

วิธีสำหรับการจำแนกประเภทของพื้นถาวรจากแบบจำลอง
ด้วยการประมวลผลภาพ



นางสาวชนินารถ ยอดอินทร์

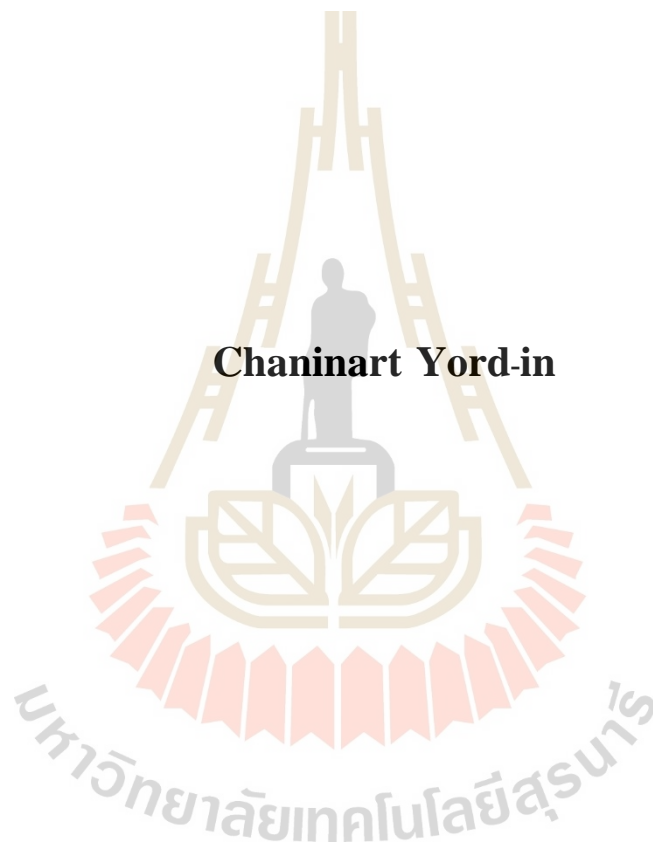
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรม วิศวกรรมแพทย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2563

**METHOD FOR CLASSIFICATION OF TOOTH CLASSES BY
IMAGE PROCESSING**



Chaninart Yord-in

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Master Degree of Biomedical Innovation Engineering

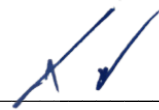
Suranaree University of Technology

Academic Year 2020

วิธีสำหรับการจำแนกประเภทของพันธบัตรจากแบบจำลองด้วยการประมวลผลภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผศ. ดร. สุขเกษม วัชรมัยสกุล)

ประธานกรรมการ



(ผศ. ดร. เจษฎา ตันthanuch)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(ดร. พัฒนพงศ์ จันทร்பวง)

กรรมการ



(รศ. ดร. นัตถชัย โชติชัยขางกูร)

รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

และประกันคุณภาพ



(รศ. ดร. พรศิริ จงกล)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ชื่อนินารถ ยอดอินทร์ : วิธีสำหรับการจำแนกประเภทของฟันถาวรจากแบบจำลองด้วยการประมวลผลภาพ (METHOD FOR CLASSIFICATION OF TOOTH CLASSES BY IMAGE PROCESSING) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา ตัณฑนุช, 59 หน้า.

งานวิจัยนี้ต้องการนำเสนอระบบการจำแนกประเภทฟันจากภาพถ่ายฟันส่วนด้านบดเคี้ยวด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ซึ่งจะใช้การเขียนโปรแกรมร่วมกับการใช้โปรแกรมเสริมในโปรแกรม MATLAB ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบสีอาร์จีบีการดำเนินการเชิงการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และการกันภาพเหลือม เพื่อใช้ในการจำแนกประเภทฟันถาวร 4 ประเภทได้แก่ ฟันหน้าตัด ฟันเขี้ยว ฟันกรามน้อย และฟันกรามใหญ่ จากนั้นระบบการจำแนกประเภทฟันจากภาพถ่ายฟันส่วนด้านบดเคี้ยวที่ได้ จะถูกนำไปตรวจสอบกับภาพถ่ายของแบบจำลองฟันทั้งส่วนบนและส่วนล่างที่มีมุมก้มเงยและมุมกราดที่แตกต่างกัน 15 แบบ เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบที่ได้ โดยมีความแม่นยำในการจำแนกฟันตัด ร้อยละ 44.23 ฟันเขี้ยว ร้อยละ 15.38 ฟันกรามน้อย ร้อยละ 23.08 และฟันกรามใหญ่ ร้อยละ 16.35 ระบบที่ได้ดังกล่าวเป็นงานวิจัยพื้นฐานที่จะช่วยในการวางรากฐานของฐานข้อมูลด้านทันตกรรม เพื่อนำไปใช้ในเรื่องของระบบการเรียนรู้ในส่วนของปัญญาประดิษฐ์ต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา นวัตกรรม วิศวกรรมแพทย์
ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อนักศึกษา ณิชากร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา J.Tanthanuch

CHANINART YORD-IN : METHOD FOR CLASSIFICATION OF TOOTH

CLASSES BY IMAGE PROCESSING THESIS ADVISOR: ASST.PROF.

JESSADA TANTHANUCH, Ph.D, 59 PP.

TEETH/DENTAL PHOTOGRAPHY/DIGITAL IMAGE PROCESSING/IMAGE
SEGMENTATION/IMAGE REGISTRATION

This research aims to present the teeth classification system from the occlusal teeth photographs by the image processing method. The process was developed by coding in MATLAB and using the additional packages, which were RGB color image system, morphological operation and image registration. The classification system was able to classify 4 types of permanent teeth, which are incisor, canine, premolar and molar teeth. After that the classification system of the occlusal teeth photographs was verified with a sim kit teeth model images upper and lower parts in 15 different tilt and pan angles to find an efficiency of the system. It was found that the precision values for classification are 44.23 for incisors, 15.38 for canines, 23.08 for premolars and 16.35 for molars. This work is just a fundamental research which provides the foundation of the Artificial Intelligence in the area of a dental database.

School of Biomedical Innovation Engineering Student's Signature Chaninart Yord-In

Academic Year 2020

Advisor's Signature J. Tanthanuch

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี เพราะได้รับการช่วยเหลือ แนะนำให้คำปรึกษา และชี้แนะ ทั้งทางด้านวิชาการและการดำเนินการวิจัยจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา ตันตานุช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำแนะนำชี้แนะ ปรับปรุงข้อแก้ไขบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการศึกษา การเลือกหัวข้อวิจัย ตลอดจนการทำวิทยานิพนธ์จนแล้วเสร็จ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในหลักสูตรสาขาวิชานวัตกรรม วิศวกรรม แพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความรู้กับผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการทันตกรรมและเวชนิทัศน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่เอื้อเฟื้อทางด้านห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณนางสาวศกคินี รัตนา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทางด้านงานวิจัยและคอยให้คำปรึกษาอยู่เสมอ

ขอขอบคุณนายรัฐศาสตร์ คัมภีรานนท์ นายอนาวิต เพ็ชรบุรณิต และนายวุฒิพงษ์ จุลตะขบ ที่ช่วยเหลือทางด้านงานวิจัย อุปกรณ์การถ่ายภาพ ตลอดจนการเก็บภาพฟันในมุมต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์นี้
สุดท้ายนี้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้ณาจากทุกท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้น
รวมทั้งบุคคลอื่นที่ผู้วิจัยมิได้กล่าวถึง จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ชนินารถ ยอดอินทร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 ปรีทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ฟัน (Tooth).....	4
2.1.1 โครงสร้างของฟัน (Tooth structure).....	5
2.1.2 พื้นผิวของฟัน (Surfaces of teeth).....	6
2.1.3 ฟันถาวร (Permanent teeth).....	7
2.2 ภาพดิจิทัล.....	7
2.3 การบันทึกค่าความเข้มแสง/สี.....	8
2.3.1 ระบบแสดงเฉดสี RGB.....	8
2.3.2 ระบบแสดงเฉดสี HSI/HSV.....	8
2.3.3 ระบบแสดงเฉดสีอื่น ๆ.....	9
2.4 การแบ่งส่วนภาพ (Image segmentation).....	9
2.4.1 ภาพโทนสีเทา.....	9

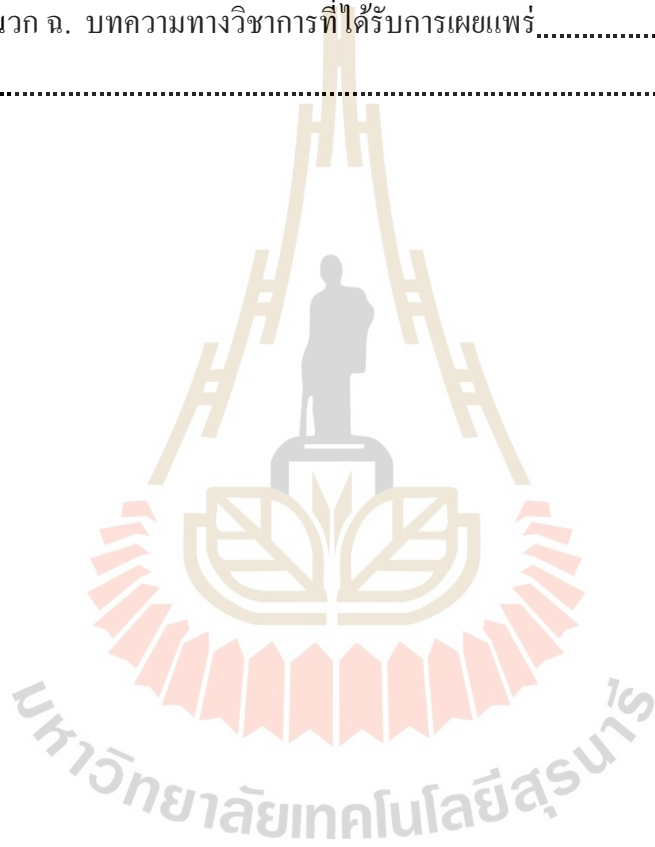
สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.2	ค่าขีดแบ่งและภาพขาวดำ.....	11
2.4.3	การดำเนินการเชิงการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง.....	12
2.4.4	การปรับปรุงภาพถ่ายช่องปาก.....	15
2.5	การซ้อนทับภาพ (Image Registration).....	16
2.5.1	การแปลงทางเรขาคณิต (Geometric transformation).....	17
2.6	การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
3.1	เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย.....	26
3.2	วิธีการทดลอง.....	27
3.2.1	ภาพถ่ายและการเก็บข้อมูลภาพถ่าย.....	27
3.2.2	กระบวนการจัดเตรียมภาพ.....	30
3.2.3	กระบวนการจัดเรียงภาพย่อยและการจำแนกชนิดของฟัน.....	31
3.2.4	วัสดุ อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	31
4	ผลการทดลองและการอภิปรายผล.....	32
4.1	การแบ่งส่วนภาพย่อย.....	32
4.2	การจัดเรียงภาพย่อย.....	32
4.3	ข้อมูลเชิงสถิติ.....	33
4.4	วิจารณ์ผลการวิจัย.....	34
5	สรุปผลการวิจัย.....	36
5.1	สรุปผลงานวิจัย.....	36
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	36
	รายการอ้างอิง.....	38
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. ภาพแบบจำลองชุดฟันในมุมต่างๆ.....	40
	ภาคผนวก ข. ภาพที่ผ่านกระบวนการการตัดภาพย่อยส่วนเหงือก.....	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค. ภาพที่มีการแบ่งส่วนภาพย่อยที่ไม่ถูกต้อง.....	48
ภาคผนวก ง. การจัดเรียงภาพย่อย.....	50
ภาคผนวก จ. ขั้นตอนการจัดเรียงภาพย่อยด้วยโปรแกรม MATLAB.....	54
ภาคผนวก ฉ. บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่.....	57
ประวัติผู้เขียน.....	59



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	26
4.1 จำนวนพื้นที่ถูกจำแนกได้อย่างถูกต้องในแต่ละภาพ (ซี).....	33



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	การจำแนกประเภทของพื้น..... 4
2.2	ภาพแสดงโครงสร้างภายนอกและ โครงสร้างภายในของพื้น..... 5
2.3	แผนภาพของพื้นที่แสดง line angle และ point angle ของพื้นตัดและพื้นกรม..... 6
2.4	ภาพดิจิทัลสีและวิธีบันทึกค่าสีในระบบแสดงเฉดสี RGB..... 8
2.5	แสดงการแยกแยะค่าสีแต่ละสีในภาพสี RGB ต้นฉบับ (Original) ออกเป็นสามค่า คือค่าแสงสีแดง (Red) ค่าแสงสีเขียว (Green) ค่าแสงสีน้ำเงิน (Blue) ซึ่งทั้งสามค่าเมื่อแยกแยะแล้วสามารถถูกแปลผล เป็นค่าความสว่าง/ความเข้มแสงสีได้ และแสดงภาพโทนสีเทา (Grayscale) ซึ่งแปลผลมาจากค่าที่คำนวณด้วยการเฉลี่ยค่าสีทั้งสามค่า..... 10
2.6	แสดงการเปลี่ยนภาพโทนสีเทา ให้เป็นภาพขาวดำ โดยใช้ค่าขีดแบ่ง 0.45..... 11
2.7	แสดงการขยายขอบวัตถุ โดยกลุ่มพิกเซลสีขาวในภาพซ้ายเป็นเซตวัตถุในภาพ ที่ต้องการขยายขอบ หรือเซต A และมี Structuring element (เซต B) เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3x3 ทำการขยายขอบวัตถุทำให้ได้วัตถุใหม่ใน ภาพด้านขวา..... 13
2.8	แสดงการกร่อนขอบวัตถุ โดยกลุ่มพิกเซลสีขาวในภาพซ้ายเป็นเซตวัตถุในภาพ ที่ต้องการกร่อนขอบ หรือเซต A และมี Structuring element (เซต B) เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3x3 ทำการกร่อนขอบวัตถุทำให้ได้วัตถุใหม่ใน ภาพด้านขวา..... 13
2.9	แสดงการเปิดภาพ โดยกลุ่มพิกเซลสีขาวในภาพซ้ายเป็นเซตวัตถุในภาพ หรือเซต A และมี Structuring element (เซต B) เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3x3 ทำการเปิดภาพทำให้ได้วัตถุใหม่ในภาพด้านขวา..... 14

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.10 แสดงการปิดภาพ โดยกลุ่มพิกเซลสีขาวในภาพซ้ายเป็นเซตวัตถุในภาพ หรือเซต A และมี Structuring element (เซต B) เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3x3 ทำการปิดภาพ ทำให้ได้วัตถุใหม่ในภาพด้านขวา.....	15
2.11 ตัวอย่างภาพช่องปากที่ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพ.....	15
2.12 ขั้นตอนการแบ่งส่วนภาพถ่ายช่องปากเพื่อให้ได้ส่วนของฟัน โดยใช้การคำนวณอัตราส่วนค่าแสงสีเป็นหลัก.....	16
2.13 ตัวอย่างการเลื่อนขนานของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยทำการเลื่อนขนานแกน x จาก 2 ไป 3 และทำการเลื่อนขนานแกน y จาก 1 ไป 3.....	17
2.14 ตัวอย่างการย่อ-ขยาย โดยทำการย่อแกน x จาก 1 เหลือ 0.5 และทำการขยายแกน y จาก 1 ไป 2.....	18
2.15 ตัวอย่างการสะท้อนภาพบนแกน x.....	19
2.16 ตัวอย่างการสะท้อนของภาพบนแกน y.....	20
2.17 การหมุนตามเข็มนาฬิกา.....	20
2.18 การหมุนทวนเข็มนาฬิกา.....	21
2.19 การบิดรูปบนแกน x.....	22
2.20 การบิดรูปบนแกน y.....	22
2.21 การบิดพร้อมกันทั้งบนแกน x และแกน y.....	23
2.22 การซ้อนทับภาพส่วนของฟันที่บันทึกได้ด้วยกล้องถ่ายภาพสี กับภาพโมเดลฟันสมบูรณ์แบบ เพื่อการระบุประเภทฟัน.....	24
3.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาพถ่าย.....	27
3.2 ตัวอย่างภาพถ่ายจากแบบจำลองชุดฟันถาวรในมุมต่าง ๆ.....	28
3.3 มุมมองที่ใช้ในการถ่ายภาพ (ก) มุมระดับ, และ (ข) มุมระนาบ.....	29
3.4 ภาพต้นฉบับที่ตัดพื้นหลังสีดำออก.....	30
3.5 ภาพที่ผ่านการตัดส่วนเหงือก.....	30
3.6 ภาพอ้างอิงของชุดฟัน (ก) ชุดฟันบน, และ (ข) ชุดฟันล่าง.....	31

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 ภาพที่มีการแบ่งส่วนภาพย่อยที่ไม่ถูกต้อง.....	32
4.2 ผลลัพธ์การจัดเรียงภาพย่อย (ก) ภาพผลลัพธ์ที่ผิดพลาด (ข) ภาพผลลัพธ์ที่ดี.....	33



