนี้ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการจำแนกกลุ่มด้วยการใช้เพียงคุณลักษณะเดี่ยวคือ รูปทรงของดวงตาในการจำแนกจึงทำให้ความเป็นไปได้ในการระบุสายพันธุ์ที่แม่นยำค่อนข้างมีความคลาดเคลื่อนแต่เมื่อนำค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันมาจัดกลุ่มผลลัพธ์ที่ได้ยังคงปรากฏในเกณฑ์ที่ดีที่สามารถรับได้

การใช้คุณลักษณะของดวงตาเพียงอย่างเดียวอาจเพียงพอในการจัดกลุ่มของสายพันธุ์แต่ไม่อาจเพียงพอต่อการจำแนกเพื่อระบุสายพันธุ์ได้อย่างชัดเจนซึ่งสามารถต่อยอดในการพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติส่วนอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้นต่อไป

TNI

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] Becky Little, “Kitten Mummies Found in Pyramid were Likely Strangled by Priests,” [Online]. Available: www.history.com. [Accessed: July 19, 2019].
- [2] M. J. Lipinski, “The ascents of cat breeds genetic valuation of breeds and world wide random bred populations,” *Journal of Genomics*, vol. 91, no. 1, pp. 12-21, January 2008.
- [3] The Cat Fanciers' Association, “CFA Breed,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: January 1, 2019].
- [4] The International Cat Association (TICA), “Cat Breeds,” [Online]. Available: www.tica.org. [Accessed: January 1, 2019].
- [5] Cat Fanciers’ Club of Thailand, “About Cat Fanciers’ Club of Thailand,” [Online]. Available: www.cfct-cat.com. [Accessed: January 1, 2019].
- [6] The Cat Fanciers' Association, *Show Standards 2018 – 2019*, Ohio: The Cat Fanciers’ Association, Inc., 2018.
- [7] ธนาคารกสิกรไทย, “ไลฟ์สไตล์คนยุคใหม่ ดันตลาดสัตว์เลี้ยงโต,” [Online]. Available: www.kasikornbank.com. [Accessed: 3 พฤษภาคม 2562].
- [8] ณัฏชา ชาวปิง และ สะพรั่งสิทธิ์ มฤตสุธาธร, “การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจำแนกคุณลักษณะในแมวสายพันธุ์แท้,” *The 11th National Conference on Information Technology (NCIT2019)*, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, 24-25 ตุลาคม 2562, หน้า 158.
- [9] Krok, “Taxonomy,” [Online]. Available: www.dict.drkrok.com. [Accessed: January 1, 2019].
- [10] Encyclopaedia Britannica, “Ernst Mayr American Biologist,” [Online]. Available: www.britannica.com/biography/Ernst-Mayr. [Accessed: Jan 1, 2019].
- [11] A. Fischer, “Domestication of The Cat,” [Online]. Available: www.cdn.citl.illinois.edu. [Accessed: January 1, 2019].
- [12] S. J. O’Brien, “State of cat genomics,” *Cell Press Journals, Conference of Trends in Genetics*, vol. 24, no. 6, pp. 268, June 2009.
- [13] University of Michigan, Museum of Zoology, “Taxon Information,” [Online]. Available: www.animaldiversity.org. [Accessed: January 1, 2019].

