การรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม

นางสาวนคินทร พัฒนชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

RECOGNITION OF TEETH IN DENTAL X-RAY RADIOGRAPHS

Miss Nakintorn Pattanachai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Computer Science

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม
โดย	นางสาวนคินทร พัฒนชัย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นงลักษณ์ โควาวิสารัช
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.จันทร์จิรา สินทนะโยธิน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

………………………………………….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…………………………………………… ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ)

………………………………………….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นงลักษณ์ โควาวิสารัช)

…………………………………………… อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร.จันทร์จิรา สินทนะโยธิน)

…………………………………………… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ทิพากร)

นคินทร พัฒนชัย : การรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม.(RECOGNITION OF TEETH IN DENTAL X-RAY RADIOGRAPHS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.นงลักษณ์ โควาวิสารัช, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร.จันทร์จิรา สินทนะโยธิน, 73 หน้า.

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการรู้จำฟันสำหรับภาพรังสีเอ็กซ์โดยใช้ Hu โมเมนต์ยืนยง (Hu's moment invariants) แทนลักษณะของฟันในการเปรียบคู่ภาพทดสอบกับชุดข้อมูลภาพฟันอ้างอิง

วิธีการรู้จำฟันในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การปรับปรุงภาพ การแบ่งส่วนภาพ และการสกัดและเปรียบคู่ลักษณะของฟัน การปรับปรุงภาพทำโดยปรับปรุงการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของฮีสโตแกรม และกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองมัธยฐาน แล้วจึงนำภาพมาแบ่งส่วนภาพด้วยค่าขีดแบ่งแบบอัตโนมัติด้วยวิธีของ Otsu แล้วนำผลลัพธ์มาสกัดลักษณะฟันด้วย Hu โมเมนต์ยืนยง จากนั้นนำไปเปรียบเทียบคู่ฟันโดยใช้ระยะทางแบบยูคลิด (Euclidian distance) การเปรียบเทียบคู่ที่ดีที่สุดคือคู่ที่มีผลต่างระยะทางแบบยูคลิดน้อยที่สุด

งานวิจัยนี้ทดสอบกับฟันกรามน้อยและฟันกรามใหญ่ในภาพรังสีเอ็กซ์ของฟันชนิดภาพรังสีปริทัศน์จากผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟันซึ่งถ่ายภาพรังสีเอ็กซ์ของฟันในเวลาต่างกัน จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของวิธีการรู้จำฟันที่นำเสนอนี้ให้ผลการรู้จำภาพฟันที่ถูกคนและถูกตำแหน่งถูกต้องเฉลี่ยเพียง 26.67% และถูกตำแหน่งฟันเพียงอย่างเดียวถูกต้องเฉลี่ย 53.33% สำหรับการทดลองกับชุดภาพที่แบ่งส่วนภาพด้วยมือพบว่าถูกคนและถูกตำแหน่งถูกต้องเฉลี่ย 55.55% และ ถูกตำแหน่งฟันเพียงอย่างเดียวเฉลี่ย 91.11% ดังนั้น จากงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าความถูกต้องจากการแบ่งส่วนภาพมีผลต่อความถูกต้องในการรู้จำฟันสูง และการใช้ลักษณะฟันแบบ Hu โมเมนต์ยืนยงและการเปรียบคู่ด้วยระยะทางแบบยูคลิดให้ผลไม่ดีสำหรับการรู้จำฟันที่ถูกคนและถูกตำแหน่ง

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต ____________

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ____________

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ____________

5170341021 : MAJOR COMPUTER SCIENCE
KEYWORDS: DENTAL X-RAY RADIOGRAPS/ FEATURE EXTRACTION/ PATTERN RECOGNITION

NAKINTORN PATTANACHAI: RECOGNITION OF TEETH IN DENTAL X-RAY RADIOGRAPHS. ADVISOR: ASSOC. PROF. NONGLUK COVAVISARUCH, CO-ADVISOR: CHANJIRA SINTHANAYOTHIN, PH.D., 73 pp.

This research proposes a method to recognize a tooth in dental X-ray images using tooth Hu's moment invariants feature.

The proposed tooth recognition method consists of three steps that are image enhancement, image segmentation and feature matching. Histogram equalization and noise reduction with median filter are used to enhance the input image. The teeth are automatic segmented by with Otsu's thresholding method. The last step is to calculate Hu's moment invariants that are used as the tooth's feature and match with those of the reference teeth using Euclidian distance. The least distance implies the best matched result.

Experiments are done with molars and premolars in the panoramic films of orthodontic patients taken at different time. From the experiments, the efficiency of the proposed method for recognizing the correct patient and the correct tooth was 26.67 % and recognizing the correct tooth only was 53.33%. For the manual segment image set, the results were 55.55% and 91.11% respectively. Hence, it can be seen that the accuracy of segmentation step has high impact to the recognition rates and that Hu's moment invariants and Euclidean distance cannot give good recognition rate for recognizing the correct patient and the correct tooth.