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

การตรวจรักษาหรือวินิจฉัยโรคต่าง ๆ ทางด้านทันตกรรม ควรถูกกระทำโดยทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อความถูกต้องแม่นยำในการรักษา ปัจจุบันพบว่าด้วยเวลาที่จำกัด การเดินทางที่อาจมีปัญหา หรือจากการเกิดโรคระบาดไวรัส COVID-19 ทำให้การที่จะพบทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเป็นไปได้ด้วยความลำบากมากขึ้น เป็นการดีหากมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยให้สามารถตรวจเกี่ยวกับงานด้านทันตกรรมได้ด้วยตนเอง จากข้อมูลของพันเอก ทพ.ชนกฤต นพคุณวิชัย หน่วยแพทย์พระราชทาน พระตำหนักทักษิณราชนิเวศน์ พบว่าประสบการณ์การเข้ารักษาประชาชนจำนวนมากในแต่ละครั้งในภารกิจหน่วยแพทย์พระราชทาน พบว่าทำได้อย่างไม่ทั่วถึงและไม่ทันเวลา หากมีการใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยในการทำการคัดกรองล่วงหน้า (prescreening) จะช่วยในการดำเนินการภารกิจหน่วยแพทย์พระราชทานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามเนื่องด้วย การดำเนินการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและปัญญาประดิษฐ์ทางด้านที่เกี่ยวข้องกับฟันยังอยู่ในช่วงแรกของการพัฒนางานวิจัยในระดับโลกด้วยความยุ่งยากที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างและลักษณะของฟันที่ไม่ได้มีฐานข้อมูลในระดับโลกที่ดีพอที่จะนำมาใช้ในระบบการเรียนรู้เครื่อง (machine learning) เพื่อพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence-AI) ที่เหมาะสม การดำเนินการที่เกี่ยวข้องต้องประสานความร่วมมือกับหลายฝ่ายเพื่อการจัดการด้านข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นทันตแพทย์ นักเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่องานทันตกรรม นักวิศวกรรมข้อมูล (data engineer) หรือ นักวิทยาศาสตร์ข้อมูล (data scientist) อย่างไรก็ตามเพื่อให้เกิดการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาการตรวจรักษาหรือวินิจฉัยโรคทางทันตกรรมในช่วงต้นเป็นไปได้ การประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ทันตแพทยศาสตร์ และวิศวกรรมแพทย์ จะได้ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านนี้ต่อไป

การประมวลผลภาพเป็นการนำภาพมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการทำงานด้านต่าง ๆ เช่น การปรับปรุงคุณภาพภาพถ่ายทางการแพทย์ (Tanthanuch, Kaptsov and Meleshko, 2019) การช่วยในการควบคุมระบบจราจร (Hasan et. al., 2014) เมื่อนำการประมวลผลภาพไปใช้รวมกับการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence-AI) ซึ่งเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Coding) ที่อยู่ในรูปแบบกระบวนการแก้ไขปัญหา จะช่วยในการทำงานวิเคราะห์ด้วยระบบอัตโนมัติเป็นไปได้ด้วยความสะดวกสบายยิ่งขึ้น

งานวิจัยที่ต้องการนำเสนอนี้ เป็นกระบวนการในส่วนแรกในการพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์ด้วยการประมวลผลภาพเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับด้านฟัน การศึกษาในส่วนนี้จะเป็นส่วนการจำแนกประเภทฟันจากภาพถ่ายที่ได้จากการถ่ายโดยโทรศัพท์มือถือหรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ (mobile device) ที่เกี่ยวข้อง โดยจะจำแนกฟันถาวรออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1. ฟันตัด 2. ฟันเขี้ยว 3. ฟันกรามน้อย 4. ฟันกรามใหญ่ โดยจะพัฒนากระบวนการอัตโนมัติ (automatic) เพื่อให้สามารถจำแนกประเภทของฟันได้ หากกระบวนการในส่วนนี้ถูกต้องและทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะทำให้การพัฒนากระบวนการปัญญาประดิษฐ์ในส่วนของการจัดเตรียมฐานข้อมูล (database) ทางด้านภาพ สำหรับส่งต่อให้การพัฒนาในด้านการเรียนรู้เครื่องและปัญญาประดิษฐ์ในเรื่องฟันทำได้ด้วยความสะดวกและง่ายดาย ช่วยลดเวลาในการรอรับการรักษานในกรณีที่มีทันตแพทย์และเครื่องมือในการรักษาจำกัด สามารถจัดกลุ่มการรักษาตามอาการป่วยได้ ทำให้ทันตแพทย์สามารถตรวจผู้ป่วยได้มากขึ้นและรักษาอาการป่วยได้ไวมากขึ้น และสามารถต่อยอดไปสู่การสร้างระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์รอยโรคของฟันต่อได้ คณะผู้วิจัยก็มีความคาดหวังว่าในอนาคตงานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาเพื่อนำไปใช้ในทางด้านการดูแลรักษาฟันและเหงือกด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ และอาจจะนำไปต่อยอดไปสู่ในสวนนิติวิทยาศาสตร์ในงานด้านนิติทันตวิทยาได้ในอนาคต ซึ่งพบว่าการจัดเก็บข้อมูลทางด้านภาพฟันที่มีคุณภาพนั้น ยังมีข้อมูลอยู่เป็นจำนวนน้อย และจะสามารถพัฒนาเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่จะช่วยทุ่นแรงในการปฏิบัติงาน ร่นระยะเวลาในการทำงาน ซึ่งจะช่วยในเรื่องการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ของตัวบุคคลในที่เกิดเหตุได้มากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างวิธีสำหรับการจำแนกประเภทของพื้นถาวรด้วยการประมวลผลภาพ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ข้อมูลทางด้านพื้นเป็นภาพถ่ายที่ได้จากโมเดลพื้นจำลอง Sim kit

1.3.2 ภาพที่ต้องการทำการจำแนกเป็นภาพพื้นส่วนบดเคี้ยว โดยจำแนกประเภทของพื้น 4 ชนิด ได้แก่ พื้นตัด พื้นเขียว พื้นกรามน้อย และพื้นกรามใหญ่

1.3.3 ภาพที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมได้จากภาพถ่าย Sim kit จำนวน 1 โมเดล

1.3.4 ผลที่ได้เป็นกระบวนการหรือวิธีที่จะใช้ในการจำแนกประเภทของพื้นด้วยการประมวลผลภาพ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เป็นกระบวนการหรือวิธีที่จะใช้ในการจำแนกประเภทของพื้นด้วยการประมวลผลภาพ พร้อมกับโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการจำแนกประเภทของพื้น

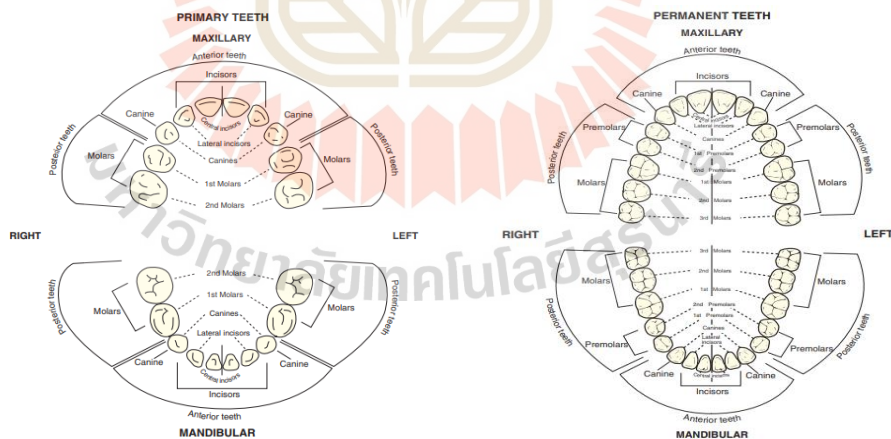
บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันการจำแนกประเภทของฟัน โดยการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้ มีด้วยกันหลายกระบวนการ อาทิ การวิเคราะห์ Principal Component Analysis (PCA) การวิเคราะห์การแบ่งแยกเชิงเส้น และใช้การแปลงฟูริเยร์แล้วทำการพิจารณาเวกเตอร์ embedded hidden Markov model (EHMM) การใช้ Hybrid Differential Method และจุดเปลี่ยนค่า (Turn point) การใช้ Support Vector Machine และ Water Shedding Algorithm ในงานวิจัยนี้จะใช้กระบวนการการแบ่งส่วนภาพและการจัดเรียงภาพ โดยใช้การดำเนินการเชิงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างมาจัดจำแนกประเภทของฟัน

2.1 ฟัน (Tooth)

เป็นอวัยวะที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหาร ช่วยในการออกเสียงพูดให้ชัดเจน ฟันเป็นอวัยวะที่เจริญมาจากเนื้อเยื่อชั้นนอก (Ectoderm) โดยในมนุษย์จะมีฟัน 2 ชุด คือ ฟันน้ำนม และฟันถาวร



ก) รูปฟันน้ำนม

ข) รูปฟันถาวร

รูปที่ 2.1 การจำแนกประเภทของฟัน

ที่มา *Woelfel's dental anatomy* (p.5-6), by Scheid, R. C., Woelfel, J. B., and Woelfel, J. B., 2011, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

2.1.1 โครงสร้างของฟัน (Tooth structure)

โครงสร้างของฟัน (Tooth structure) แบ่งออกได้เป็นสองส่วน ดังนี้

1. โครงสร้างภายนอก คือ ส่วนที่เป็นตัวฟัน (Crown) และรากฟัน (Root) โดยใช้แนวคอฟันในการแยก

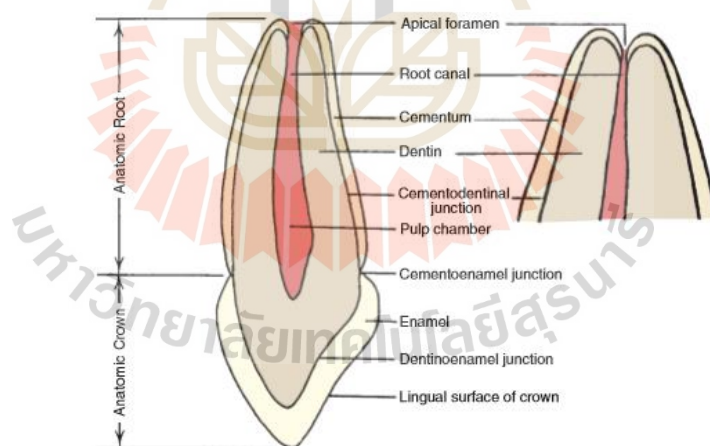
2. โครงสร้างภายใน ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

2.1 Enamel หรือสารเคลือบฟัน เป็นส่วนที่แข็งที่สุดของฟัน มีสีขาว อยู่รอบนอกของตัวฟัน ทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันชั้นนอกของตัวฟัน มีเคลือบผิวสูง

2.2 Dentin หรือเนื้อฟัน เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากชั้นเคลือบฟันเข้าไป เป็นของแข็งสีเหลือง มีความแข็งมากกว่ากระดูก แต่อ่อนกว่าสารเคลือบฟัน

2.3 Cementum หรือเคลือบรากฟัน เป็นชั้นสีเหลืองอ่อนที่ครอบรากฟันอยู่

2.4 Pulp หรือโพรงประสาท คือ ช่องว่างภายในฟัน เป็น soft tissue ซึ่งเป็นที่อยู่ของเส้นประสาทและหลอดเลือด ทำหน้าที่นำอาหารมาหล่อเลี้ยงฟัน โดยภายในโพรงประสาทฟันจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ Pulp chamber และ Pulp canal



รูปที่ 2.2 ภาพแสดง โครงสร้างภายนอกและ โครงสร้างภายในของฟัน

ที่มา *Woelfel's dental anatomy* (p.11), by Scheid, R. C., Woelfel, J. B., and Woelfel, J. B., 2011, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

2.1.2 พื้นผิวของฟัน (Surfaces of teeth)

1. Labial /Buccal surface

ในฟันหน้า พื้นผิวด้านหน้าของฟันที่อยู่ในด้านที่ใกล้ริมฝีปาก จะถูกเรียกว่า Labial surface และ Buccal surface จะใช้เรียกในฟันด้านหลัง โดยใช้เรียกด้านที่อยู่ติดกับแก้ม

2. Lingual surface

ใช้เรียกด้านของฟันที่อยู่ติดกับลิ้น ใช้เรียกสำหรับฟันบนและฟันล่าง

3. Mesial surface

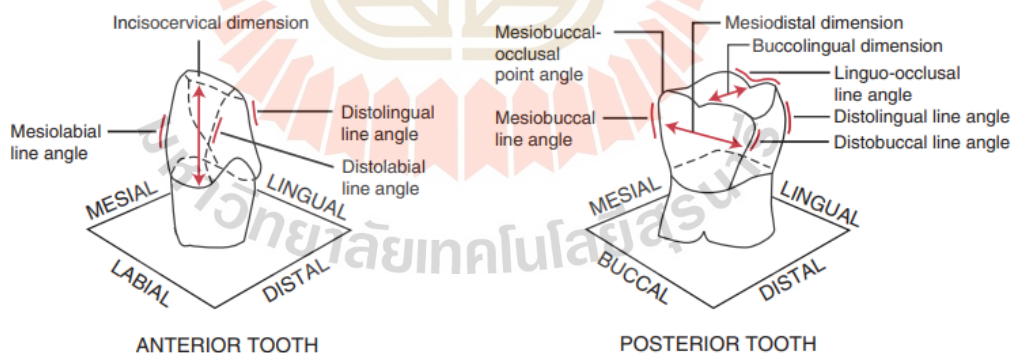
ด้านใกล้กลาง ใช้เรียกด้านของฟันที่อยู่ใกล้กับเส้นแบ่งกึ่งกลางของฟัน โดยส่วนที่อยู่ด้านจะถูกเรียกว่า Distal surface

4. Distal surface

ด้านไกลกลาง เป็นด้านที่อยู่ถัดจาก Mesial surface เป็นด้านที่จะสัมผัสกับ mesial surface ของซี่ที่อยู่ถัดไป

5. Incisal /Occlusal surface

เป็นด้านบนของฟัน โดย incisal surface จะใช้เรียกในตำแหน่งของฟันหน้า และ occlusal surface จะใช้เรียกในฟันหลัง



รูปที่ 2.3 แผนภาพของฟันที่แสดง line angle และ point angle ของฟันตัดและฟันกราม

ที่มา *Woelfel's dental anatomy* (p.16), by Scheid, R. C., Woelfel, J. B., and Woelfel, J. B., 2011, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

2.1.3 ฟันถาวร (Permanent teeth)

ฟันถาวร (Permanent teeth) เป็นฟันชุดที่สองที่เกิดขึ้นในช่องปาก ขึ้นต่อจากชุดฟันน้ำนม และอยู่ในช่องปากไปตลอดชีวิต หรือจนกว่าจะถูกถอนออกไป ฟันถาวรมีทั้งหมด 32 ซี่ (ในสถานะที่ไม่มีภาวะผิดปกติ) ฟันถาวรแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. ฟันหน้าตัด (Incisor teeth)

เป็นฟันที่อยู่ด้านหน้าสุด มีทั้งหมด 8 ซี่ ด้านบน 4 ซี่ และด้านล่าง 4 ซี่ มีลักษณะบางและตรง ทำหน้าที่ในการตัดและแบ่งสับอาหาร

2. ฟันเขี้ยว (Canine teeth)

ฟันเขี้ยวอยู่ถัดมาจากฟันตัด มีทั้งหมด 4 ซี่ คือ ด้านบน 2 ซี่ และด้านล่าง 2 ซี่ มีลักษณะรูปร่างส่วนปลายที่ค่อนข้างแหลม ใช้สำหรับการฉีกและยึดอาหาร

3. ฟันกรามน้อย (Premolar teeth)

ฟันกรามน้อยอยู่ถัดจากฟันเขี้ยว มีทั้งหมด 8 ซี่ คือ ด้านบน 4 ซี่ และด้านล่าง 4 ซี่ ขนาดใหญ่กว่าฟันตัดและฟันเขี้ยว มีลักษณะเรียบ ใช้ในการฉีกแบ่งและบดเคี้ยวอาหารให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ

4. ฟันกรามใหญ่ (Molar teeth)

ฟันกรามเป็นฟันที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีทั้งหมด 12 ซี่ คือ ด้านบน 6 ซี่ และด้านล่าง 6 ซี่ เป็นฟันที่มีพื้นราบและมีความกว้างมากที่สุด ทำหน้าที่ในการบดอาหาร