- [14] S. N. Oishimaya, “*The Six Species of Cats of The Felisgenus*,” World Atlas, [Online]. Available: www.worldatlas.com. [Accessed: January 1, 2019].
- [15] Christine and U. Breitenmoser, “A Revised taxonomy of the felidae,” *The International Union for Conservation of Nature (IUCN)*, ISSN 1027-2992, vol. Special, no. 11, pp. 7, December 2017.
- [16] Conservation The Pallas’s Cat (PICA), “*Species Information*,” [Online]. Available: www.pallascats.org/species-information. [Accessed: January 1, 2019].
- [17] National Geographic, “*Domestic Cat*,” [Online]. Available: www.nationalgeographic.com. [Accessed: January 1, 2019].
- [18] EBSCO Industries, Inc., “*Pet Ownership Around The World*,” EBSCO, [Online]. Available: www.ebsco.com. [Accessed: January 1, 2019].
- [19] The Holidog Times, “*Abyssinian Cat*,” [Online]. Available: www.holidogtimes.com. [Accessed: January 1, 2019].
- [20] J. D. Kurushima, “Variation of cats under domestication: genetic assignment of domestic cats to breeds and worldwide random-bred populations,” *Stichting International Foundation for Animal Genetics (ISAG)*, vol. 44, pp. 311-324, August 2012.
- [21] B. Gandol, “*Applications and Efficiencies of The First Cat 63K DNA Array*,” Scientific Reports, [Online]. Available: www.nature.com. [Accessed: June 2, 2019].
- [22] M. M. Raymond, “Patterns of molecular genetic variation among cat breeds,” *Genomics*, ISSN 1089-8646, vol. 91, no 1, p. 1-11, October 2007.
- [23] กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, “*ธุรกิจดูแลสัตว์เลี้ยง บทวิเคราะห์ธุรกิจ ประจำเดือน ธันวาคม 2561*,” [Online]. Available: www.dbd.go.th. 2019 [Accessed: 2 ธันวาคม 2562].
- [24] J. S. Kehler, “Four independent mutations in the feline fibroblast growth factor 5 gene determine the long-haired phenotype in domestic cats,” *Oxford Journal of Heredity*, vol. 98, Issue. 6, pp. 555-566, September 2007.
- [25] S. Filler, “Selkirk rex: morphological and genetic characterization of a new cat breed,” *Oxford Journal of Heredity*, vol. 103, Issue. 5, pp. 727-733, October 2012.

- [26] F. Syufy, “*What is the Difference between Cat Hair and Fur?*,” [Online]. Available: www.thesprucepets.com. [Accessed: July 20, 2019].
- [27] The International Cat Association (TICA), *TICA Standard Guide Lines Packet*, Texas: The International Cat Association, 2014.
- [28] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation Ocicat Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [29] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation Ragdoll Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [30] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation American Curl Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [31] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation Lykoi Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [32] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation Exotic Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [33] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation Singapura Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [34] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation Birman Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [35] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation Havana Brown Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [36] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation Japanese Bobtail Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [37] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation Oriental Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [38] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation Cornish Rex Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [39] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Presentation Korat Breed*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: March 5, 2019].
- [40] S. Hartwell, “*Curled, Curved and Folded Ear Cats*,” [Online]. Available: <http://messybeast.com/foldear-cats.html>. [Accessed: February 24, 2019].

- [41] The Cat Fanciers' Association, “*CFA Breed/Color Designation Charts*,” [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: December 10, 2018].
- [42] J. Medlej, “*Guide to House Cat Coat Colors and Patterns*,” [Online]. Available: www.cedarseed.com. [Accessed: March 10, 2019].
- [43] Science Buddies Staff, “*X-Inactivation Marks The Spot for Cat Coat Color*,” [Online]. Available: www.sciencebuddies.org. 2006 [Accessed: March 10, 2019].
- [44] S. Hartwell, “*Cat Eye Colours*,” [Online]. Available: <http://messybeast.com>. [Accessed: February 24, 2019].
- [45] The Cat Fanciers' Association, “*About CFA: Our History*,” 2019 [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: November 30, 2018].
- [46] The Cat Fanciers' Association, “*Rules for Registration*,” The Cat Fanciers' Association, Inc., [Online]. Available: www.cfa.org. [Accessed: November 30, 2018].
- [47] O. Starbuck and D. Thomas, “*Cat Colors FAQ: Cat Color Genetics*,” [Online]. Available: www.fanciers.com/other-faqs/color-genetics.html. [Accessed: January 10, 2019].
- [48] V. H. Laboratorium, “*Combi Breed Geneticin Practice: Coat Colour and Variation Cat*,” [Online]. Available: www.combibreed.com. [Accessed: August 2, 2019].
- [49] The International Cat Association (TICA), “*Our Association/About TICA*,” [Online]. Available: www.tica.org. [Accessed: November 9, 2018].
- [50] The International Cat Association (TICA), *Registration Rules: Phonetype*, The International Cat Association, Inc., February 12, 2019.
- [51] American Kennel Club (AKC), “*Dog Breeds*,” [Online]. Available: www.combibreed.com. [Accessed: August 8, 2019].
- [52] นุรรีดา เปาะแมรีซอ, “การพัฒนาระบบตรวจสอบป้ายทะเบียนรถ,” งานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 24, (TSUCON24), มหาวิทยาลัยทักษิณ, 24 กันยายน 2557, หน้า 213.
- [53] W. Zhang, “Cat head detection – how to effectively exploit shape and texture features,” *The 10th European Conference on Computer Vision (ECCV2008)*, Palais des Congrès Parc Chanot, October 12, 2008, pp. 802-816.