Department Computer Engineering Student's Signature ....
Field of Study Computer Science Advisor's Signature ....
Academic Year 2011 Co-advisor's Signature ....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีเพราะความช่วยเหลือและสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.นงลักษณ์ โควาวิสารัช ซึ่งได้สละเวลาให้คำแนะนำปรึกษาเสนอแนะแนวทางการวิจัย และได้ให้ความช่วยเหลือดูแลในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.จันทร์จิรา สินทนะโยธิน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำปรึกษา เสนอแนะแนวทางการวิจัยเป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. บัณฑิต ทิพากร ที่ให้ความกรุณาเสนอคำแนะนำ ข้อคิดเห็นและแนะแนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้ ตลอดจนถึงตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ศศิน เทียนดี ที่ช่วยให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางการวิจัย และช่วยแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ สมาชิกภายในห้องปฏิบัติการวิจัย CGCI ที่น่ารักทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และดูแลเอาใจใส่ตลอดการวิจัยและการศึกษา

ขอขอบคุณคลินิคทันตกรรมฟันดี สำหรับภาพที่ใช้ทดสอบในวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือและให้กำลังใจทุกท่านที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

และท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่อุปการะเลี้ยงดู เป็นกำลังใจ สนับสนุนในด้านการศึกษาและในด้านต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย………………………………………………………………………… ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.. จ
กิตติกรรมประกาศ.. ฉ
สารบัญ... ช
สารบัญตาราง……………………………………………………………………………… ญ
สารบัญรูป………………………………………………………..………………….. ฎ

บทที่

1 บทนำ…………………………………………………………………………........ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา... 1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……………………………………………………………... 1
1.3 วัตถุประสงค์... 7
1.4 ขอบเขตการวิจัย.. 7
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.. 8
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ... 8
1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.. 8
2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.. 9
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฟันมนุษย์.. 9
2.1.1 ฟัน.. 9
2.1.2 ประเภทของฟัน... 10
2.1.3 ส่วนประกอบของฟัน.. 10
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับภาพรังสีเอ็กซ์... 11
2.2.1 ค้นพบรังสีเอ็กซ์.. 11
2.2.2 ภาพรังสีปริทัศน์... 12
2.3 การรู้จำแบบรูป.. 12

บทที่	หน้า
2.4 การประมวลผลภาพดิจิทัล	13
2.4.1 การปรับปรุงภาพ	14
2.4.2 การแบ่งส่วนภาพ	16
2.4.3 การสกัดลักษณะของภาพ	19
2.4.4 การเปรียบคู่ลักษณะภาพโดยใช้โมเมนต์ยืนยง	19
2.4.5 ฟังก์ชันระยะทางยูคลิด	23
3 การรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม	24
3.1 หลักการและแนวคิดของงานวิจัย	24
3.2 ขั้นตอนการเก็บภาพ	25
3.3 ขั้นตอนการตัดแยกฟันออกเป็นซี่	26
3.4 ขั้นตอนการปรับปรุงภาพ	28
3.4.1 ตัวกรองมัธยฐาน	28
3.4.2 Histogram equalization	28
3.5 การแบ่งส่วนภาพ	29
3.5.1 การแบ่งส่วนภาพ	29
3.5.2 ตัวดำเนินการทางตรรกศาสตร์ และ	29
3.6 การสกัดลักษณะแบบรูปฟันและการเปรียบคู่	29
4 การทดลองและผลการทดลอง	32
4.1 ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลอง	32
4.2 การทดลองและผลการทดลองการการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม	38
4.2.1 การทดสอบเปรียบคู่กับภาพเดียวกัน	38
4.2.1.1 วิธีการทดลอง	38
4.2.1.2 ผลการทดลอง	38
4.2.1.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง	39
4.2.2 ทดลองกับภาพที่แบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติ	39
4.2.2.1 วิธีการทดลอง	39
4.2.2.2 ผลการทดลอง	39
4.2.2.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง	40

บทที่ หน้า

4.2.3 การทดลองกับภาพที่แบ่งส่วนภาพด้วยมือ... 41

4.2.3.1 วิธีการทดลอง... 41

4.2.3.2 ผลการทดลอง... 42

4.2.3.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง.. 42

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.. 43

5.1 สรุปผลการวิจัย…………………………………………………………......…..... 43

5.2 ข้อเสนอแนะ……………………………………………………………...……... 46

รายการอ้างอิง……………………………………………………………………………… 48

ภาคผนวก……………………………………………………………………………….... 50

ภาคผนวก ก เครื่องสแกนฟิล์ม (EPSON Perfection V700 photo Scanner)........... 51

ภาคผนวก ข ตัวอย่างภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์………...……… 54