2.2 ภาพดิจิทัล

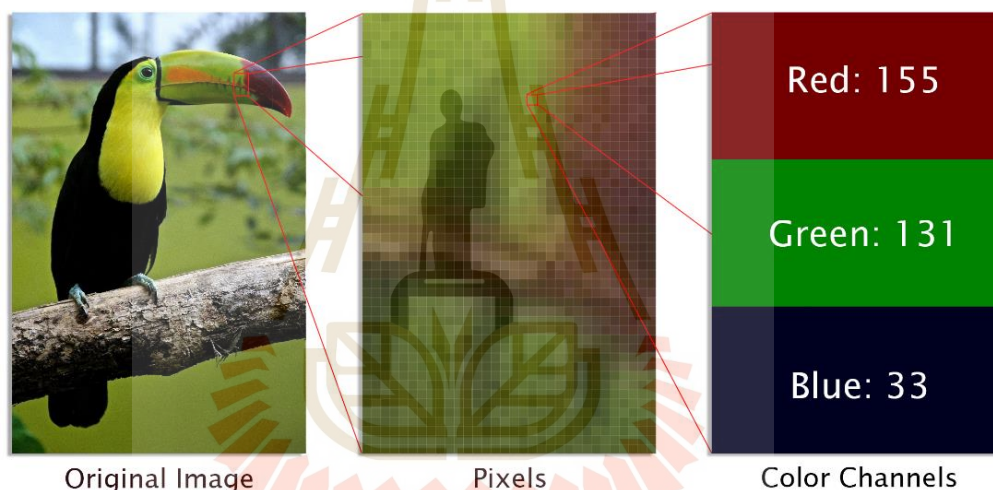
ภาพดิจิทัลคือภาพที่ถูกบันทึกด้วยอุปกรณ์บันทึกภาพดิจิทัล เช่น กล้องถ่ายภาพดิจิทัล โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น มีลักษณะเป็นหน่วยข้อมูลเล็ก ๆ เรียกว่าจุดภาพหรือพิกเซล (pixel) เรียงต่อกัน โดยในแต่ละจุดภาพจะเก็บข้อมูลตัวเลขที่แสดงถึงค่าความเข้มแสง/สีที่อุปกรณ์บันทึกภาพรับรู้จากการสะท้อนแสงของวัตถุต่าง ๆ ในขณะบันทึกภาพ ตัวเลขที่แตกต่างกัน เมื่อนำไปแสดงผลเป็นภาพ จะถูกแปลกลับเป็นความเข้มแสง/สีที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดเป็นภาพใหญ่ที่แสดงวัตถุต่าง ๆ ในภาพ

ในการนำภาพดิจิทัลไปประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์นั้น เราสามารถนิยามภาพดิจิทัลให้เป็นวัตถุทางคณิตศาสตร์ได้ โดยนิยามให้เป็นฟังก์ชันของตัวแปรสองตัว $\square(\square, \square)$ ที่ (\square, \square) เป็นพิกัดหรือแถวและหลักของพิกเซลแต่ละพิกเซล และ $\square(\square, \square)$ ก็คือค่าความเข้มแสง/สี ของพิกเซลนั้น ๆ

2.3 การบันทึกค่าความเข้มแสง/สี

2.3.1 ระบบแสดงเฉดสี RGB

ในอุปกรณ์อย่างกล้องถ่ายภาพดิจิทัล หรือ โทรศัพท์มือถือที่ถ่ายภาพได้ส่วนใหญ่ ภาพที่ดูบนที่กั้นั้น แต่ละพิกเซลจะเก็บค่า 3 ค่า คือค่าความเข้มแสง หรือค่าแสง สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เรียกว่าระบบแสดงเฉดสี RGB (Red, Green, Blue) โดยเมื่อนำไปแสดงผลบนจอภาพแบบสี ระบบจะแปลงค่าแสงสีทั้งสามในแต่ละพิกเซลออกมาเป็นสี ระดับความเข้มแสงหรือค่าแสงแต่ละสีมี 256 ระดับ คือ 0 – 255 ทำให้พิกเซลหนึ่ง ๆ สามารถแสดงสีได้ $256^3 = 16.7$ ล้านสี ตัวเลขค่าแสงสีเหล่านี้สามารถนำมาดำเนินการทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ เกิดเป็นการประมวลผลและปรับปรุงภาพโดยใช้คอมพิวเตอร์แทนมนุษย์ได้



รูปที่ 2.4 ภาพดิจิทัลสีและวิธีบันทึกค่าสีในระบบแสดงเฉดสี RGB

ที่มา <https://medium.com/@vad710/cv-for-busy-developers-image-processing-d93ed4836880>

2.3.2 ระบบแสดงเฉดสี HSI/HSV

ระบบ HSI หรือ HSV เป็นระบบแปลงผลสีที่มีความใกล้เคียงกับวิธีการอธิบายเรื่องสีของมนุษย์มากกว่าระบบ RGB โดยเป็นระบบที่ใช้ค่า 3 ค่าเช่นกันในการแสดงผลความเข้มแสง/สี คือ H – hue โทนสี แดง/ส้ม/เหลือง/เขียว/ฟ้า/ม่วง, S – saturation ความอิ่มตัวของสีหรือความสดใส คือปริมาณของสีที่ปนอยู่ในแสงสีขาว และ I – intensity หรือ V – value คือความเข้มแสง หรือความสว่าง/มืดของพิกเซลนั้น ๆ จากการบันทึกภาพในระบบ RGB เราสามารถนำค่าสี

R, G, B มาคำนวณเป็นค่า H, S, I ได้ โดยวิธีการคำนวณจะแตกต่างกันไปในซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้ ในการประมวลผลภาพ ตัวอย่างวิธีการคำนวณจากหนังสือ Gonzales and Woods (2001) ทำดังนี้

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \begin{cases} \alpha & ; \alpha \leq \beta \\ 360 - \alpha & ; \alpha > \beta \end{cases} \\
 \alpha &= \cos^{-1} \left(\frac{\frac{1}{2}[(\alpha - \beta) + (\beta - \gamma)]}{[(\alpha - \beta)^2 + (\beta - \gamma)(\alpha - \beta)]^{\frac{1}{2}}} \right) \\
 \alpha &= 1 - \frac{3}{(\alpha + \beta + \gamma)} \min\{\alpha, \beta, \gamma\} \\
 \alpha &= \frac{1}{3}(\alpha + \beta + \gamma)
 \end{aligned}$$

2.3.3 ระบบแสดงเฉดสีอื่น ๆ

นอกเหนือจากระบบแสดงเฉดสี RGB และ HSI/HSV ที่ได้กล่าวถึงไปแล้ว ยังมีระบบแสดงเฉดสีอื่น ๆ ด้วยเช่นกัน ซึ่งระบบแสดงเฉดสีที่ต่างกันจะถูกนำไปใช้ในจุดประสงค์ที่แตกต่างกันของงานเกี่ยวกับภาพดิจิทัล ตัวอย่างเช่น ระบบสี CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black) เป็นระบบสีที่ใช้ในการผสมหมึกเพื่อพิมพ์ภาพ เป็นต้น

2.4 การแบ่งส่วนภาพ (Image segmentation)

การแบ่งส่วนภาพ เป็นการแบ่งภาพออกเป็นส่วนต่าง ๆ เพื่อให้ได้วัตถุหรือพื้นที่ในภาพที่เป็นที่ต้องการ โดยเบื้องต้นคอมพิวเตอร์จะไม่สามารถจำแนกวัตถุที่อยู่ในภาพได้เหมือนอย่างที่มีมนุษย์ทำ คอมพิวเตอร์จะรับรู้เพียงค่าแสงสีที่อยู่ในแต่ละพิกเซลเท่านั้น การทำให้คอมพิวเตอร์รับรู้วัตถุที่อยู่ในภาพ ต้องใช้การปรับปรุงภาพเข้ามาช่วย ซึ่งลักษณะภาพถ่ายและวัตถุในภาพที่เป็นที่ต้องการนำไปใช้งานต่อที่แตกต่างกัน จะมีเครื่องมือและขั้นตอนการปรับปรุงภาพที่แตกต่างกัน

2.4.1 ภาพโทนสีเทา

ในภาพดิจิทัลสีที่แต่ละจุดภาพเก็บค่าองค์ประกอบสีไว้สามค่านั้น เมื่อทำการปรับปรุงภาพ ค่าที่ถูกนำมาคำนวณจะมีเพียงค่าเดียว ซึ่งค่าหนึ่งค่าจากทั้งหมดสามค่าอาจมาจากการเลือกค่าสีหนึ่งจากทั้งหมดสามค่าสี หรืออาจมาจากการคำนวณผ่านสามค่าสีก็ได้ ซึ่งเมื่อได้ค่าหนึ่งค่าของทุก ๆ จุดภาพมาแล้ว และนำมาแสดงผล แต่ละจุดภาพจะแปลผลค่าตัวเลขนั้น ๆ เป็นค่าความสว่าง (Intensity) ของจุดภาพ ระดับตั้งแต่ 0 – 255 โดยที่ 0 เป็นค่าความสว่างที่ต่ำที่สุด ทำให้จุดภาพมืดที่สุด คือเป็นสีดำ และค่า 255 เป็นค่าความสว่างที่สูงที่สุด ทำให้จุดภาพสว่างที่สุด คือ

เป็นสีขาว และค่าที่อยู่ระหว่าง 0 – 255 ก็จะทำให้จุดภาพสว่างในระดับที่ต่างกัน เกิดเป็นระดับโทนสีเทา และทั้งภาพนั้นจะถูกเรียกว่า ภาพ โทนสีเทา (Grayscale image)



รูปที่ 2.5 แสดงการแยกแสดงค่าสีแต่ละสีในภาพสี RGB ต้นฉบับ (Original) ออกเป็นสามค่า คือค่าแสงสีแดง (Red) ค่าแสงสีเขียว (Green) ค่าแสงสีน้ำเงิน (Blue) ซึ่งทั้งสามค่าเมื่อแยกแสดงแล้วสามารถถูกแปลผลเป็นค่าความสว่าง/ความเข้มแสงสีได้ และแสดงภาพโทนสีเทา (Grayscale) ซึ่งแปลผลมาจากค่าที่คำนวณด้วยการเฉลี่ยค่าสีทั้งสามค่าที่มาจากภาพต้นฉบับ

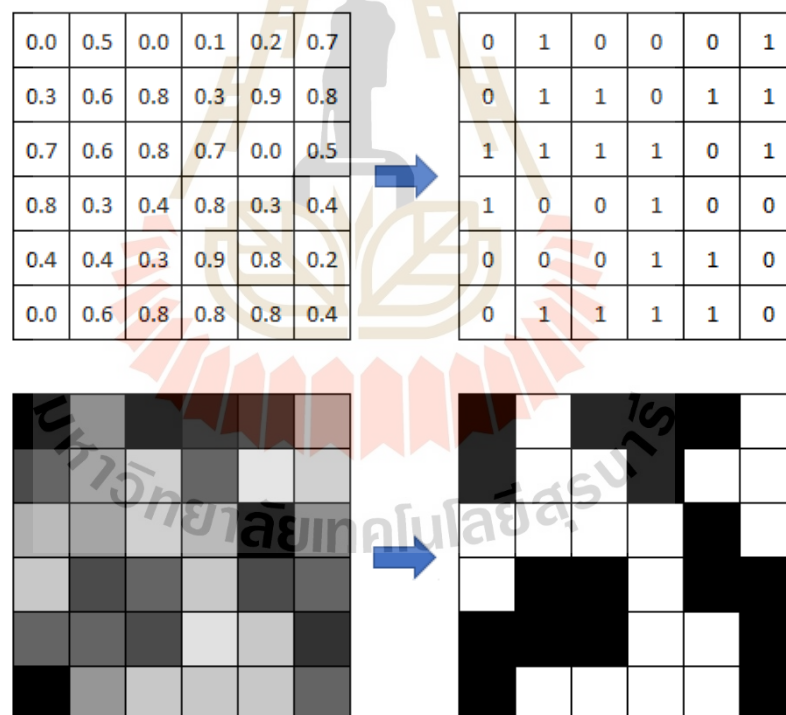
<https://www.wallpaperflare.com/sailormoon-sailor-moon-wallpaper-artistic-anime-silhouette-wallpaper-plkir>

สร้างภาพแสดงค่าความเข้มแสงสีแดง เขียว น้ำเงิน และภาพโทนสีเทา บนเว็บไซต์ pinetools.com

2.4.2 ค่าขีดแบ่งและภาพขาวดำ

ภาพขาวดำ (Binary image) เป็นภาพที่มีสีเพียงแค่สองสี คือสีขาว และสีดำ เมื่อเทียบกับภาพโทนสีเทาแล้วจะได้ว่าจุดภาพที่มีสีดำจะมีค่าความสว่าง/ความเข้มแสงเป็น 0 และจุดภาพที่มีสีขาวจะมีค่าความสว่าง/ความเข้มแสงเป็น 255 ภาพขาวดำนี้สามารถนำไปดำเนินการเชิงตรรกะ เพื่อทำการปรับปรุงภาพ คัดเลือกบริเวณของภาพที่ต้องการได้ เนื่องจากแต่ละจุดภาพจะแสดงสีได้เพียงสองสีเท่านั้นคือขาวหรือดำ เราสามารถแทนค่าสีขาวและสีดำเป็น 1 และ 0 ได้ตามลำดับ

ภาพขาวดำนั้นสามารถสร้างได้จากภาพโทนสีเทา โดยการใช้ค่าขีดแบ่ง (Threshold) เป็นค่าที่จะทำการตัดสินใจให้พิกเซลที่มีค่าความสว่างระดับต่าง ๆ นั้นเปลี่ยนเป็นสีขาวหรือสีดำ โดยที่ถ้าหากจุดภาพมีความสว่างมากกว่าค่าขีดแบ่งที่ใช้ จุดภาพนั้นจะถูกแปลงค่าเป็นสีขาว และถ้าจุดภาพนั้นมีความสว่างน้อยกว่าค่าขีดแบ่งที่ใช้ จุดภาพนั้นจะถูกแปลงเป็นสีดำ



รูปที่ 2.6 แสดงการเปลี่ยนภาพโทนสีเทา ให้เป็นภาพขาวดำ โดยใช้ค่าขีดแบ่ง 0.45

ในโปรแกรมที่ใช้ปรับปรุงภาพบางโปรแกรม จะมีการแปลงค่าความสว่างจาก 0-255 ให้อยู่ในช่วง $[0, 1]$ เสียก่อน โดยอาจหารค่าความสว่างของทุก ๆ พิกเซลด้วย 255 หรือโปรแกรมอาจสำรวจหาค่าความสว่างสูงสุด/ต่ำสุดในภาพ และใช้การแปลงเชิงเส้น $\square = \frac{\square - \square}{\square - \square}$ โดยที่ $\square, \square, \square, \square$ เป็นค่าความสว่างใหม่, ค่าความสว่างเดิม, ค่าความสว่างสูงสุด, และค่าความสว่างต่ำสุด ตามลำดับ หรืออาจใช้การแปลงอย่างอื่นก็ได้

2.4.3 การดำเนินการเชิงการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

การดำเนินการเชิงการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เป็นการดำเนินการทางคณิตศาสตร์กับภาพดิจิทัล ซึ่งอาจเป็นภาพโทนสีเทาหรือภาพขาวดำก็ได้ โดยจะเป็นการปรับเปลี่ยนรูปร่างของวัตถุที่อยู่ในภาพด้วยการดำเนินการเชิงเซตในระบบพิกัดสองมิติ ได้แก่

$$\text{การเลื่อน } (\square)_{\square} = \{\square \mid \square = \square + \square, \square \in \square\}$$

$$\text{การสะท้อน } \hat{\square} = \{\square \mid \square = -\square, \square \in \square\}$$

$$\text{คอมพลีเมนต์ของเซต } \square^{\square} = \{\square \mid \square \notin \square\}$$

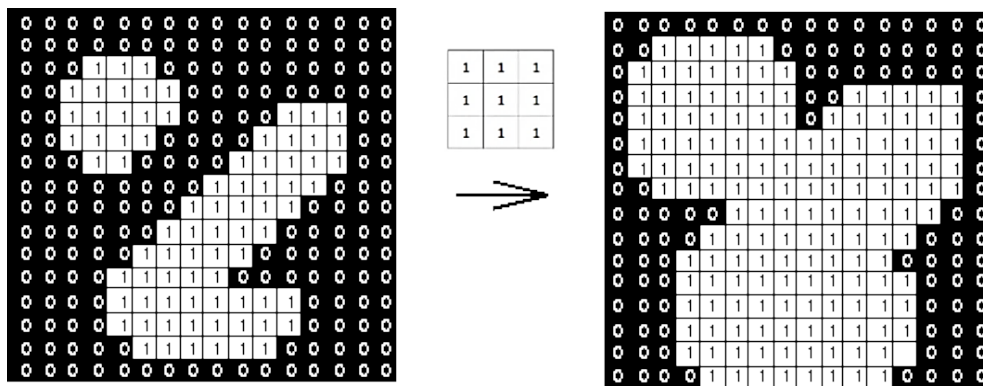
$$\text{ผลต่างของเซตสองเซต } \square - \square = \{\square \mid \square \in \square, \square \notin \square\} = \square \cap \square^{\square}$$

การดำเนินการเชิงการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง จะมีเซตสองเซตมากระทำกัน เซตหลักที่ต้องการเปลี่ยนรูปร่างนั้นคือวัตถุในภาพ และเซตที่มากกระทำกับวัตถุในภาพเพื่อเปลี่ยนรูปร่างของวัตถุนั้นจะเรียกว่า Structuring element ตัวอย่างการดำเนินการเชิงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างพื้นฐานมีดังนี้

1. การขยายขอบวัตถุ (Dilation)

การขยายขอบวัตถุ จะทำให้บริเวณขอบของวัตถุขยายออกไป โดยถ้ากำหนดให้เซต \square เป็นเซตวัตถุในภาพ และ \square เป็น Structuring element จะได้ว่าการขยายขอบวัตถุนิยามโดย

$$\square \oplus \square = \{\square \mid (\hat{\square})_{\square} \cap \square \neq \square\}$$