- [54] M. Madadi, “*Human Segmentation, PoseRecovery and Applications*,” [Online]. Available: www.cvc.uab.es. [Accessed: August 9, 2019].
- [55] P. A. Dias, “*Image Processing for Identification and Quantification of Filamentous Bacteria in Situ Acquired Images*,” [Online]. Available: www.biomedical-engineering-online.biomedcentral.com. [Accessed: August 9, 2019].
- [56] P. Sivakumar, “A review on image segmentation techniques,” *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, vol. 5, issue. 3, pp. 641, March 2016.
- [57] V. Tyagi, “*Understanding Digital Image Processing*,” [Online]. Available: www.crcpress.com. [Accessed: August 9, 2019].
- [58] D. Stipanicev, *Introduction to Digital Image Processing and Analysis*, Document, Switzerland: Faculty of Electrical Engineering, Naval Architecture, University of Split, 1994.
- [59] G. Kumar Tanwar, “Analysis of template matching method using correlation score,” *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*, ISSN: 2321-0869, vol. 3, issue. 12, pp. 105, December 2015.
- [60] P. Wang, “Joint object and part segmentation using deep learned potentials,” 2015 IEEE International Conference on Computer Vision, (ICCV), Chile, 7-13 December 2015, pp. 1573.
- [61] R. Collins, “*Correspondence Matching*,” [Online]. Available: www.cse.psu.edu. [Accessed: January 3, 2020].
- [62] K. Briechele, “Template matching using fast normalized cross correlation,” *The International Society for Optical Engineering, (SPIE2001)*, SIR Ranking of United States, March 20, 2001, pp. 95.
- [63] ตะวัน ขุนอาสา, “ระบบตรวจจับและคัดแยกป้ายจราจร,” *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1* (The 1st RUSNC), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, นนทบุรี, 22 มิถุนายน 2559, หน้า 417.
- [64] Mathworks, “SSIM,” [Online]. Available: ww2.mathworks.cn. [Accessed: January 3, 2020].