ภาคผนวก ค ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลอง.................……………………......…… 55

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.. 73

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ข้อมูลภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 1	33
4.2	ข้อมูลภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 2	34
4.3	ข้อมูลภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 3	35
4.4	ข้อมูลภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 4	36
4.5	ข้อมูลภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 5	37
4.6	ผลการเปรียบคู่ฟันเพื่อการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมที่ให้ผลการเปรียบคู่กับภาพเดียวกัน	38
4.7	ผลการเปรียบคู่ฟันเพื่อการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมที่ใช้วิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติให้ผลการเปรียบคู่ถูกคนถูกตำแหน่ง และถูกตำแหน่งฟัน	40
4.8	ผลการเปรียบคู่ฟันเพื่อการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมที่ใช้วิธีแบ่งส่วนภาพด้วยมือให้ผลการเปรียบคู่ถูกคนถูกตำแหน่ง และถูกตำแหน่งฟัน	42
ค-1	รังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 1 ถ่ายครั้งที่ 1	55
ค-2	รังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 1 ถ่ายครั้งที่ 2	57
ค-3	รังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 1 ถ่ายครั้งที่ 3	59
ค-4	รังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 2 ถ่ายครั้งที่ 1	61
ค-5	รังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 2 ถ่ายครั้งที่ 2	63
ค-6	รังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 3 ถ่ายครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	65
ค-7	รังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 4 ถ่ายครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	66
ค-8	รังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่ง	

ตารางที่		หน้า
	ส่วนด้วยมือของคนที่ 5 ถ่ายครั้งที่ 1…………………………………………..	67
ค-9	รังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 5 ถ่ายครั้งที่ 2…………………………………………..	69
ค-10	รังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 5 ถ่ายครั้งที่ 3…………………………………………..	71

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	สแกนของโมเดลฟัน แล้วขอบของฟันส่วนบนและส่วนล่างและนำไปเทียบกับรอยแผลจริงที่ถูกกัด...	2
1.2	คำนวณหาจุดศูนย์กลางของฟันและหาขอบของฟัน..............................	3
1.3	ทิศของ Gradient vector และคอนทัวร์ของฟัน..................................	3
1.4	ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิด (ก) Bitewing (ข) Upper Periapical (ค) Lower Periapical (ง) Panoramic..	4
1.5	การพิจารณาจากช่องโหว่ของฟันหรือรอยถอนฟัน................................	4
1.6	ภาพต้นฉบับ (ก) ภาพผลการแบ่งส่วนภาพ (ข)	5
1.7	การสกัด Potential (ก) เริ่มต้นกำหนดจุดให้วงรี (ข) ได้จุด 5 จุดจากการลากเส้น (ค)..	5
1.8	ผลลัพธ์ของการเปรียบคู่..	6
1.9	กระบวนการปรับปรุงภาพของฟีเจอร์ที่ใช้ (ก) คือภาพนำเข้า; (ข) และ (ค) ภาพเกาส์เซียนที่ใช้ เกาส์เซียนขนาด 7x7 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 4 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 8; (ง) ผลต่างเกาส์เซียนระหว่างภาพ (ค) และ (ข)); (จ) คือภาพลักษณ์ฐานสองของภาพ (ง) ที่ใช้ค่าขีดแบ่ง = 0; (ฉ) คือภาพ iris blob-map..	7
2.1	ไดอะแกรมของฟันมนุษย์..	9
2.2	ตำแหน่งฟันตาม FDI world dental federation notation ของฟันแท้............	10
2.3	ภาพมือและแหวนเป็นภาพรังสีเอ็กซ์ทางการแพทย์ภาพแรก........................	11
2.4	ภาพรังสีปริทัศน์..	12
2.5	ภาพ (ก) ฮิสโทแกรมต้นฉบับ และ (ข) กระจายอย่างสม่ำเสมอของฮิสโทแกรม..	16
2.6	ฮิสโทแกรมที่มีลักษณะเป็นทวิฐานนิยม...	17
2.7	การเปลี่ยนแปลงของวัตถุ (ก) รูปวัตถุเริ่มต้น (ข) วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงขนาด (ค) วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง (ง) วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงมุมหมุน..........	20
3.1	ขั้นตอนการทำงานของระบบ..	25
3.2	ภาพรังสีเอ็กซ์ฟันชนิดรังสีปริทัศน์..	26