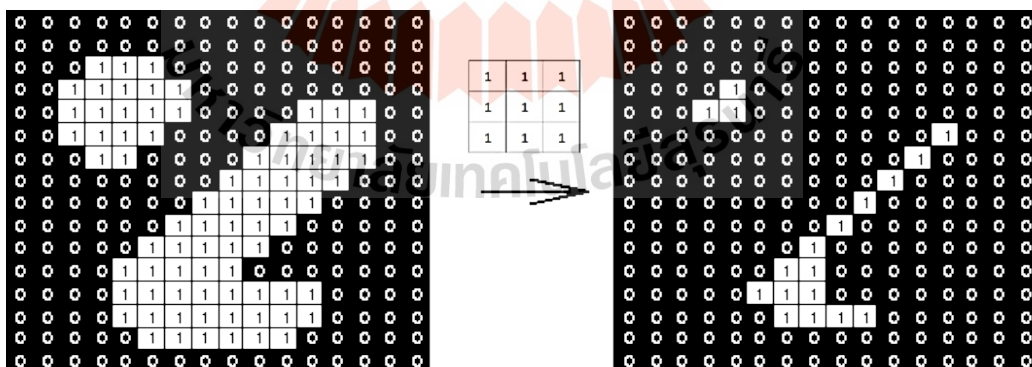
รูปที่ 2.7 แสดงการขยายขอบวัตถุ โดยกลุ่มพิกเซลสีขาวในภาพซ้ายเป็นเซตวัตถุในภาพ ที่ต้องการขยายขอบ หรือเซต \square และมี Structuring element (เซต \square) เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3x3 ทำการขยายขอบวัตถุทำให้ได้วัตถุใหม่ในภาพด้านขวา

ที่มา <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/dilate.htm>

2. การกร่อนขอบวัตถุ (Erosion)

การกร่อนขอบวัตถุ จะทำให้ขอบวัตถุในภาพบางส่วนหายไป นิยามดังนี้

$$\square \ominus \square = \{ \square | (\square) \subseteq \square \}$$



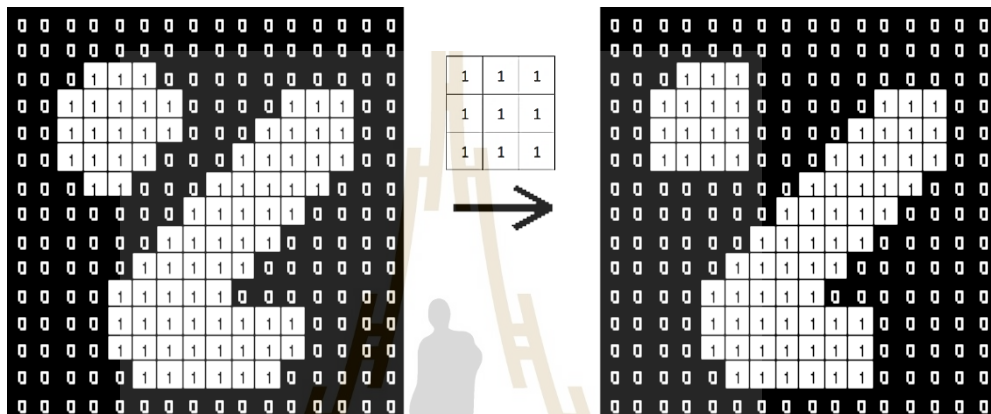
รูปที่ 2.8 แสดงการกร่อนขอบวัตถุ โดยกลุ่มพิกเซลสีขาวในภาพซ้ายเป็นเซตวัตถุในภาพ ที่ต้องการกร่อนขอบ หรือเซต \square และมี Structuring element (เซต \square) เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3x3 ทำการกร่อนขอบวัตถุทำให้ได้วัตถุใหม่ในภาพด้านขวา

ที่มา <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/erode.htm>

3. การเปิดภาพ (Opening)

การเปิดภาพ จะทำให้วัตถุในภาพขอบเรียบขึ้น คือลบบริเวณที่แหลมคม และบริเวณที่แคบ ของวัตถุในภาพออก เกิดจากการกร่อนขอบวัตถุแล้วตามด้วยการขยายขอบวัตถุ

$$\square \circ \square = (\square \ominus \square) \oplus \square$$



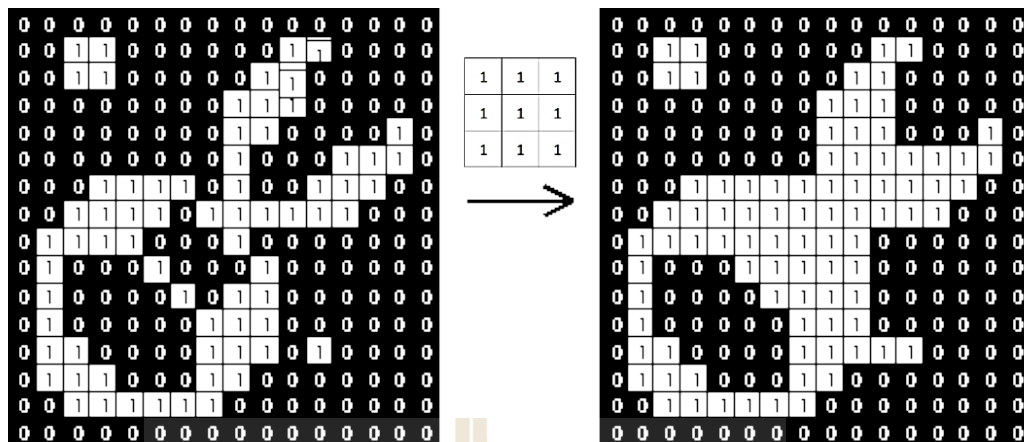
รูปที่ 2.9 แสดงการเปิดภาพ โดยกลุ่มพิกเซลสีขาวในภาพซ้ายเป็นเซตวัตถุในภาพ หรือเซต \square และมี Structuring element (เซต \square) เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3x3 ทำการเปิดภาพทำให้ได้วัตถุใหม่ในภาพด้านขวา

ที่มา <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/open.htm#guidelines>

4. การปิดภาพ (Closing)

การปิดภาพ จะทำให้ขอบวัตถุในภาพเรียบขึ้นแต่ไม่ได้เป็นการลบบริเวณที่แหลมคมหรือส่วนที่แคบออกไปทั้งหมด ในบางครั้งการปิดภาพช่วยลมนช่องว่างภายในบริเวณวัตถุ เกิดจากการขยายขอบวัตถุแล้วตามด้วยการกร่อนขอบวัตถุ

$$\square \cdot \square = (\square \oplus \square) \ominus \square$$



รูปที่ 2.10 แสดงการปิดภาพ โดยกลุ่มพิกเซลสีขาวในภาพซ้ายเป็นเซตวัตถุในภาพ หรือเซต \square และมี Structuring element (เซต \square) เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3x3 ทำการปิดภาพทำให้ได้วัตถุใหม่ในภาพด้านขวา

ที่มา <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/close.htm>

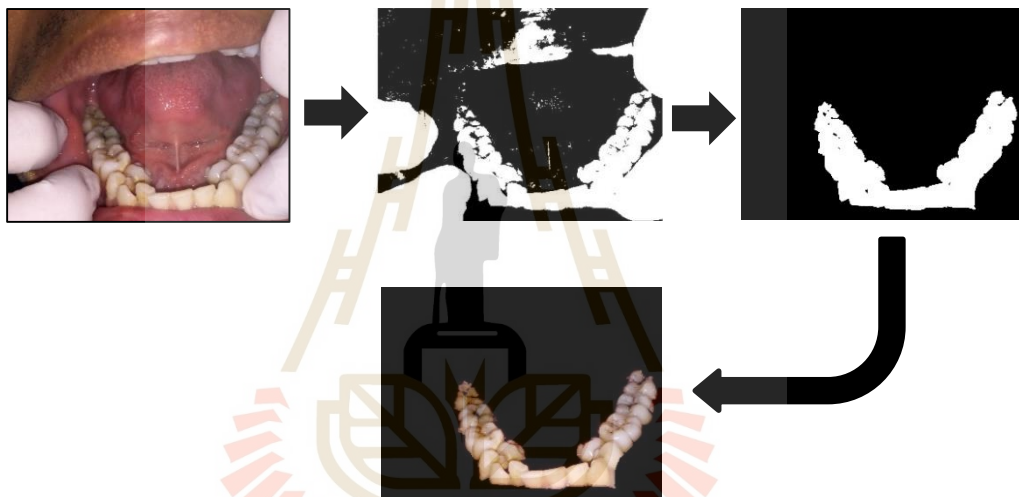
2.4.4 การปรับปรุงภาพถ่ายช่องปาก

ในการถ่ายภาพช่องปากด้วยกล้องถ่ายรูปหรือโทรศัพท์มือถือ ภาพที่ได้จะเป็นภาพดิจิทัลแบบสี จะมีรายละเอียดของภาพ ประกอบด้วย แเนวฟัน เหงือก/ลิ้น กระพุ้งแก้ม ขอบปาก และถุงมือแพทย์ที่ใส่เพื่อจับปากให้เปิดขึ้นเพื่อที่จะสามารถบันทึกภาพฟันได้ครบ ก่อนจะนำไปวิเคราะห์หารอยโรคต่อไป



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างภาพช่องปากที่ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพ

ในการจะนำภาพไปวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ วัตถุเป้าหมายที่ต้องการจากภาพคือแนวฟัน การปรับปรุงภาพเพื่อกรองเอาส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการในภาพออกนั้นสามารถใช้แนวคิดหลักเรื่องสีของวัตถุต่าง ๆ ที่แตกต่างกันในภาพได้ โดยในภาพจะพบว่า สีของฟันส่วนใหญ่มีสีเหลือง เหงือก/ลิ้น กระพุ้งแก้ม มีสีแดง ถูงมือมีสีขาว วัตถุเป้าหมายคือแนวฟันมีสีเหลือง จะมีอัตราส่วนของค่าแสงสีแดงต่อสีเขียวประมาณ 1:1 สามารถทำให้ใช้อัตราส่วนนี้กรองเอาส่วนอื่น ๆ ของภาพ โดยเฉพาะที่เป็นสีแดงออกได้ ส่วนถูงมือสีขาว ซึ่งมีอัตราส่วนของค่าแสงสีแดงต่อสีเขียวประมาณ 1:1 เช่นกัน สามารถถูกกรองออกได้โดยการคำนวณค่าความอิ่มตัวของสี ซึ่งแตกต่างกันระหว่างแนวฟันกับถูงมือ



รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการแบ่งส่วนภาพถ่ายช่องปากเพื่อให้ได้ส่วนของฟัน โดยใช้การคำนวณอัตราส่วนค่าแสงสีเป็นหลัก

2.5 การซ้อนทับภาพ (Image Registration)

การซ้อนทับภาพ เป็นการนำภาพหลาย ๆ ภาพมาซ้อนทับกันเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ โดยภาพที่นำมาซ้อนทับกันจะมีข้อมูลที่แตกต่างกันเกี่ยวกับวัตถุในภาพ ในที่นี้จะเป็นการนำภาพที่ได้จากการบันทึกจริงและผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพบางส่วนแล้ว หรือเรียกว่าภาพต้นแบบ (Template image) ไปซ้อนทับกับภาพอ้างอิง (Reference image) ซึ่งมีข้อมูลของวัตถุในภาพอยู่แล้ว อาศัยการกำหนดตำแหน่งสำคัญในภาพทั้งสอง และการแปลงทางเรขาคณิต (Geometric transformation) ทำให้ภาพต้นแบบมีการเคลื่อนที่ที่สอดคล้องกับการแปลงตามตำแหน่งของภาพ

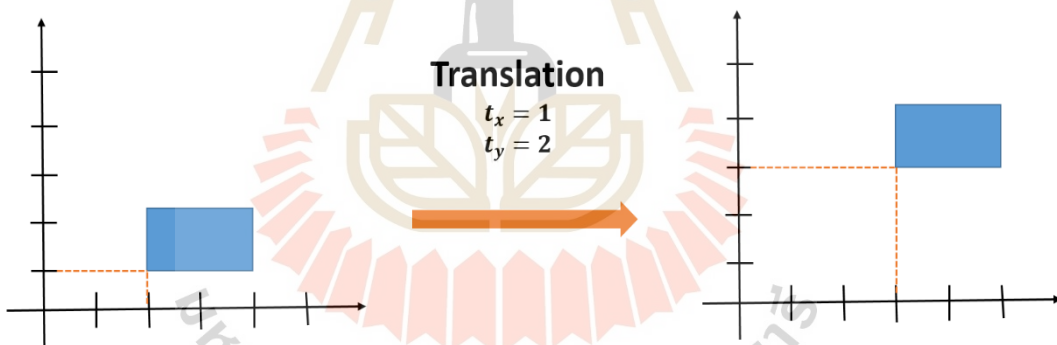
อ้างอิงที่ทำการกำหนดตำแหน่งสำคัญไว้ ซึ่งจะทำให้สามารถระบุข้อมูลของวัตถุในภาพต้นแบบ โดยเทียบจากข้อมูลในภาพอ้างอิงได้

2.5.1 การแปลงทางเรขาคณิต (Geometric transformation)

การแปลงทางเรขาคณิตจะทำให้ภาพมีการเปลี่ยนรูปร่าง การแปลงพื้นฐานจะเป็น การแปลงเชิงเส้น หรือการแปลงสัมพรรค (Affine transformation) สามารถใช้การดำเนินการทาง เมทริกซ์ในการอธิบายในเชิงคณิตศาสตร์ได้ ประกอบด้วยการแปลง 5 รูปแบบ ดังนี้

1. การเลื่อนขนานทางเรขาคณิตแบบระนาบเวกเตอร์ ทำได้โดยการสร้างจุด อิศระคือ พิกัด (x_1, y_1) จากพิกัดตำแหน่งของภาพเดิม ให้เลื่อนไปเป็นระยะ (x_2, y_2) เพื่อให้ ได้เป็นตำแหน่งของภาพใหม่ กล่าวโดยง่ายคือตำแหน่งของภาพใหม่ที่ได้รับครั้งสุดท้ายคือ $(x_1 + x_2, y_1 + y_2)$ นิยามได้ด้วยสมการ

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_2 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 + x_2 \\ y_2 + y_1 \end{bmatrix}$$



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการเลื่อนขนานของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยทำการเลื่อนขนานแกน x จาก 2 ไป 3

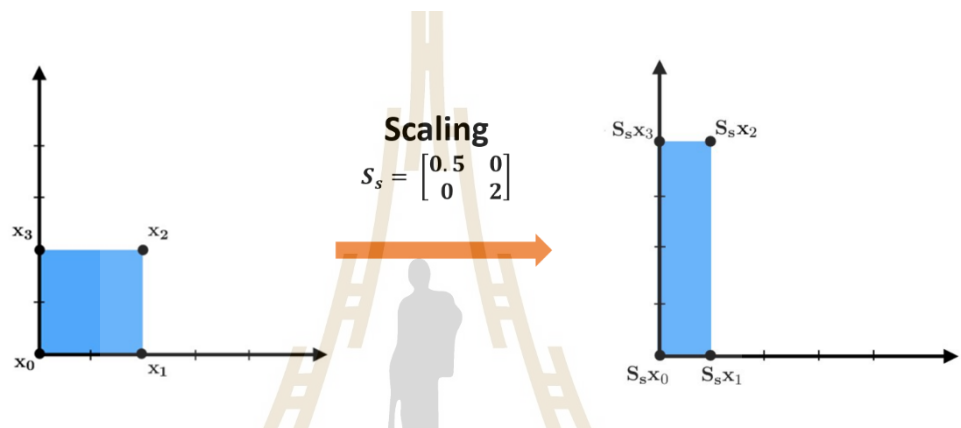
และทำการเลื่อนขนานแกน y จาก 1 ไป 3

2. การย่อ-ขยายในรูปแบบการแปลงทางเรขาคณิต สามารถแบ่งได้ 3 รูปแบบ ได้แก่

2.1 รูปแบบ 1 มิติ เป็นการเพิ่ม-ลดความยาวของส่วนของเส้นตรง

2.2 รูปแบบ 2 มิติ เป็นการเพิ่ม-ลดพื้นที่ของวัตถุ เมื่อภาพของวัตถุอยู่ที่จุดกำเนิด (0,0) ทำให้ได้ว่าตำแหน่งของภาพใหม่ ของแกน x มีขนาดที่ย่อ-ขยายเป็น s_x เท่า ในทางเดียวกัน แกน y มีขนาดที่ย่อ-ขยายเป็น s_y เท่า พบว่าขนาดพื้นที่ของวัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก $x_1 y_1$ ตารางหน่วย เป็น $(s_x s_y)(x_1 y_1)$ ตารางหน่วย นิยามได้ด้วยสมการ

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 \\ 0 & s_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x x_1 \\ s_y y_1 \end{bmatrix}$$



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการย่อ-ขยาย โดยทำการย่อแกน x จาก 1 เหลือ 0.5 และทำการขยายแกน y จาก 1 ไป 2