- [65] Mathworks, “*SSIM: Structural Similarity Index*,” [Online]. Available: ww2.mathworks.cn. [Accessed: January 9, 2020].
- [66] Mathworks, “*Similarity Index Between Different Size Images*,” [Online]. Available: ww2.mathworks.cn. [Accessed: January 3, 2020].
- [67] Imatest, “*Confusion Matrix*,” [Online]. Available: www.imatest.com [Accessed: January 9, 2019].
- [68] P. Simoncelli, “Multiscale structural similarity for image quality assessment Multiscale structural similarity for image quality assessment,” *The 37th IEEE Asilomar Conference on Signals Systems and Computers*, (ACSSC 2003), Pacific Grove California, November 9-12, 2003, pp. 1398.
- [69] R. Salla, “*Evaluation of The Confusion Matrix Method in The Validation of an Automated System for Measuring Feeding Behaviour of Cattle*,” [Online]. Available: www.sciencedirect.com. [Accessed: March 3, 2020].
- [70] K. P. Shung, “*Accuracy, Precision, Recall or F1?*,”[Online]. Available: www.towarddatascience.com. [Accessed: March 3, 2020].
- [71] Sripatum University, “*F-Measure*,” [Online]. Available: www.spu.ac.th. [Accessed: March 3, 2020].
- [72] Mathworks, “*Display Separated Color Channels of an RGB Image*,” [Online]. Available: ww2.mathworks.cn. [Accessed: June 3, 2019].
- [73] Mathworks, “*Noise Removal*,” [Online]. Available: ww2.mathworks.cn. [Accessed: January 9, 2020].
- [74] Mathworks, “*Centroid of an Image*,” [Online]. Available: ww2.mathworks.cn. [Accessed: January 9, 2020].
- [75] Mathworks, “*Template Matching*,” [Online]. Available: ww2.mathworks.cn. [Accessed: January 9, 2020].

ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก
โค้ดโปรแกรม

TNI

ภาคผนวก ก

การออกแบบและพัฒนาวิธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยคุณลักษณะรูปทรงของดวงตา ด้วยวิธีการจับคู่แม่แบบ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

1) Pre-Processing

```
% pre-processing
close all
clear all
clc

images = dir('*.*jpg'); % give the extension of your images
N = length(images); % total number of images
% loop for each image
for i = 1:N
    imcropped = imread(images(i).name); %edit I to imcropped
    % do what you want, Let I1 be the modified image
    [filepath,name,ext] = fileparts(images(i).name)
    imshow(imcropped); %edit I to imcropped
    % Cropped Eye of Cat
    [imcropped, rect] = imcrop(I);
    % imshow(imcropped);
    imwrite(imcropped,[name,'_crop.jpg']);
    % Resize
    imtool(imcropped) %see size of image
    size(imcropped) % resize the image
    IR = imresize(imcropped,[50 50]); %see size of image
    size(IR) % imshow(IR)
    imwrite(IR,[name,'_resize.jpg']);
    % RGB color to binary
    % Adjustment contrast RGB
    RGB2 = imadjust(IR,[0 .1 0; .9 .9 1],[]);
    % imshow(RGB2);
```

```

imwrite(IMG2,[name,'_contrast.jpg']) ;
% Adjustment contrast Grayscale
gray = rgb2gray(IMG2);
% imshow(gray);
imwrite(gray,[name,'_gray.jpg']) ;
adjust = imadjust(gray,[0.0 0.9],[]);
% imshow(adjust);
imwrite(adjust,[name,'_graycon.jpg']) ;
% noise remover, brun edge of image color
burn = LR+adjust
% imshow(burn);
imwrite(burn,[name,'_graycon.jpg']) ;
% grayshresh
level = graythresh(burn)
grytsh = im2bw(burn,level);
% imshow(grytsh);
imwrite(grytsh,[name,'_graythresh.jpg']) ;
end

```

2) Morphological Operations

```

images = dir('*.jpg') ; % give the extension of your images
N = length(images) ; % total number of images
% loop for each image
for i = 1:N
    I = imread(images(i).name) ;
    % do what you want, Let I1 be the modified image
    [filepath,name,ext] = fileparts(images(i).name)
    imshow(I) ;

```

```

% erosion
SE = strel('square',3);
bw = imerode(I,SE);
imwrite(RGB2,[name,'_contrast.jpg']) ;
% Adjustment contrast Grayscale
imshow(bw);
imwrite(bw,[name,'_erode_3.jpg']) ;
cross = I-bw
imshow(cross)
imwrite(cross,[name,'_pixel.jpg']) ;
end