รูปที่		หน้า
3.3	กรามบนและกรามล่างซึ่งเป็นจตุภาค ….……………………………………....	27
3.4	ตัวอย่างภาพจากการตัดแยกฟันออกเป็นซี่ด้วยมือและชื่อไฟล์ที่ใช้สื่อความหมาย..	27
3.5	(ก) คือภาพเริ่มต้นและ (ข) คือผลลัพธ์การผ่านตัวกรองมัธยฐาน.....................	27
3.6	ฮิสโทแกรมต้นฉบับบ และกระจายกันอย่างสม่ำเสมอฮิสโทแกรม……...............	28
3.7	ภาพลักษณ์ฐานสองทำ Bitwise AND กับภาพที่ทำการปรับปรุงฮิสโทแกรมโดย	28
	Histogram Equalization……………………………………………………..	29
4.1	ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 1...	32
4.2	ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 2...	33
4.3	ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 3...	35
4.4	ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 4...	36
4.5	ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 5...	37
4.6	ตัวอย่างของภาพผลการแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและภาพเดียวกันที่ใช้การแบ่งส่วนภาพด้วยมือ..	41
5.1	ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ก่อนทำทันตกรรมจัดฟันและภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์หลังทำทันตกรรมจัดฟัน..............	46
ก.1	เครื่องสแกนฟิล์มรังสีเอ็กซ์…………………………………………………….	53
ข-1	เครื่องถ่ายรังสีเอ็กซ์ชนิดรังสีปริทัศน์……………………………………………	54
ข-2	ภาพรังสีเอ็กซ์ชนิดรังสีปริทัศน์…………………..……………….……………	54

บทที่ 1

บทนำ

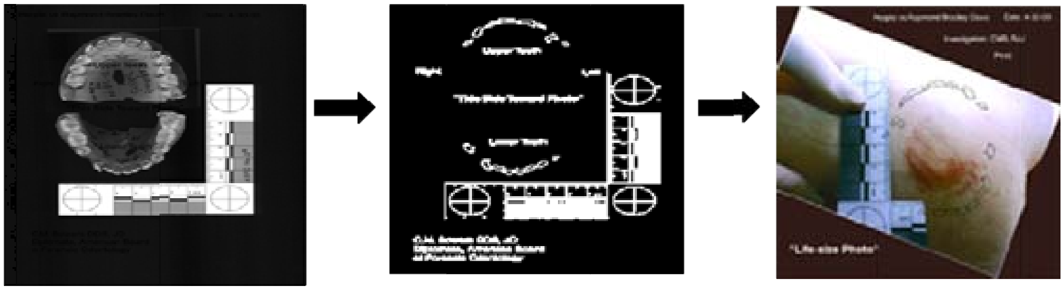
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การรู้จำภาพได้นำไปใช้ในการพัฒนางานด้านต่างๆ ได้แก่ การรู้ป้ายทะเบียนรถยนต์ เพื่อช่วยในงานด้านการจราจร การรู้จำแบบรูปของลายนิ้วมือ การรู้จำลักษณะเรขาคณิตของมือ การรู้จำแบบรูปของเรตินา การรู้จำแบบรูปของม่านตา การรู้จำรูปลักษณ์ใบหน้า ซึ่งเป็นการรู้จำลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ลักษณะทางพฤติกรรมของแต่ละบุคคล เช่น เสียง เอกลักษณ์ในการพิมพ์ การรู้จำท่าทางในการเดิน เป็นต้น การรู้จำภาพที่นำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมเช่นการตรวจสอบแผงวงจรในอุตสาหกรรมการผลิตแผงวงจรไฟฟ้า การตรวจสอบการบรรจุยา การตรวจสอบการบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพการผลิต เป็นต้น ในงานด้านชีววิทยา เช่น การรู้จำขาแมลงเพื่อจำแนกชนิดของแมลง การรู้จำปลาเพื่อจำแนกพันธุ์ปลา เพื่อประโยชน์ในการรู้จำชนิดของสิ่งมีชีวิตและรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม การรู้จำฟันเป็นการรู้จำภาพอีกแบบหนึ่งที่นำเอาภาพฟันมาใช้ในการรู้จำเพื่อการจำแนกซี่ฟันได้ เช่น การจำแนกฟันกรามน้อยฟันกรามใหญ่ฟันเขี้ยวและฟันตัด จากกรณีของการเกิดภัยธรรมชาติสึนามิก็สามารถนำข้อมูลทางทันตกรรมเข้ามาช่วยในการพิสูจน์บุคคลได้ เนื่องจากฟันเป็นอวัยวะที่แข็งและมีลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล ไม่สูญสลายไปเหมือนอวัยวะส่วนอื่นของร่างกาย ฟันเป็นอวัยวะที่อยู่ภายในช่องปากของคนมีส่วนรากติดอยู่กับขากรรไกรและมีตัวฟันโผล่พ้นเหงือกออกมา ฟันเป็นอวัยวะที่เจริญมาจากเนื้อเยื้อชั้นนอก (Ectoderm) โดยปกติคนเรามีฟันสองชุด ชุดแรกคือฟันน้ำนม (Deciduous teeth) ฟันชุดที่สองคือฟันแท้หรือฟันถาวร (Permanent teeth) จากลักษณะของฟันนี้จึงได้มีการนำเอาข้อมูลทางทันตกรรมคือภาพรังสีเอ็กซ์ของฟันมาใช้พัฒนาค้นคว้าหาวิธีที่เหมาะสมในการรู้จำภาพฟันเพื่อช่วยในการสืบค้นหาภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์จากฐานข้อมูลที่เก็บภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ไว้จำนวนมากได้