ที่มา <http://cs248.stanford.edu/winter19/lecture/transforms>

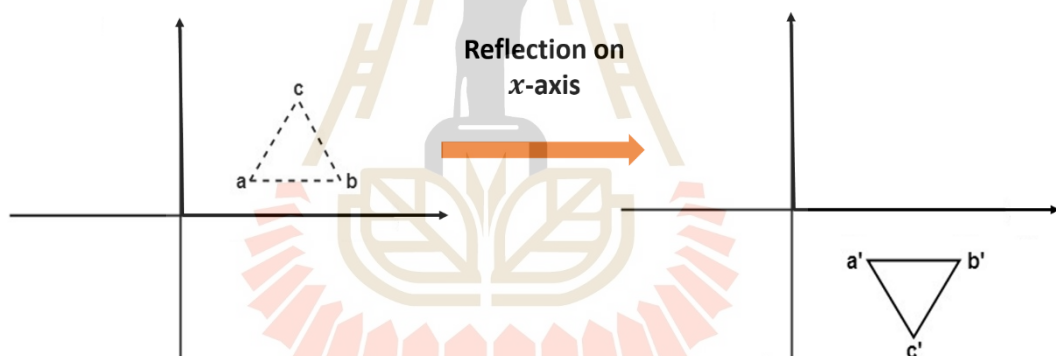
2.3 รูปแบบ 3 มิติ เป็นการเพิ่ม-ลดปริมาตรของวัตถุ เมื่อภาพของวัตถุอยู่ที่จุดกำเนิด (0,0) ทำให้ได้ว่าตำแหน่งของภาพใหม่ที่แกน x, y และ z มีการย่อ-ขยายของแกน เป็น $(s_x s_y s_z)(x_1 y_1 z_1)$ และ $s_x s_y s_z$ ตามลำดับ ดังนั้นปริมาตรของวัตถุเปลี่ยนแปลงจาก $x_1 y_1 z_1$ ลูกบาศก์หน่วย เป็น $(s_x s_y s_z)(x_1 y_1 z_1)$ ลูกบาศก์หน่วย นิยามได้ด้วยสมการ

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & s_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x x_1 \\ s_y y_1 \\ s_z z_1 \end{bmatrix}$$

3. การสะท้อน จำเป็นต้องมีองค์ประกอบหลัก 2 อย่าง ได้แก่ เส้นสะท้อน (Reflection line) และรูปต้นแบบที่ต้องการสะท้อน ในที่นี้จะขอเรียกว่าภาพเดิม ส่วนภาพที่ได้หลังจากทำการสะท้อนจะขอเรียกว่าภาพใหม่ ซึ่งการสะท้อนนั้นนำไปเป็นการแปลงที่มีการจับคู่ (Matching) ระหว่างจุดแต่ละจุดบนภาพเดิมกับจุดแต่ละจุดบนภาพใหม่ นอกจากนั้นภาพใหม่ที่เกิดขึ้นหลักจากการสะท้อนจะมีรูปร่างและขนาดที่เท่ากับภาพเดิมทุกประการ โดยในที่นี้จะขอ ยกตัวอย่างการสะท้อน 2 แบบ ได้แก่

3.1 การสะท้อนบนแกน x เป็นการสะท้อนระหว่างภาพเดิมเพื่อให้ได้ภาพใหม่ โดยมีเส้นสะท้อนเป็นแกน x กล่าวโดยง่ายคือ ถ้าหากภาพเดิมอยู่ในจุดภาคที่ 1 หลังทำการสะท้อนด้วยแกน x จะได้ภาพใหม่อยู่ที่จุดภาคที่ 4 นิยามได้ด้วยสมการ

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ -y_1 \end{bmatrix}$$

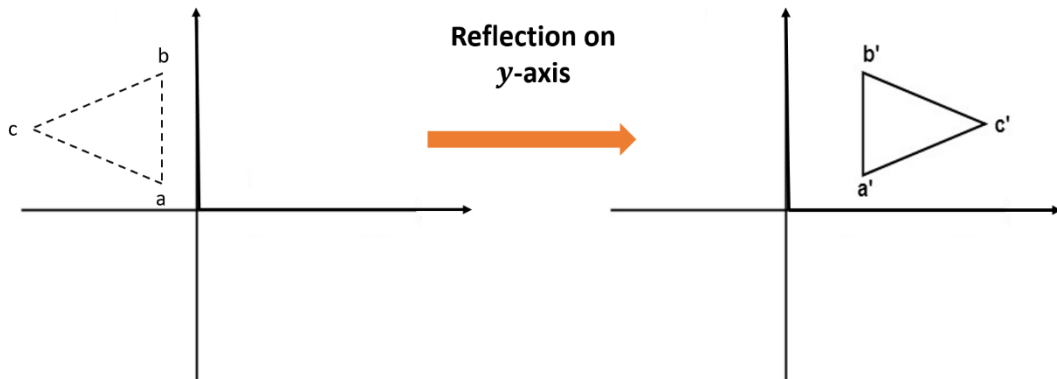


รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการสะท้อนภาพบนแกน x

ที่มา <http://cs248.stanford.edu/winter19/lecture/transforms>

3.2 การสะท้อนบนแกน y เป็นการสะท้อนระหว่างภาพเดิมเพื่อให้ได้ภาพใหม่ โดยมีเส้นสะท้อนเป็นแกน y กล่าวโดยง่ายคือ ถ้าหากภาพเดิมอยู่ในจุดภาคที่ 2 หลังทำการสะท้อนด้วยแกน y จะได้ภาพใหม่อยู่ที่จุดภาคที่ 1 นิยามได้ด้วยสมการ

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}$$



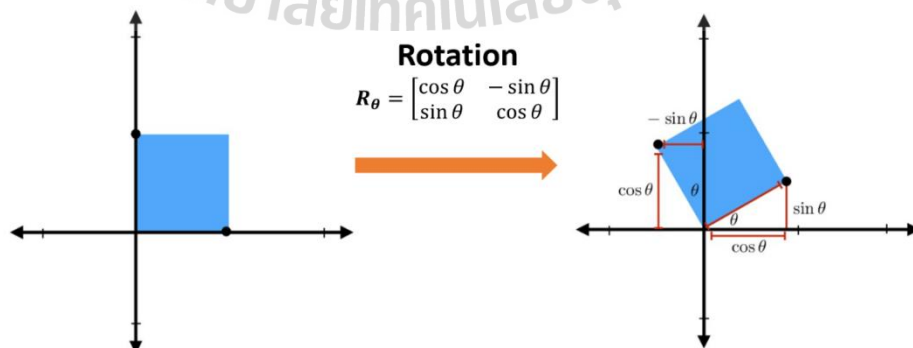
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการสะท้อนของภาพบนแกน y

ที่มา <http://cs248.stanford.edu/winter19/lecture/transforms>

4. การหมุน เป็นการแปลงทางเรขาคณิตอย่างหนึ่ง ซึ่งความหมายของการหมุนนั้นคือการตรึงจุดหนึ่งจุดไว้ แล้วทำการเคลื่อนที่จุดทุกจุดรอบระนาบจุดตรึงนั้น ในที่นี้จะกำหนดให้จุดตรึงของภาพเดิมอยู่ที่จุดกำเนิด $(0,0)$ ตัวอย่างการหมุนพื้นฐานที่ขอยกตัวอย่าง ได้แก่

4.1 หมุนตามเข็มนาฬิกา กล่าวคือจุดทุกจุดที่อยู่ในระนาบของจุด $(0,0)$ จะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกาหรือจะกล่าวว่าเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุให้หมุนลงด้านล่าง นิยามได้ด้วยสมการ

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$



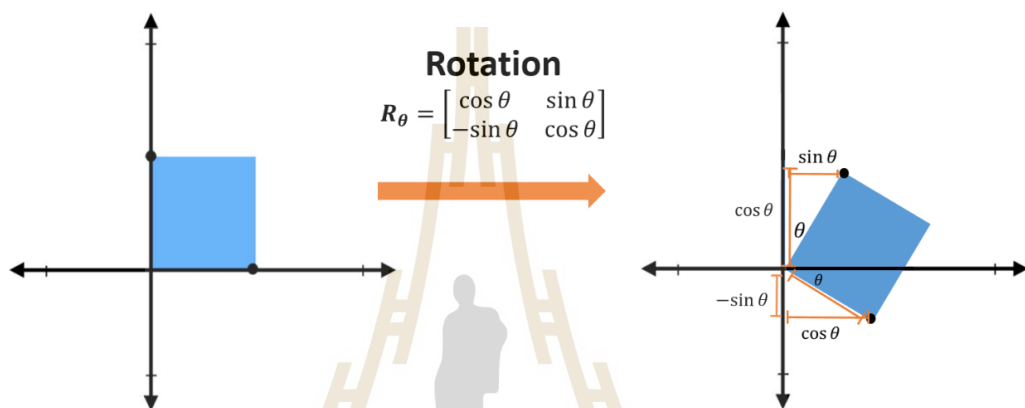
รูปที่ 2.17 การหมุนตามเข็มนาฬิกา

ที่มา <http://cs248.stanford.edu/winter19/lecture/transforms>



4.2 หมุนทวนเข็มนาฬิกา กล่าวคือจุดทุกจุดที่อยู่ในระนาบของจุด (0,0) จะเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกาหรือจะกล่าวว่าเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุให้หมุนขึ้นด้านบน นิยามได้ด้วยสมการ

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}$$



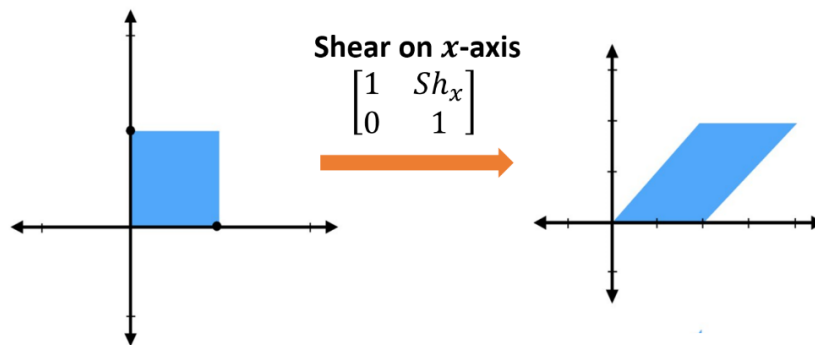
รูปที่ 2.18 การหมุนทวนเข็มนาฬิกา

ที่มา <http://cs248.stanford.edu/winter19/lecture/transforms>

5. การบิด เป็นการแปลงทางเรขาคณิตแบบ 2 มิติ คือการปรับทิศทางของภาพเดิมให้มีรูปร่างของวัตถุที่เพี้ยนหรือแปลกไปจากเดิม โดยในครั้งนี้จะกล่าวถึงการบิด 3 รูปแบบ คือ

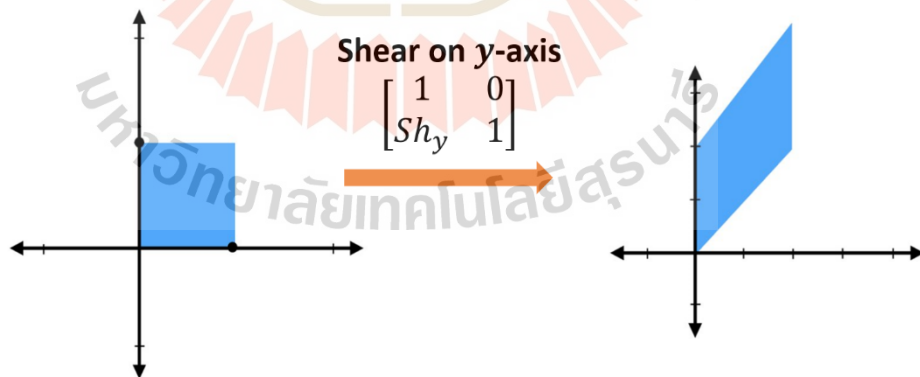
5.1 การบิดบนแกน x หากมองว่าวัตถุอยู่บนแกน x ($y = 0$) ที่ฐานจะคงรูปเดิม กล่าวคือ $y = 0$ เหมือนเดิม แต่ส่วนของจุด x จะเปลี่ยนไปเป็น $x + \alpha x$ นิยามได้ด้วยสมการ

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \alpha \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 + \alpha x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.19 การบิดรูปบนแกน x ที่มา <http://cs248.stanford.edu/winter19/lecture/transforms>

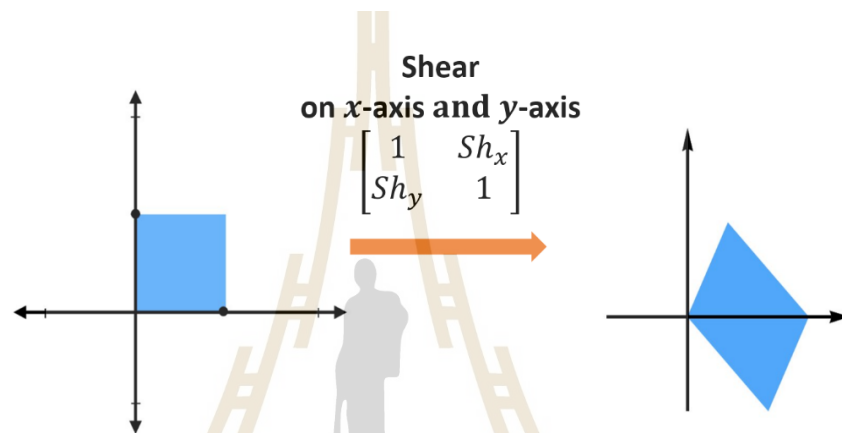
5.2 การบิดบนแกน y หากมองว่าวัตถุอยู่บนแกน x ($y = 0$) ที่ฐานจะคงรูปเดิม กล่าวคือ $y = 0$ เหมือนเดิม แต่ส่วนของจุด x จะเปลี่ยนไปเป็น $x + Sh_y \cdot y$ นิยามได้ด้วยสมการ

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Sh_y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ Sh_y \cdot y_1 + y_1 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.20 การบิดรูปบนแกน y ที่มา <http://cs248.stanford.edu/winter19/lecture/transforms>

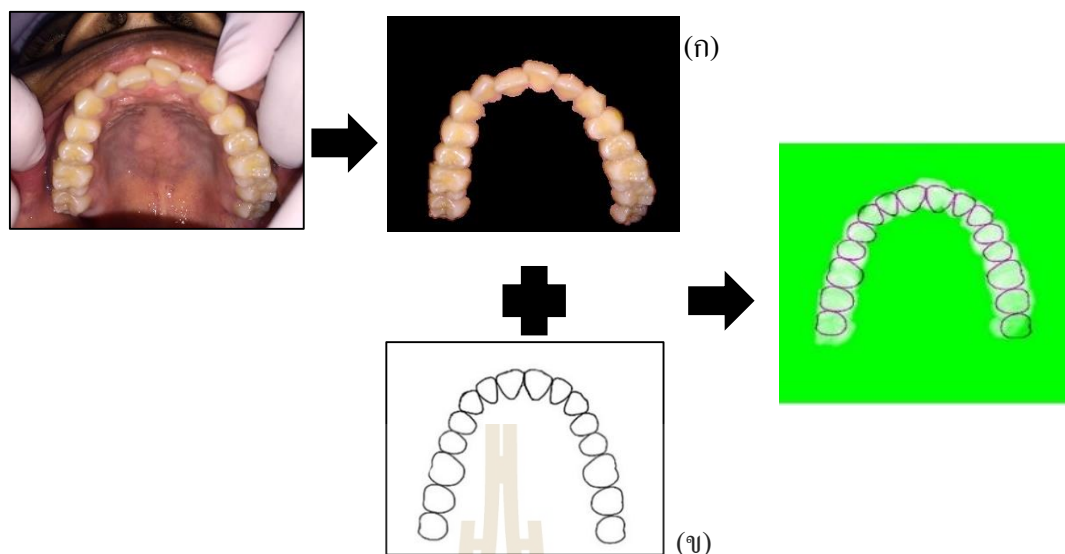
5.3 การบิดพร้อมกันทั้งบนแกน x และแกน y เป็นการรวมกันระหว่างการบิดบนแกน x และการบิดบนแกน y ตำแหน่งที่คงที่ไว้คือจุดกำเนิด $(0,0)$ เพียงจุดเดียว ส่วนจุดอื่น ๆ นั้นจะเกิดการเคลื่อนที่ไปจากเดิมเพื่อให้รูปร่างของวัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลง นิยามได้ด้วยสมการ

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & sh_x \\ sh_y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + sh_x y \\ sh_y x + y \end{bmatrix}$$



รูปที่ 2.21 การบิดพร้อมกันทั้งบนแกน x และแกน y
ที่มา <http://cs248.stanford.edu/winter19/lecture/transforms>