```

3) Template Matching [75]

```

function [Ismarked,Iborders,Ybest,Xbest, ltmAng, BestScore]=
MAIN_find_object_in_image(Is,ltm, ltm_dilation)
%
ltm = dir('*.jpg') ;
N = length(ltm) ;
for i = 5
if (nargin<1) Is=imread('IS_CO.jpg'); end; %Read image
if (nargin<2) ltm = imread(ltm(i).name); end;
if (nargin<3)
Sitm=size(ltm);
ltm_dilation=floor(sqrt(Sitm(1)*Sitm(2)))/80;
end;
Is=im2bw(Is);
ltm=im2bw(ltm);
ltm=double(ltm);
BestScore=-100000;
close all;

```

```

imtool close all;
St=size(ltm);
Ss=size(ls);
for Ang=1:25:360

    disp([num2str((Ang)/3.6) '% Scanned']);
    ltr=Rotate_binary_edge_image(ltm,Ang);
    [score,y,x]=Template_match(ls,ltr,ltm_dilation
    if (score(1)>BestScore)
    BestScore=score(1);
    Ybest=y(1);
    Xbest=x(1);
    ltmAng=Ang;
    end;
end;

if BestScore>-100000
    ltr=Rotate_binary_edge_image(ltm,ltmAng);

    [yy,xx]=find(ltr);
    lsmarked=set2(ls,[yy,xx],255,Ybest,Xbest);
    lborders=logical(zeros(size(ls)));
    lborders=set2(lborders,[yy,xx],1,Ybest,Xbest);

else
    disp('Error no match founded');
    lsmarked=0;
    lborders=0;
    lborders=0;

end;

```

```
% Similarity
image1 = double(set2(lborders,[yy,xx],1,Ybest,Xbest));
image2 = double(set2(ls,[yy,xx],255,Ybest,Xbest));
image2 = imresize(image2, size(image1));
ssimval = ssim(image1, image2);
imshowpair(image1, image2)
Angleresult = ltmAng
result = ssimval
end
end
```



THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

TNI

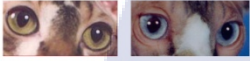
ภาคผนวก ข
สไลด์นำเสนอวิทยานิพนธ์

TNI

Cat Breed Groups

Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques

(การจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวจากลักษณะรูปร่างของดวงตา
ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบจับคู่)



Authors : Natcha Zaeeping

1

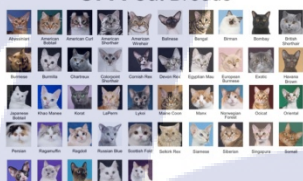
for Breed Registration

Standard	CFA Standard [3]	TICA Standard [4]
Breeds classification	Base on	
1) Type (For Registration)	Genotype Internal feature or Heredity (without External feature)	Phenotype External feature (without internal feature)
2) Hair (Coat) group	Including short hair and long hair feature with in one breed	Divide shorthair and longhair feature, One feature per one breed
3) Color	Accepted only some colors	Accepted each color
4) Breeds QTY.	45 [6]	73

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques page: 2

2

CFA Cat Breeds

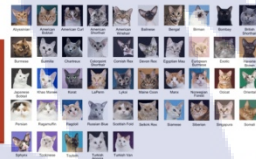


CFA Cat 45 Breeds

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques page: 3

3

result Goal and Objective / Scope



- จัดอบรมและพัฒนาระบบ
- พัฒนาระบบจำลอง (Demo)