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำภาพฟันจากข้อมูลภาพถ่ายจากภาพสแกนจากพิมพ์ฟันและภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ (X-ray Radiographs) และขั้นตอนวิธีในการสกัดลักษณะเพื่อใช้ในการรู้จำสามารถแบ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องย่อยแยกได้ดังนี้

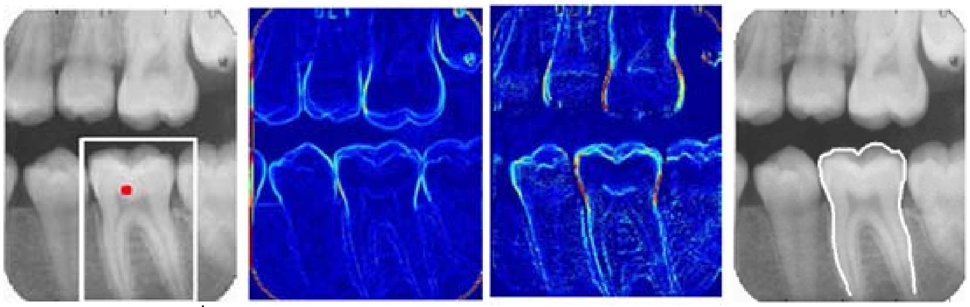
Digital Analysis of Bite Mark Evidence ของ C.M. Bowers และคณะ [1] เสนอวิธีการวิเคราะห์หาหลักฐานจากข้อมูลรอยกัดของฟันเพื่อใช้ในงานด้านนิติเวชศาสตร์ ผู้ที่ถูกกัดคือเหยื่อที่โดนทำร้ายร่างกายและผู้กัดคืออาชญากรที่ต้องการตามหา โดยถ่ายภาพรอยกัดจากบริเวณที่โดนกัดของเหยื่อ และใช้การพิมพ์ปากปูนปาสเตอร์ของผู้ต้องสงสัยมาสแกนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นภาพดิจิทัลที่มีทั้งฟันบนและฟันล่างโดยวางขากรรไกรบนและขากรรไกรล่างให้ถูกต้อง แล้วนำมาหาขอบของฟันกัดที่เป็นไปได้ นำภาพรอยกัดที่ถ่ายจากเหยื่อมาเปรียบคู่กับภาพขอบรอยฟันที่สแกนจากผู้ต้องสงสัย ดังรูปที่ 1.1



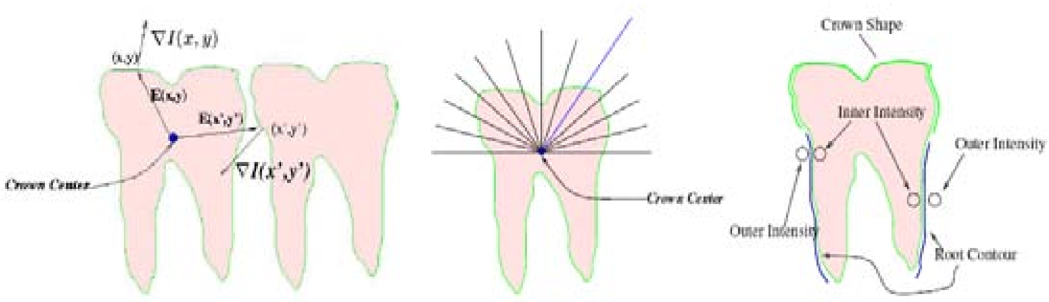
รูปที่ 1.1 รูปสแกนของโมเดลฟัน แล้วขอบของฟันส่วนบนและส่วนล่างและนำไปเทียบกับรอยแผลจริงที่ถูกกัด [1]