ภาพเฉพาะส่วนของพื้นที่ได้จากขั้นตอนการแบ่งส่วนภาพจะเป็นภาพต้นแบบ (ภาพ ก) ที่จะถูกนำมาทำการซ้อนทับภาพเพื่อระบุประเภทของพื้นที่ และมีภาพโมเดลพื้นที่สมบูรณ์แบบ (ภาพ ข) ที่มีข้อมูลระบุประเภทของพื้นที่ในแต่ละตำแหน่งอยู่แล้วเป็นภาพอ้างอิง จากการวิเคราะห์พบว่าการแปลงสัมพรรค (Affine transformation) ซึ่งเป็นการแปลงที่เกิดจากการแปลงเชิงเส้นเบื้องต้น 5 รูปแบบมารวมกัน ได้แก่ การเลื่อนขนาน (Translation) การย่อ-ขยาย (Scaling) การสะท้อน (Reflection) การหมุน (Rotation) และการบิด (Shearing) จากนั้นนำภาพที่ได้หลังจากทำการแปลงสัมพรรคมาซ้อนทับกับภาพอ้างอิง ทำให้สามารถระบุประเภทของพื้นที่ในภาพต้นแบบได้



รูปที่ 2.22 การซ้อนทับภาพส่วนของฟันที่บันทึกได้ด้วยกล้องถ่ายภาพสี กับภาพโมเดลฟันสมบูรณ์แบบ เพื่อการระบุประเภทฟัน

2.6 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kim, D. J., Shin, J. H. and Hong (2010) ต้องการจำเพาะบริเวณฟัน จากภาพถ่ายใบหน้า จากโทรศัพท์มือถือ ในงานวิจัยได้ใช้ การวิเคราะห์ Principal Component Analysis (PCA) การวิเคราะห์การแบ่งแยกเชิงเส้น Linear Discriminant Analysis (LDA) และใช้การแปลงฟูริเยร์แล้วทำการพิจารณา เวกเตอร์ embedded hidden Markov model (EHMM) เพื่อใช้จำเพาะบริเวณฟัน บริเวณฟันส่วนบน และบริเวณฟันส่วนล่าง ซึ่งผลที่ได้คือสามารถจำแนกฟันจากบริเวณภาพส่วนใบหน้าได้ แต่ก็มีบ้างครั้งที่วิเคราะห์ผิด กลายเป็นการจำแนกบริเวณส่วนตา หรือคิ้ว แทน

Zheng, Zheng and Ding (2010) ใช้ Hybrid Differential Method และจุดเปลี่ยนค่า (Turn point) ในการสกัดภาพฟันกรามส่วนบนและล่างออกจากพื้นหลังของภาพ โดยวิธีการที่ทำ ได้ใช้ Toolbox ของโปรแกรม MATLAB ทดสอบกับภาพสเกลสีเทาของฟัน

ศักดิ์สิน รัตนา และเจษฎา ตัณฑนุช (2562) ประยุกต์ใช้ Toolbox ของโปรแกรม MATLAB เช่นกัน ร่วมกับการจัดองค์ประกอบค่าสีและการดำเนินการเชิงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจำแนกส่วนของฟันออกจากส่วนที่ไม่ใช่ฟันจากภาพถ่ายที่ได้จากโทรศัพท์มือถือ งานวิจัยดังกล่าวได้ใช้เรื่องอัตราส่วนสีปรับปรุงการจำแนกส่วนฟัน ทำให้สามารถจำแนกส่วนฟันที่อยู่ลึกภายในได้มากขึ้น

Kang et. al. (2017) ใช้กระบวนการปรับปรุงภาพแบบไบนารี (ภาพขาวดำ) การแบ่งส่วนภาพ และการจับคู่ มาใช้ในฐานข้อมูลระบบการตัดสินใจทางชีวภาพโดยข้อมูลผู้ที่ใส่รากฟันเทียม คณะผู้วิจัยได้ใช้ภาพสเกลสีเทามาพิจารณาระดับขีดแบ่งที่แตกต่างกันเพื่อเปลี่ยนเป็นภาพขาวดำ แล้วนำมาวิเคราะห์ตำแหน่งของรากฟันเทียม

Amer and Aqel (2015) ได้ปรับปรุงขั้นตอนวิธีสำหรับการแบ่งส่วนภาพเอกซเรย์ฟันแบบแนวกว้าง (Panoramic dental image) เพื่อระบุภาพฟันแต่ละซี่ออกมา ซึ่งช่วยให้ทันตแพทย์สามารถวินิจฉัยโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยดังกล่าวได้ประยุกต์ใช้ประมวลผลภาพ เช่น การปรับปรุงความเปรียบต่างแสง (Contrast enhancement) การดำเนินการเชิงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบการขยายขอบวัตถุ การ Connected component labeling และการคูณภาพ (Image multiplication) มีส่วนช่วยในการแบ่งส่วน

Lins et. al. (2017) ใช้ Support Vector Machine และ Water Shedding Algorithm จำแนกประเภทของฟัน โดยในการใช้ Support Vector Machine ก็จะมีการทดสอบประสิทธิภาพด้วยการใช้ Kernel ที่แตกต่างกัน 3 ชนิดคือ Quadratic, Radial Base Function (RBF) และ Sigmoid และในการจำแนกฟันก็จะแบ่งเป็น 2 หมวด คือ การจำแนกกลุ่ม 3 ประเภท ได้แก่ ฟันกรามใหญ่ ฟันกรามน้อย และ ไม่ใช่ฟัน และ การจำแนกกลุ่ม 5 ประเภท ได้แก่ ฟันตัด ฟันเขี้ยว ฟันกรามใหญ่ ฟันกรามน้อย และ ไม่ใช่ฟัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

บทนี้แสดงเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ การถ่ายภาพและการเก็บข้อมูลภาพถ่าย การจัดเตรียมภาพ และกระบวนการจัดเรียงภาพย่อยและการจำแนกชนิดของฟัน จากนั้นอธิบายขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยเพื่อง่ายต่อการเข้าใจในการวิจัยในครั้งนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

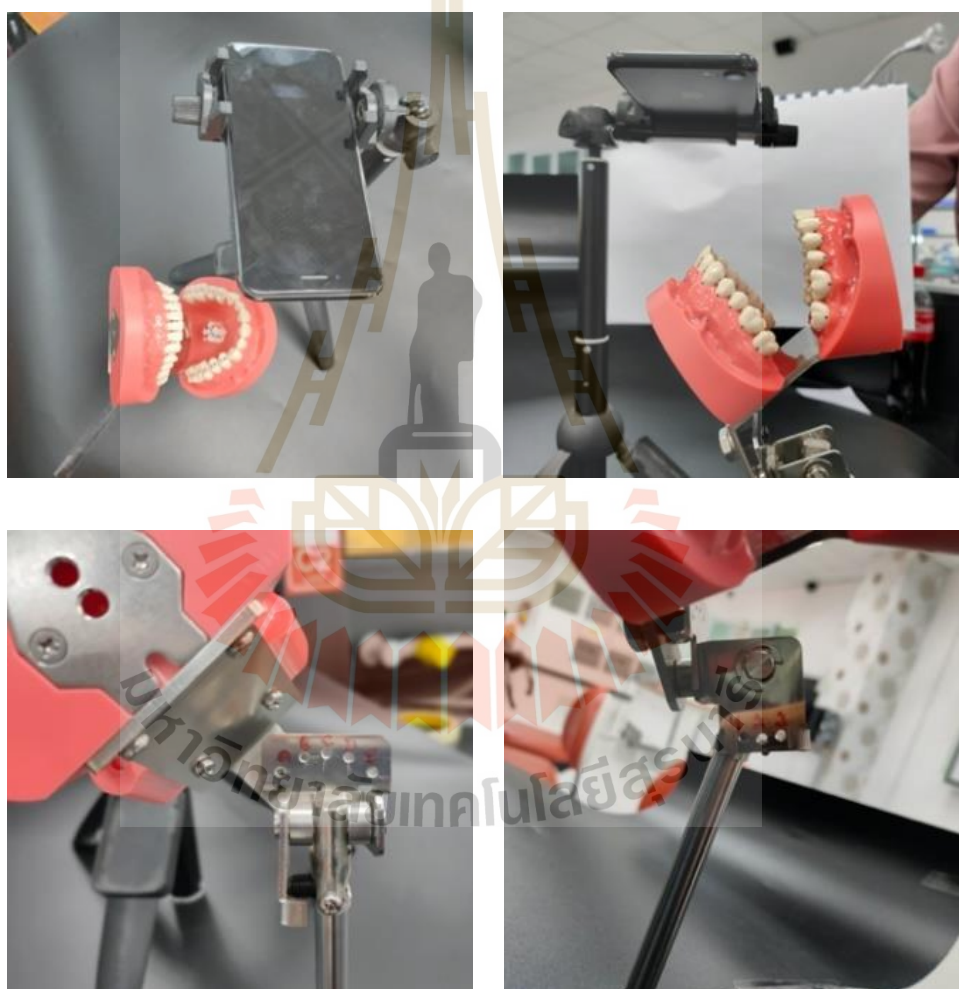
ตารางที่ 3.1 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือ	สถานที่
1. หน่วยประมวลผล: Intel® Core i5 8 th Gen, RAM 8GB	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. ระบบปฏิบัติการ: Windows 10 (64 bits)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
3. อุปกรณ์เสริมอื่น ๆ เช่น แม่เหล็ก แป้นพิมพ์ อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล External HDD	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
4. Sim kit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
5. เซ็นเซอร์จับภาพ Iphone 7	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โปรแกรม	สถานที่
6. โปรแกรม MATLAB รุ่น 2018	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
7. โปรแกรม Microsoft Excel	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
8. โปรแกรม R-Studio	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

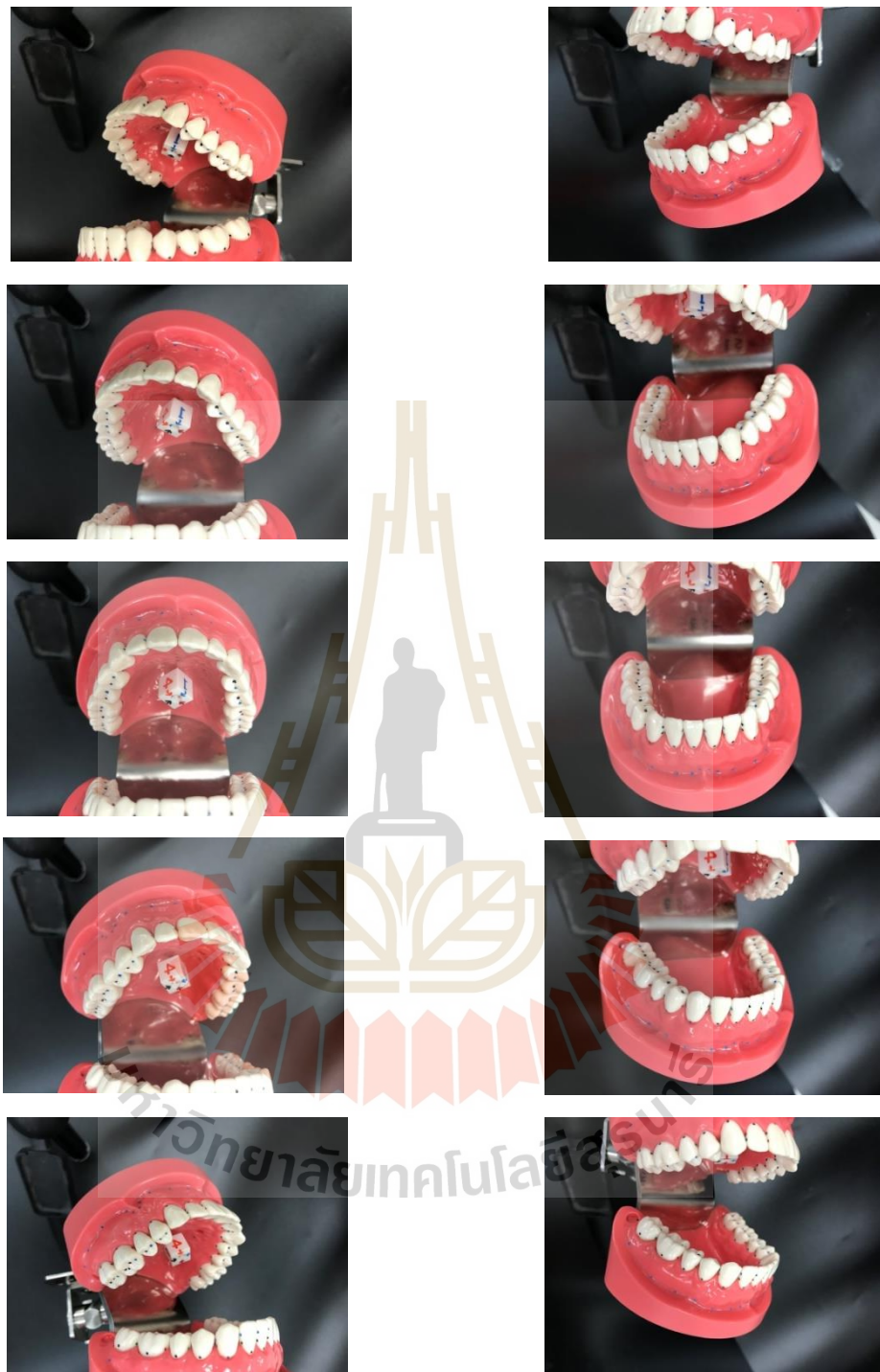
3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ภาพถ่ายและการเก็บข้อมูลภาพถ่าย

งานวิจัยนี้ใช้ภาพที่ถ่ายจากแบบจำลองชุดฟันถาวรจำนวน 30 ภาพ โดยแบ่งแบบจำลองออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดฟันบนและชุดฟันล่าง ในแต่ละส่วนจะถูกถ่ายภาพด้วยมุมมองที่แตกต่างกัน 15 มุมมอง แบ่งออกเป็น 3 มุมระดับ x 5 มุมระนาบ ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาพถ่ายแสดงในรูปที่ 3.1 และตัวอย่างภาพถ่ายแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาพถ่าย



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างภาพถ่ายจากแบบจำลองชุดฟันถาวรในมุมต่าง



(ก)



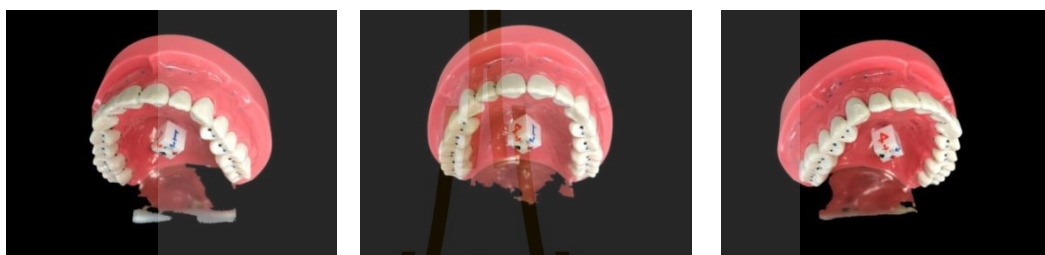
(ข)

รูปที่ 3.3 มุมมองที่ใช้ในการถ่ายภาพ (ก) มุมระดับ, และ (ข) มุมระนาบ

3.2.2 กระบวนการจัดเตรียมภาพ

ภาพถ่ายที่ได้จากการเก็บข้อมูล จะถูกจัดเตรียมด้วยวิธีการแบ่งส่วนภาพย่อยให้เหลือเพียงส่วนของภาพชุดฟันเท่านั้น โดยส่วนอื่น ๆ ในภาพจะถูกตัดออกไป ขั้นตอนกระบวนการจัดเตรียมภาพมีดังนี้

1) แบ่งภาพสีออกเป็น 2 ส่วน โดยตัดพื้นหลังสีดำออก ด้วยวิธีการอ้างอิงจากองค์ประกอบสีแดงภายในภาพ



รูปที่ 3.4 ภาพต้นฉบับที่ตัดพื้นหลังสีดำออก

2) ตัดภาพย่อยส่วนเหงือกซึ่งมีสีแดงออกจากภาพแบบจำลองชุดฟัน ด้วยวิธีการอ้างอิงจากองค์ประกอบสีเขียวภายในภาพ

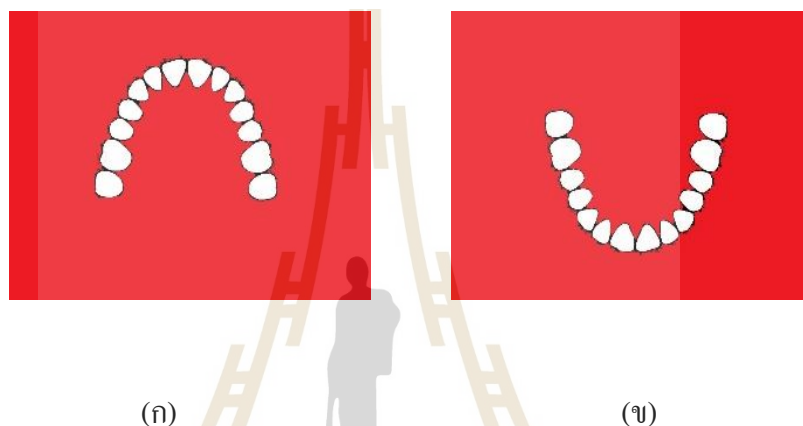


รูปที่ 3.5 ภาพที่ผ่านการตัดส่วนเหงือก

ขั้นตอนที่ 1) และ 2) ไม่สามารถทำพร้อมกันได้ เนื่องจากจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการแบ่งส่วนภาพย่อยของภาพแบบจำลอง

3.2.3 กระบวนการจัดเรียงภาพย่อยและการจำแนกชนิดของฟัน

ในกระบวนการนี้ภาพที่มีการแบ่งส่วนภาพย่อยอย่างถูกต้องเท่านั้น กล่าวคือแบ่งส่วนภาพได้เฉพาะชุดฟันบนหรือล่างส่วนใดส่วนหนึ่งเท่านั้นที่ถูกจะนำมาใช้ในกระบวนการจัดเรียงภาพ สำหรับภาพอ้างอิงได้มีการจำแนกชนิดของฟันในชุดฟันไว้อย่างสมบูรณ์แสดงได้ดังรูปที่ 3.6 โดยภาพอ้างอิงจะถูกใช้ในกระบวนการแปลงภาพทางเรขาคณิตแบบสัมพันธ์ ซึ่งยึดการเลื่อนขนาน การหมุน การย่อ-ขยาย และการบิดของภาพไว้อย่างคงที่



รูปที่ 3.6 ภาพอ้างอิงของชุดฟัน (ก) ชุดฟันบน, และ (ข) ชุดฟันล่าง

3.2.4 วัสดุ อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัย

เซ็นเซอร์จับภาพ: Iphone 7

การแบ่งส่วนภาพย่อยและการจัดเรียงภาพย่อย: MATLAB R2020b, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United States.