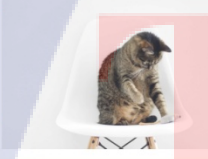
45

สายพันธุ์แมวทั้งหมด 45 สายพันธุ์

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques page: 4

4

result Goal / Objective / Scope



Dataset

45 Breeds

- Template : 45 Images and Breeds
- Testing : 45 Images and Breeds

Total : 90 Images

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques page: 5

5

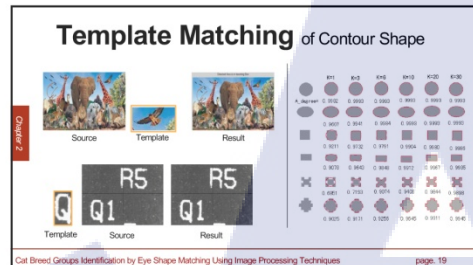
ทำไมต้องจำแนก Cat Breeds Group? for



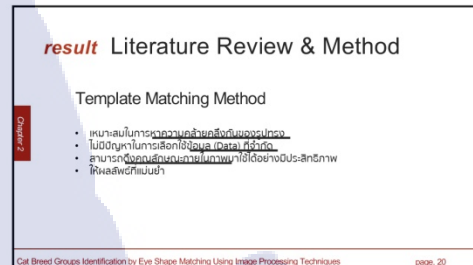
- Helping Abandoned Cats
- Products and Service