Dental Biometrics: Human Identification Using Dental Radiographs ของ A. K. Jainและคณะ [2] ได้ทำการวิจัยการระบุบุคคลโดยใช้ข้อมูลรังสีเอ็กซ์ของฟันใช้ภาพชนิดรังสีปริทัศน์ (Panoramic) และ Bitewing ฟันแท้ของคนมีทั้งหมด 32 ซี่ จะต้องแยกฟันแต่ละซี่ให้เป็นแผนผังของฟันตามหลักทันตกรรม เนื่องจากให้ความสำคัญของรูปร่างของฟันและตำแหน่งของฟัน โดยทำการวิจัยเฉพาะส่วนของฟันกรามเท่านั้น โดยแบ่งส่วนประกอบของฟันออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนตัวฟัน (Crown) คือส่วนที่โผล่ขึ้นมาเหนือเหงือก และส่วนรากฟัน (Root) คือส่วนที่อยู่ใต้เหงือก นำภาพมาสกัดหาลักษณะสำคัญของฟันคือ คอนทัวร์ของตัวฟัน ดังรูปที่ 1.2 และ คอนทัวร์ของรากฟัน ทั้งภาพที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลและภาพที่นำมาทดสอบด้วยวิธีการหา เกรเดียนเวตเตอร์ ดังรูปที่ 1.3 เพื่อหาทิศของขอบ และใส่กรอบสี่เหลี่ยมให้ฟันที่สนใจแล้วนำมาคำนวณหาจุดศูนย์กลางของฟันเพื่อจะได้ใช้อ้างอิงในการเปรียบคู่ลักษณะภาพ และทำการแยกภาพที่นำมาทดสอบออกเป็น 2 กลุ่มข้อมูลคือ กลุ่มของฟันล่าง และกลุ่มของฟันบน และนำมาเปรียบคู่ลักษณะภาพจากภาพในฐานข้อมูลและภาพทดสอบเพื่อระบุบุคคลโดยการใช้จุดศูนย์กลางฟันและจุดคอ

ฟันเป็นจุดอ้างอิงในการทำการเปลี่ยนตำแหน่ง เพื่อเปรียบคู่ลักษณะภาพและเลือกภาพที่มีระยะห่างในการเปรียบคู่น้อยที่สุด เปอร์เซนต์ความถูกต้องจากงานวิจัยนี้คือ 65.8%



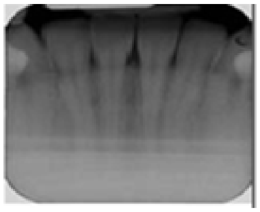
รูปที่ 1.2 คำนวณหาจุดศูนย์กลางของฟันและคอนทัวร์ของตัวฟัน [2]



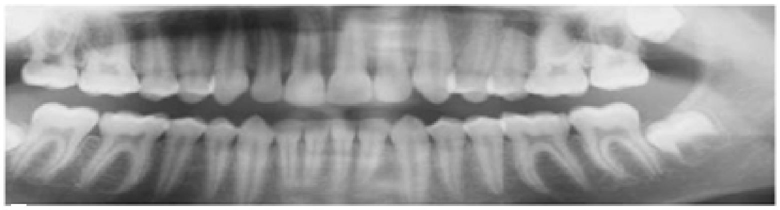
รูปที่ 1.3 ทิศของ Gradient vector และคอนทัวร์ของฟัน [2]

A Content-Based System for Human Identification Based on Bitewing ของ Jindan Zhouc และคณะ [3] ได้วิจัยการระบุบุคคลจากภาพรังสีเอ็กซ์ชนิด Bitewing โดยเริ่มจากการจำแนก (classification) ชนิดของฟิล์มเอ็กซ์เรย์ก่อนว่าเป็นชนิดใด โดยมี Bitewing, Upper Periapical, Lower Periapical และ Panoramic ดังรูปที่ 1.4 ขั้นตอนวิธีเริ่มจากการเตรียมภาพก่อนประมวลผลโดยการนำภาพไปปรับปรุงด้วยวิธี top-hat และ bottom-hat morphological filtering ตามสมการที่ 1.1 แล้วนำไปหาเส้นขอบในแนวตั้ง (vertical edge) และเส้นขอบในแนวนอน (horizontal edge) ด้วยวิธีแกรเดียนท์ และนำมาจำแนกว่าเป็นภาพรังสีเอ็กซ์ชนิดใดใน 4 ชนิดข้างต้น ขั้นตอนต่อไปเป็นขั้นตอนการระบุบุคคลโดยการใช้ภาพรังสีเอ็กซ์ชนิด Bitewing และอ้างอิงจากช่องโหว่ของฟันหรือรอยถอนฟันโดยการวัดความห่างระหว่างคอฟันสองซี่ที่อยู่ระหว่างรอยโหว่ของฟันนั้น ดังรูปที่ 1.5 และใช้ Adaptive Thresholding ในการแบ่งส่วนภาพฟันเพื่อนำไปหาขอบแล้วนำขอบที่ได้ไปเปรียบคู่โดยใช้วิธี Hausdorff distance

$$\text{EnhancedImage} = \text{OriginalImage} + \text{top-hat(OriginalImage)} - \text{bottom-hat(OriginalImage)} \qquad \ldots (1.1)$$