การจัดเตรียมภาพอ้างอิง: PhotoStudio 6, ArcSoft, Inc., Fremont, California, United States.

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

บทนี้จะนำเสนอผลการทดลองและการอภิปรายผลการแบ่งส่วนภาพย่อย การจัดเรียงภาพย่อยทั้งภาพส่วนบนและส่วนล่างของฟัน แสดงข้อมูลจำนวนฟันที่ถูกจำแนกได้อย่างถูกต้อง และข้อมูลเชิงสถิติ

4.1 การแบ่งส่วนภาพย่อย

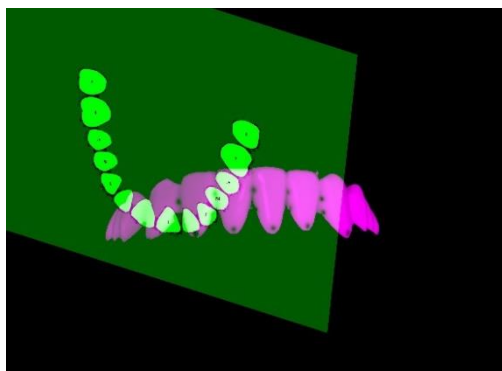
จากการแบ่งส่วนภาพย่อย พบว่ามีจำนวนภาพ 26 ภาพ จากภาพทั้งหมด 30 ภาพที่มีการแบ่งส่วนภาพย่อยได้อย่างถูกต้อง โดยภาพที่ถูกต้องนั้นจะแสดงเพียงชุดฟันล่างหรือชุดฟันบนส่วนใดส่วนหนึ่งเท่านั้น ภาพที่มีการแบ่งส่วนภาพย่อยอย่างไม่ถูกต้องจะแสดงทั้งสองส่วน หรือไม่แสดงส่วนใดส่วนหนึ่ง โดยภาพที่มีการแบ่งส่วนภาพย่อยไม่ถูกต้อง แสดงได้ดังรูปที่ 4.1



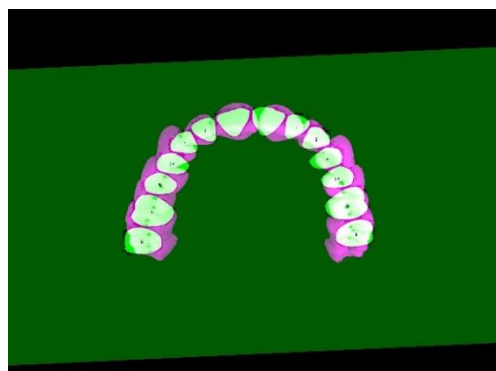
รูปที่ 4.1 ภาพที่มีการแบ่งส่วนภาพย่อยที่ไม่ถูกต้อง

4.2 การจัดเรียงภาพย่อย

กระบวนการจัดเรียงภาพย่อย ทั้งภาพของแบบจำลองส่วนบนหรือส่วนล่างของฟัน และภาพอ้างอิงจะประกอบด้วยฟันจำนวน 14 ซี่ ในตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนฟันที่ถูกจำแนกทั้ง 14 ซี่ได้อย่างถูกต้องของแต่ละภาพ โดยภาพที่มีการแบ่งส่วนภาพย่อยอย่างไม่ถูกต้องจะไม่ถูกนำมาจัดเรียง และจำนวนฟันที่ถูกจำแนกจะแสดงด้วยเครื่องหมาย X



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.2 ผลลัพธ์การจัดเรียงภาพย่อย (ก) ภาพผลลัพธ์ที่ผิดปกติ (ข) ภาพผลลัพธ์ที่ดี

ตารางที่ 4.1 จำนวนพื้นที่ถูกจำแนกได้อย่างถูกต้องในแต่ละภาพ (ซี่)

มุมระดับ	มุมระนาบ				
	A	B	C	D	E
ชุดฟันล่าง 1	X	X	0	X	X
ชุดฟันล่าง 2	1	2	8	3	2
ชุดฟันล่าง 3	2	6	7	3	4
ชุดฟันบน 1	1	6	8	8	7
ชุดฟันบน 2	2	5	7	2	0
ชุดฟันบน 3	4	1	3	3	0

4.3 ข้อมูลเชิงสถิติ

จำนวนภาพถ่ายที่นำมาจัดเรียง จำนวน 26 ภาพ

จำนวนพื้นที่จำแนกได้ถูกต้องมากที่สุดจากภาพถ่าย จำนวน 8 ซี่

จำนวนพื้นที่จำแนกได้ถูกต้องน้อยที่สุดจากภาพถ่าย จำนวน 0 ซี่

จำนวนพื้นที่ทั้งหมดที่ถูกจำแนกจากภาพถ่ายในแต่ละภาพ จำนวน 14 ซี่

ฟันตัด: 4 ซี่, ฟันเขี้ยว: 2 ซี่, ฟันกรามน้อย: 4 ซี่ และ ฟันกรามใหญ่: 4 ซี่

จำนวนพื้นที่ทั้งหมดที่ถูกจำแนกจากภาพถ่ายทั้งหมด จำนวน $26 \times 14 = 364$ ซี่

พินดัด: 104 ซี่, พินเขียว: 52 ซี่, พินกรามน้อย: 104 ซี่ และ พินกรามใหญ่: 104 ซี่

จำนวนพื้นที่จำแนกได้ถูกต้อง จำนวน 95 ซี่

พินดัด: 46 ซี่, พินเขียว: 8 ซี่, พินกรามน้อย: 24 ซี่ และ พินกรามใหญ่: 17 ซี่

ความแม่นยำของวิธีการจำแนกที่เลือกใช้ แบ่งตามชนิดของพิน

พินดัด: ร้อยละ 44.23, พินเขียว: ร้อยละ 15.38, พินกรามน้อย: ร้อยละ 23.08 และ

พินกรามใหญ่: ร้อยละ 16.35

4.4 วิจัยผลการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้ภาพถ่ายของแบบจำลองพินถาวรจำนวน 30 ภาพในมุมมองที่ต่างกัน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ชุดพินล่าง และชุดพินบน โดยในแต่ละส่วนจะมีจำนวนภาพถ่าย 15 ภาพในมุมมองที่แตกต่างกัน ภาพถ่ายจะถูกนำมาแบ่งส่วนภาพย่อย จนเหลือเพียงเฉพาะภาพส่วนของชุดพินเท่านั้น จากนั้นจึงนำภาพดังกล่าวไปเข้าสู่ขั้นตอนการจัดเรียงภาพย่อย

กระบวนการแบ่งส่วนภาพย่อย อาศัยความแตกต่างของสีระหว่างส่วนประกอบภายในโครงสร้าง หรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางรูปลักษณะ โดยกระบวนการนี้สามารถแบ่งส่วนภาพย่อยได้สำเร็จ 26 ภาพ จากทั้งหมด 30 ภาพ ดังนั้นกระบวนการแบ่งส่วนภาพย่อยโดยอาศัยความแตกต่างของสี สามารถใช้ในการแบ่งส่วนของภาพเฉพาะส่วนของชุดพินได้ หรือเรียกว่าสามารถใช้ในกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางรูปลักษณะได้ สำหรับภาพที่มีการแบ่งส่วนย่อยที่ผิดพลาดเกิดขึ้นจากการทำมุมระหว่างชุดพินทั้งสองที่ซ้อนทับกันอย่างไม่เหมาะสม อันเนื่องมาจากชุดพินทั้งสองมีสีคล้ายคลึงกันมาก

กระบวนการจัดเรียงภาพย่อย จะมีผลลัพธ์การทำงานที่แตกต่างกันในมุมมองที่ต่างกัน โดยมุมมองที่สามารถเห็นได้ชัดเจนที่สุดคือมุมมองสูงสุดและจุดศูนย์กลางของภาพที่อยู่ในแนวตรงกับเซ็นเซอร์บนโทรศัพท์มือถือ โดยกระบวนการนี้สามารถจำแนกชนิดของพินได้อย่างถูกต้องจากจำนวนพินระหว่าง 7 ถึง 8 ซี่ จากทั้งหมด 14 ซี่ อย่างไรก็ตามในภาพถ่ายที่มีมุมมองที่ไม่เหมาะสม กล่าวคือแนวระนาบของพินตรงกับแนวเซ็นเซอร์ของภาพ กระบวนการจัดเรียงภาพย่อย จะไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้นจึงทำให้ไม่สามารถจำแนกพินได้อย่างถูกต้อง

ชนิดของพินที่จำแนกได้อย่างถูกต้องตามวิธีการที่เลือกใช้ในขั้นต้น สามารถจัดเรียงตามลำดับความแม่นยำในการจำแนกได้มากที่สุดถึงน้อยที่สุดคือ พินดัด พินกรามน้อย พินกรามใหญ่ และพินเขียวตามลำดับ ซึ่งในอนาคต หากพัฒนาให้สามารถจำแนกชนิดของพินทั้งหมดให้มีความแม่นยำถูกต้อง และนำไปต่อยอดเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์รอยโรคในพินก็จะมีความ

ประโยชน์ต่อแพทย์อาสาในชนบท ซึ่งมีเครื่องมือที่อำนวยความสะดวกในการรักษาค่อนข้างจำกัด จะช่วยให้งานทางด้านทันตกรรมมีความสะดวกรวดเร็วในการดูแลผู้ป่วย สามารถย่นระยะเวลา หรือคัดกรองเพื่อแยกผู้ป่วยก่อนเข้ารับการรักษา และสามารถติดตามผลการรักษาของผู้ป่วยได้อีก ด้วย



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาวิธีที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกชนิดของฟันจากภาพถ่ายของแบบจำลองฟันแท้ โดยเป้าหมายสำคัญในงานวิจัยนี้คือการใช้ข้อมูลการเก็บภาพถ่ายอย่างง่าย ร่วมกับกระบวนการวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีความซับซ้อน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในปัญหาที่คล้ายคลึงกันนี้บ่งชี้ว่า กระบวนการจัดเรียงภาพย่อยสามารถทำงานได้ดีกว่าการแบ่งส่วนภาพย่อยด้วยตนเอง โดยในการวิจัยนี้ได้ทดสอบการจำแนกฟันทั้งหมด 14 ซี่ใน 1 ชุดฟัน พบว่าสามารถจำแนกชนิดของฟันได้อย่างถูกต้องมากถึง 8 ซี่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการนี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในบางสภาวะ ผลการวิจัยนี้แสดงอย่างชัดเจนว่ามุมมองของภาพถ่ายมีผลต่อความแม่นยำในการจำแนกโดยใช้กระบวนการจัดเรียงภาพย่อย

5.2 ข้อเสนอแนะ

การจัดเก็บภาพแบบจำลองชุดฟันถาวรในงานวิจัยนี้ ทำการจัดเก็บภาพทั้งหมด 30 ภาพ โดยแบ่งแบบจำลองเป็นภาพชุดฟันบนและชุดฟันล่าง และถูกถ่ายภาพด้วยมุมมองที่แตกต่างกัน 15 มุมมอง แบ่งออกเป็น มุมระดับ 3 มุม มุมระนาบ 5 มุม พบว่าจำนวนการเก็บภาพถ่าย 30 ภาพนั้น เมื่อนำมาเข้ากระบวนการจัดเรียงภาพย่อย มีความแม่นยำในการจำแนกชนิดของฟันได้ในระดับหนึ่ง หากมีการเก็บจำนวนภาพมากขึ้น มีการแบ่งมุมในการเก็บภาพมากขึ้น และเลือกมุมมองที่มีความแม่นยำที่สามารถมองเห็นรูปร่างของฟันได้อย่างชัดเจนในการเก็บภาพถ่าย ก็จะมีผลต่อความแม่นยำในการจำแนกชนิดของฟันได้เพิ่มมากยิ่งขึ้น

ในการทำงานด้านการกันภาพเหลือม ไม่สามารถหาข้อมูลพื้นฐานที่เป็นแนวฟันด้านหน้ามาใช้ได้ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลภาพฟันในส่วนบนเดี่ยวนำมาใช้ในการทำการกันภาพเหลือมทำให้เกิดความผิดพลาดในการเทียบสูง จำเป็นต้องทำข้อมูลภาพแนวฟันด้านหน้า ทั้งฟันบนและฟันล่างใหม่เพื่อใช้ในการทำงานด้านนี้โดยเฉพาะ

เนื่องจากกระบวนการจัดเรียงภาพย่อย ประกอบด้วยกระบวนการแปลงทางเรขาคณิตของภาพอ้างอิงและการประมาณหาค่าเหมาะสมที่สุดที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นการเลือกใช้กระบวนการแปลงทางเรขาคณิตจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรถูกพิจารณาในการวิจัยต่อไป กระบวนการแปลงทางเรขาคณิตที่ถูกเลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นกระบวนการแปลงสัมพรรค ซึ่งมีตัวแปรไม่มากเกินไป นอกจากนี้ภาพที่ใช้ในอ้างอิงควรถูกจัดทำใหม่เพื่อให้เหมาะสมยิ่งขึ้นกับภาพถ่ายของแบบจำลองฟันในสามมิติ



รายการอ้างอิง

- ศักดิ์นิ รัตนา และ เจษฎา ตันทนุช (2562). การกำหนดบริเวณพื้นจากภาพถ่ายช่องปากโดยการประมวลผลภาพดิจิทัล วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปีที่ 28 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2562 หน้า 84-93
- Amer, Y. Y. and Aqel M. J. (2015). An Efficient Segmentation Algorithm for Panoramic Dental Images. **Procedia Computer Science**. Vol 65. PP 718-725
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2001). **Image Processing**. (2nd Ed.) Prentice Hall. USA.
- Hasan, M., Saha, G., Hoque, A., and Majumder B. (2014). Smart Traffic Control System with Application of Image Processing Techniques, **3rd International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)**. IEEE. Dhaka, Bangladesh. DOI: 10.1109/ICIEV.2014.6850751
- Kang, X, Xu, J., Zou, D., Wang, X., Wan, L., Hu, G., Zhen, T., Zhou, L., Lei, H., Lei, Z. and Leng, Y. (2017). Dental Bio-Metrics Information used for Binary Image Processing, Segmentation and Matching. **Journal of Clinical and Medical Case Studies**. Vol 2, Issue 2
- Kim, D. J., Shin, J. H. and Hong, K. S. (2019). Teeth recognition based on multiple attempts in mobile device. **Journal of Network and Computer Applications**. Vol 33. PP 283-292. doi:10.1016/j.jnca.2009.12.016
- Lins, R. A. S., Santos, K. E. A. D., Neto, A. D., Noro, L., Roncalli A. G., Medeiros, M. C. S., Souza P. H. S. and Silva S. M. (2017). Use of Support Vector Machine For Teeth Recognition From Occlusal Intraoral Digital Photographic Images. **XIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**. 1-4 October 2017. PP 1747-1752
- Tanathanuch, J., Kaptsov, E. and Meleshko, S. (2019). Equation of Rayleigh noise reduction model for medical ultrasound imaging: Symmetry classification and conservation laws in cylindrical coordinates. **AIP Conference Proceedings** Vol. 2153, Issue 1, 020022 (2019):<https://doi.org/10.1063/1.5125087>

Scheid, R. C., Woelfel, J. B., & Woelfel, J. B. (2011). **Woelfel's dental anatomy: Its relevance to dentistry**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

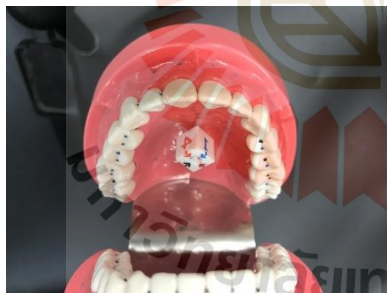
Zheng, X., Zhang, Y. and Ding, H. (2010). The Teeth Image Recognition Using HDM and the Turn Point. **2010 International Conference on Optoelectronics and Image Processing**. IEEE Computer Society. PP 645-648. DOI 10.1109/ICOIP.2010.353