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques page: 6

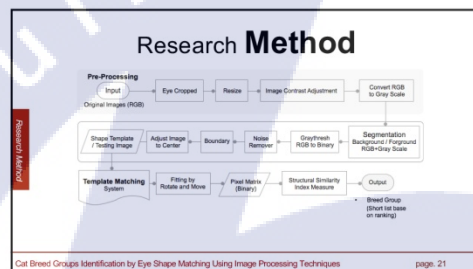
6



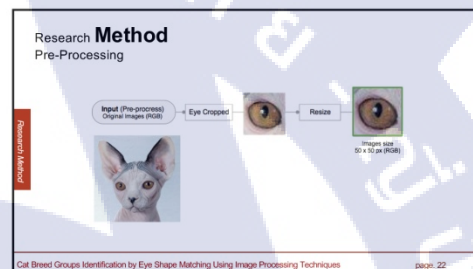
19



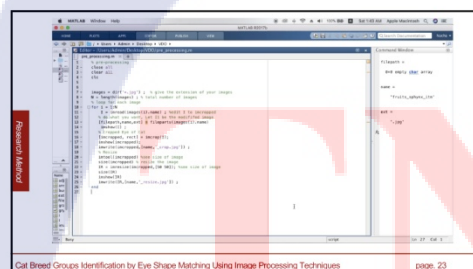
20



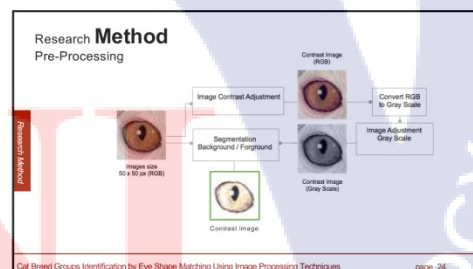
21



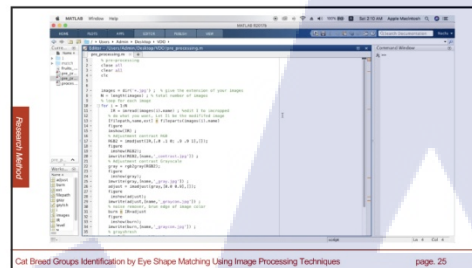
22



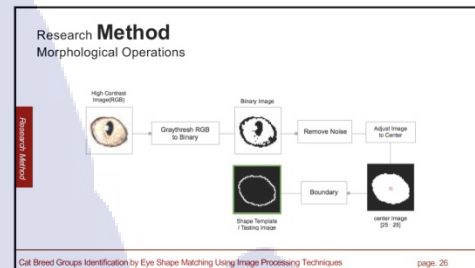
23



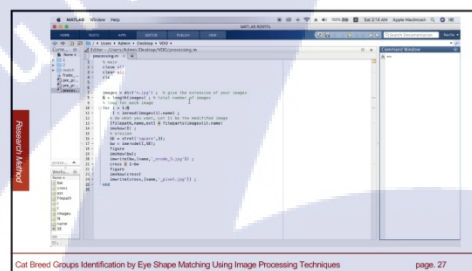
24



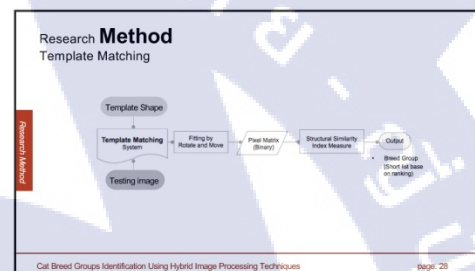
25



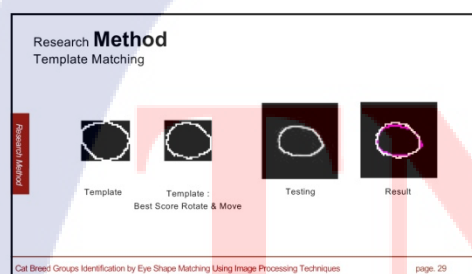
26



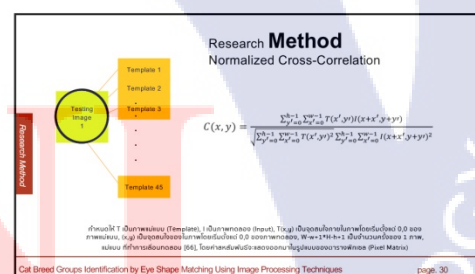
27



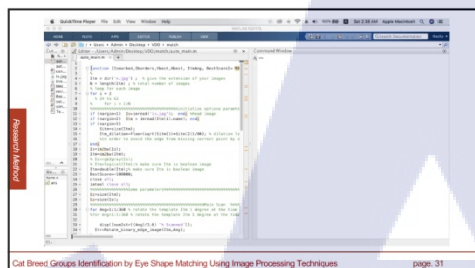
28



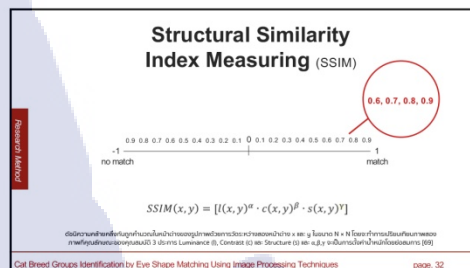
29



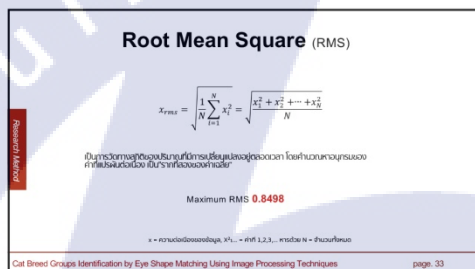
30



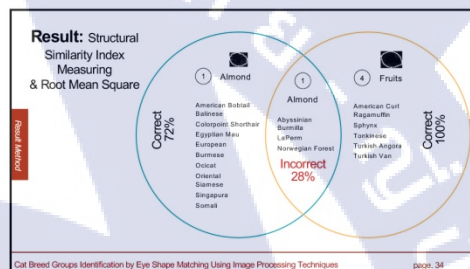
31



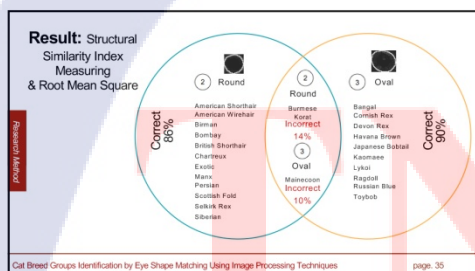
32



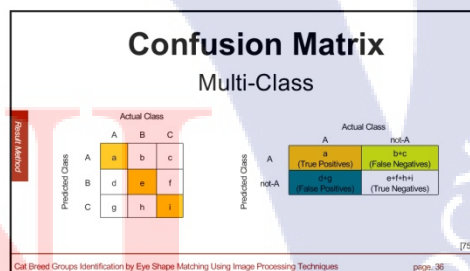
33



34



35



36

Confusion Matrix
Multi-Class

Actual Class

	almond	round	oval	fruits
almond	a	b	c	d
round	e	f	g	h
oval	i	j	k	l
fruits	m	n	o	p