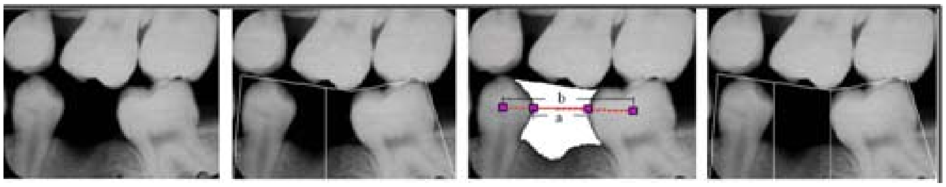


(ก) (ข) (ค)



(ง)

รูปที่ 1.4 ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิด (ก) Bitewing (ข) Upper Periapical (ค) Lower Periapical และ (ง) Panoramic [3]

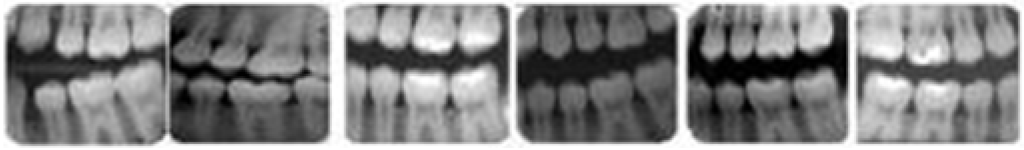


(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 1.5 การพิจารณาจากช่องโหว่ของฟันหรือรอยถอนฟัน [3]

Combining Matching Algorithms for Human Identification using Dental X-ray Radiographs และ Human Identification from Dental X-Ray Images Based on the Shape and Appearance of the Teeth ของ Mohamed Abdel-Mottaleb และคณะ [4] และ [5] งานวิจัยนี้เป็นการระบุบุคคลโดยใช้ภาพ bitewing โดยมีแนวคิดว่าภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของฟันสามารถแยกพื้นที่ในภาพตามค่าความเข้มแสง (Intensity) ได้เป็น 3 กลุ่มคือ 1. บริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อ (Soft Tissue) และบริเวณพื้นหลัง (Background) มีค่าความเข้มแสงที่ต่ำที่สุด 2. บริเวณที่เป็นกระดูก (Bone) มีค่าความเข้มแสงเท่ากับค่าเฉลี่ยของความเข้มแสง 3. บริเวณพื้นที่ฟัน

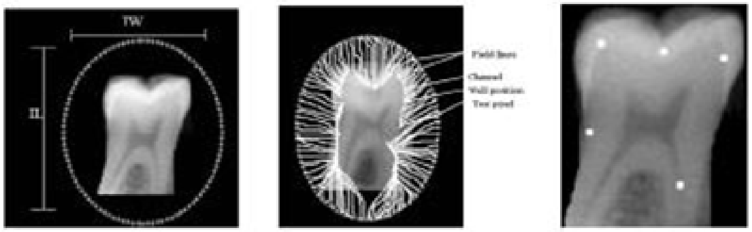
(Teeth) มีค่าความเข้มแสงแตกต่างจากบริเวณอื่นซึ่งบริเวณที่เป็นฟันมีค่าความเข้มแสงสูง ดังรูปที่ 1.6 นั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการแบ่งส่วนภาพด้วยค่าขีดแบ่ง 2 วิธีคือ Iterative Threshold ก่อนและตามด้วย Adaptive Threshold เพื่อแบ่งส่วนฟันและกระดูกจากนั้นจึงนำมาสกัดลักษณะของภาพโดยใช้ force field energy และการฟิกซ์วงรีล้อมรอบบริเวณของฟันที่สนใจแล้วลากเส้นเชื่อมจุดระหว่างวงรีกับขอบฟันเพื่อหาจุดอ้างอิงจำนวน 5 จุด ดังรูปที่ 1.7 การเปรียบคู่ลักษณะภาพในฐานข้อมูลคือภาพ AM และภาพทดสอบคือภาพ PM ใช้วิธีวัดระยะห่างแบบยูคลิด (Euclidean distance) และระยะห่างแบบสัมบูรณ์ (Absolute distance) ดังรูปที่ 1.8



(ก)

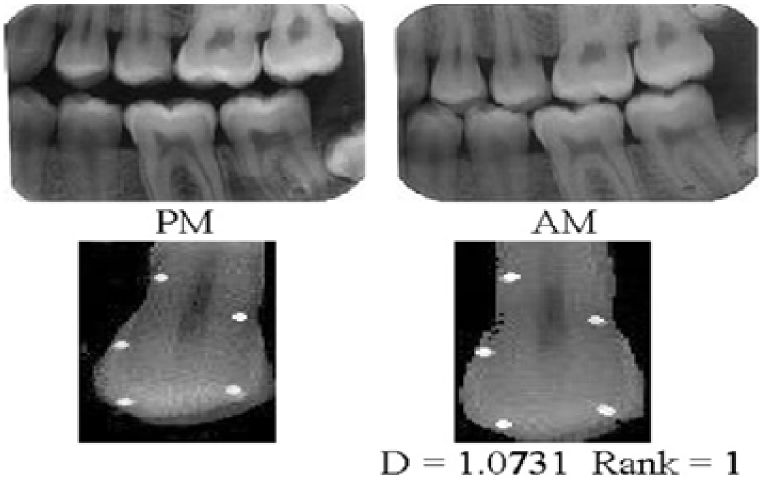
(ข)