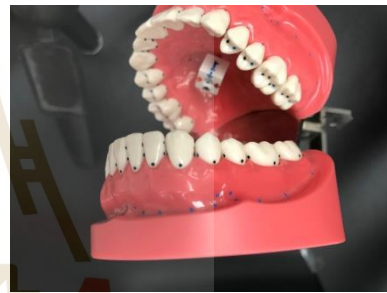




ภาคผนวก ก

ภาพแบบจำลองชุดฟันในมุมต่างๆ



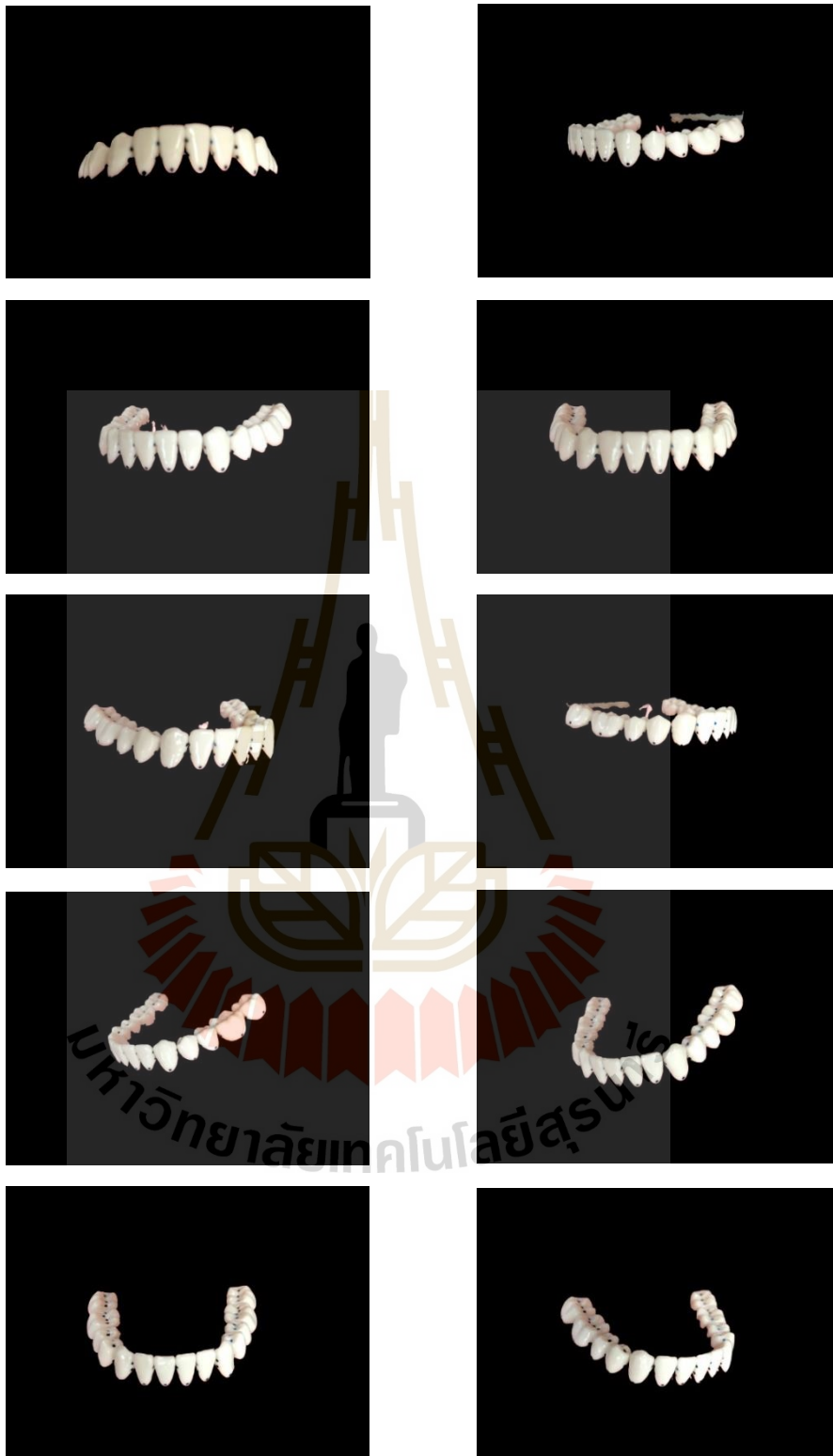


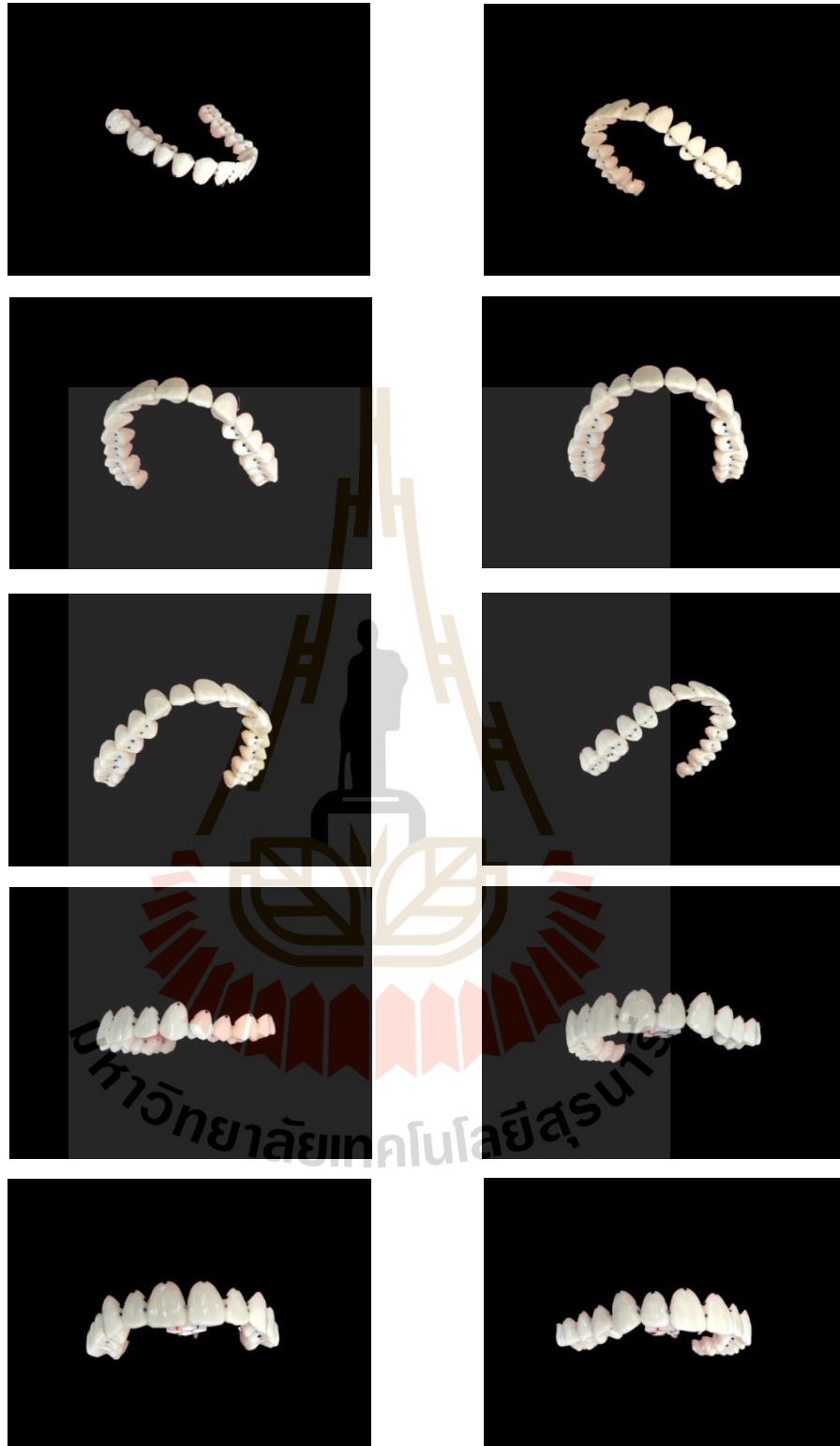




ภาคผนวก ข

ภาพที่ผ่านกระบวนการการตัดภาพย่อส่วนเหลือ





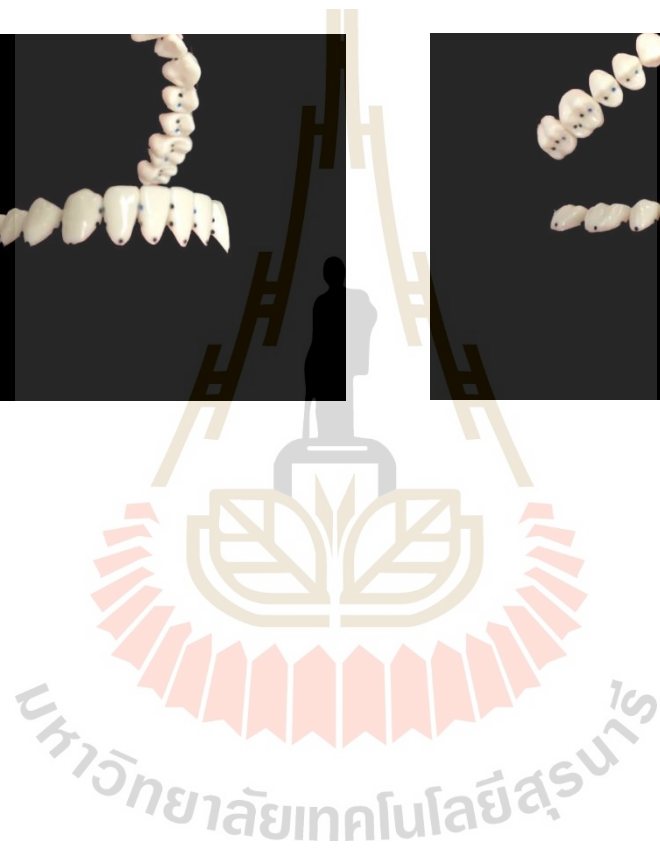
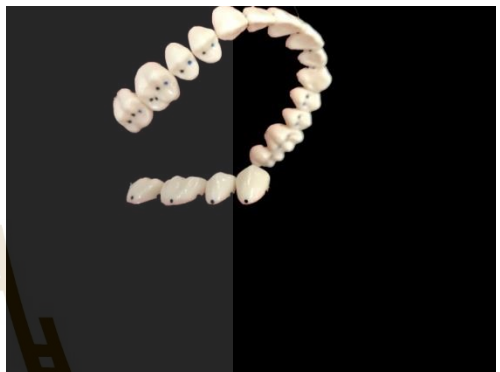




ภาคผนวก ค

ภาพที่มีการแบ่งส่วนภาพย่อยที่ไม่ถูกต้อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



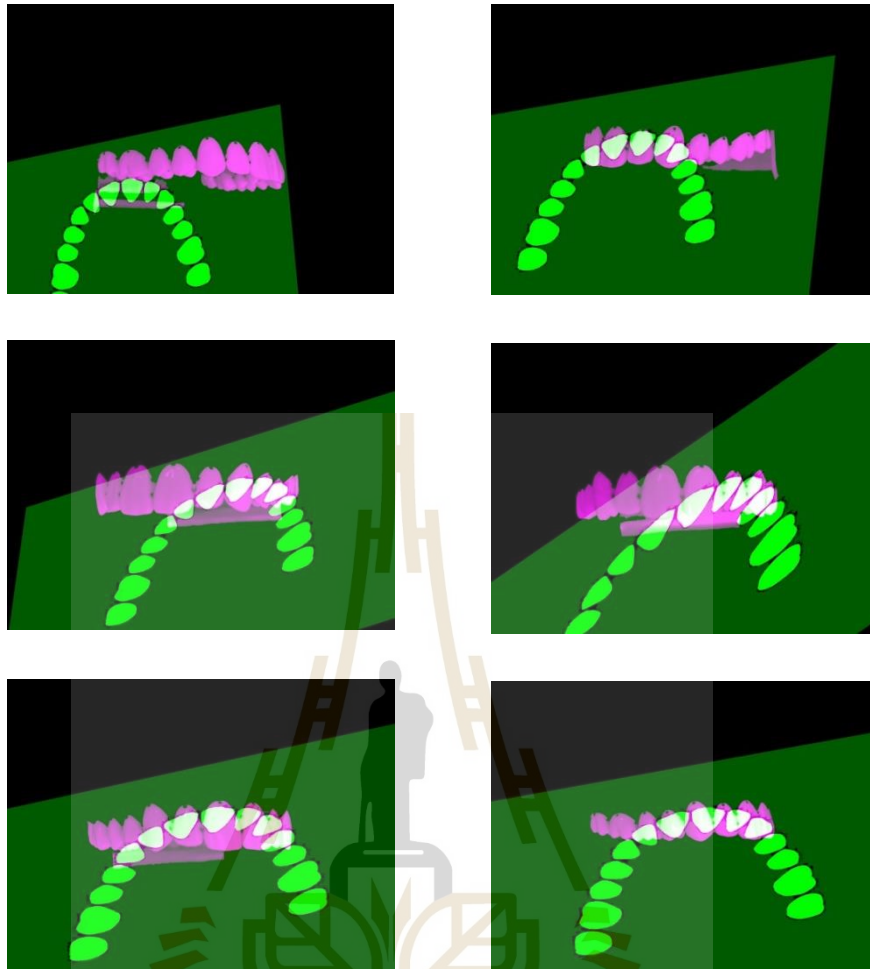


ภาคผนวก ง

การจัดเรียงภาพย่อ









ภาคผนวก จ

ขั้นตอนการจัดเรียงภาพย่อยด้วยโปรแกรม MATLAB

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
%Registering the teeth images

%Reference image read-in
J=imread('C:\Users\CCS\Downloads\fixed18.jpg');
J=rgb2gray(J);

%Teeth images folder read-in to data store
location = 'C:\Users\CCS\Desktop\TMNG\v_seg\L*.JPG';
imds = imageDatastore(location);
imgs = readall(imds);
L=length(imgs);
FileNames = vertcat(imds.Files);

%Work with images in data store
for k = 1:L
    I=imgs{k}; %I=image
    I=rgb2gray(I); %turn colored image into grayscale
    S=size(I);
    J=imresize(J,S); %resize to initialize registration by intensities
    [optimizer,metric] = imregconfig('multimodal'); %set mode of registration and optimizer
    InJ = imregister(J,I,'affine',optimizer,metric); %set transformation to be affine
    lap=imfuse(InJ,I); %overlay the result with original image

    %save the overlaid image into separated folder with filename
    [folder, baseFileNameNoExt, ext] = fileparts(FileNames(k));
    baseFileNameWithExt = [ baseFileNameNoExt, ext];
    baseFileName = sprintf('%s', baseFileNameWithExt);
    fullFileName = fullfile('C:\Users\CCS\Desktop\RG', baseFileName);
    imwrite(lap,fullFileName);
end
```

```
%preprocessing the photographs of permanent teeth model
I=imread("C:\Users\CCS\Desktop\Project_Teeth\teethmodel\L3C.JPG"); %read-in original image

%cutting background
Ired=I(:,:,1); %call red color component of the image
Inbg=(Ired>=128); %cut background, keep pixels where red >= 128
Inbg=bwareafilt(Inbg,1); %keep the largest object - the wanted dental arch
Inbg=imfill(Inbg,'holes'); %fill the holes in the object
Imasked=bsxfun(@times,I,cast(Inbg,'like',I)); %cast the mask onto the original image

%cutting the gum
M=Imasked; %get the image without background
Mgreen=M(:,:,2); %call the green color component of the image
Mng=(Mgreen>128); %cut gum, keep pixels where green >128
Mng=bwareafilt(Mng,1); %keep the largest object - the teeth
Mng=imfill(Mng,'holes'); %fill the holes
Mmasked=bsxfun(@times,M,cast(Mng,'like',M)); %cast the mask onto the image
```





ภาคผนวก จ

บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

- Tanthanuch, J., Yord-in, C., Wetayawanich, A, and Rattana, S. (2021) Method for Classification of Permanent Tooth Classes from Photographs. , **Proceeding of The 4th PIM International Conference (Online Conference) “Globalization Revisited: Building Organization Resilience with Digital Transformation”**, , March 3rd, 2021 Panyapiwat Institute of Management, Chaengwatthana Rd., Nonthaburi, Thailand, pp 523-535.



ประวัติผู้เขียน

นางสาวชนินารถ ยอดอินทร์ เกิดเมื่อวันที่ 25 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2538 ณ จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสุนารีวิทยา อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2557 และเข้ารับการศึกษาระดับอุดมศึกษา ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร จนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจาก คณะเทคนิคการสัตวแพทย์ สาขาเทคนิคการสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2561 หลังจากสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จึงตัดสินใจเข้าศึกษาในสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรม วิศวกรรมการแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2561 เพื่อพัฒนาความรู้ให้มากยิ่งขึ้นไป และจากที่ได้รับการศึกษาทำให้ผู้วิจัยได้ความรู้มากมาย สามารถพัฒนาความรู้ความสามารถจนเข้าใจในศาสตร์อีกด้านได้มากยิ่งขึ้น