Predicted Class

Actual Class

	almond	round	oval	fruits
almond	a (True Positives)	b, c, d (False Negatives)		
round		e, f, m (False Positives)		
oval			g, h, j, k, l, n, o, p (True Negatives)	
fruits				

Predicted Class

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques page: 37

37

Confusion Matrix Multi-Class: **Recall**

Actual Class

	almond	round	oval	fruits
almond	10	0	0	4
round	0	12	2	0
oval	0	1	10	0
fruits	0	0	0	6

Predicted Class

Recall = $\frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}}$

Group	Recall
almond	71.43
round	85.71
oval	90.91
fruits	100

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques page: 38

38

Confusion Matrix Multi-Class: **Precision**

Actual Class

	almond	round	oval	fruits
almond	10	0	0	4
round	0	12	2	0
oval	0	1	10	0
fruits	0	0	0	6

Predicted Class

Precision = $\frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Positive}}$

Group	Precision
almond	100
round	92.31
oval	83.33
fruits	60

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques page: 39

39

Confusion Matrix
Multi-Class: **F-Measure**

$F1 = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$

Group	Recall	Precision	F1
almond	71.43	100	83.33
round	85.71	92.31	88.89
oval	90.91	83.33	86.96
fruits	100	60	75.00

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques page: 40

40

Confusion Matrix
Multi-Class: **Accuracy**

84.44%

Actual Class

	almond	round	oval	fruits
almond	10	0	0	4
round	0	12	2	0
oval	0	1	10	0
fruits	0	0	0	6

Predicted Class

Accuracy = $\frac{\text{True Positive} + \text{True Negative}}{\text{True Positive} + \text{True Negative} + \text{False Positive} + \text{False Negative}}$

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques page: 41

41

Result

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques page: 42

42

สรุปผลการวิจัย

- ผู้ทรงคุณวุฒิจะตรวจดูลักษณะที่ผิดปกติของลักษณะตา
- ความแม่นยำของวิธีการระบุสายพันธุ์แมวโดยการใช้ภาพตา
 - ความถูกต้องของผลการระบุสายพันธุ์แมวโดยการใช้ภาพตาเฉลี่ย 2.5 ระบุแมว
 - ความถูกต้องของผลการระบุสายพันธุ์แมวโดยการใช้ภาพตาเฉลี่ย 0.5 ระบุแมว
- ประสิทธิภาพของวิธีการที่พัฒนาขึ้นในการระบุสายพันธุ์แมว Accuracy 84.44%
- ความถูกต้องของผลการระบุสายพันธุ์แมวโดยการใช้ภาพตาเฉลี่ย 0.5 ระบุแมว

43

Review

อีจิ้งกั๊ก

- จำนวนของตาจิ้งกั๊ก
- ความคมชัดของภาพในการจำแนกประเภท
- คุณสมบัติของตัวตรวจจับอีจิ้งกั๊กในการดึงเอาคุณลักษณะของตาจิ้งกั๊กโดยใช้คุณลักษณะเชิงบริบทด้วย



Review

Cat Breed Groups Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques

page 44

44

Review

บทสรุป

ข้อสังเกต:

- สามารถพัฒนาวีธีการจำแนกกลุ่มของสายพันธุ์แมวด้วยการประมวลผลข้อมูลภาพได้ด้วยวิธีการที่เพิ่มความแม่นยำ
- สามารถดึงข้อมูลในการพิจารณาจำนวนในรูปลักษณะส่วนอื่น ๆ มากกว่าบริเวณดวงตาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้นต่อไป



Cat Breed Group Identification by Eye Shape Matching Using Image Processing Techniques

page. 45

45

Thank you.

46