รูปที่ 1.6 ภาพต้นฉบับ (ก) ภาพผลการแบ่งส่วนภาพ (ข) [4]



(ก) (ข) (ค)

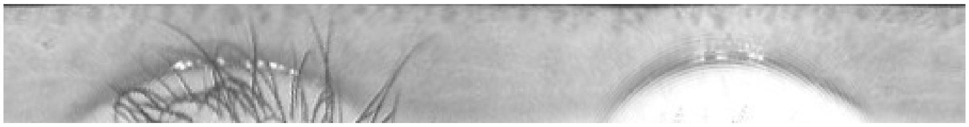
รูปที่ 1.7 การสกัด Potential (ก) เริ่มต้นกำหนดจุดให้วงรี (ข) ได้จุด 5 จุดจากการลากเส้น (ค) [4]

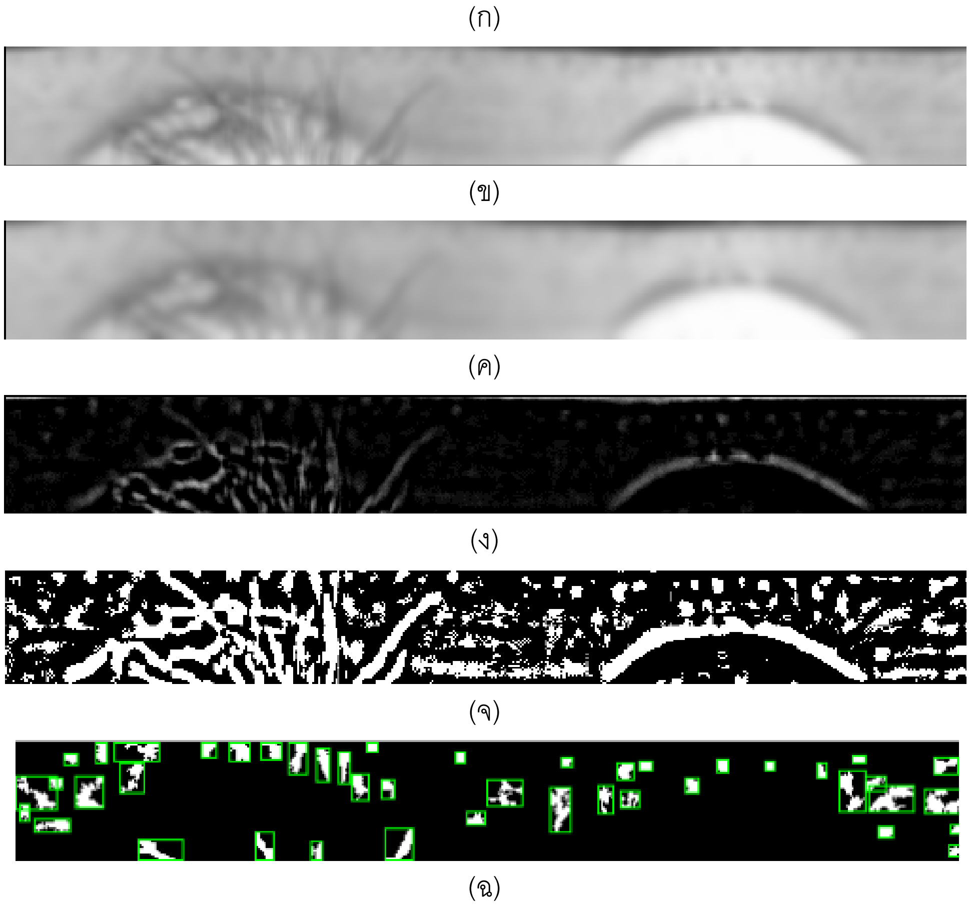


รูปที่ 1.8 ภาพในฐานข้อมูลคือภาพ AM และภาพทดสอบคือภาพ PM และ D คือผลลัพธ์ของการเปรียบคู่ [4]

Real-time Driver Eye Detection Method using Support Vector Machine with Hu Invariant Moments ของ Guang-Yuan Zhang และคณะ [6] งานวิจัยนี้เสนอวิธีการตรวจจับดวงตาของคนขับรถบนท้องถนนแบบทันกาล (real-time) เพื่อตรวจจับดวงตาโดยใช้ภาพวิดีโอนำมาแคปเจอร์ออกมาเป็นเฟรมวีดิทัศน์และนำไปทำเป็นภาพฐานสอง แล้วนำภาพไปหาขอบภาพ (contour) เพื่อหาบริเวณที่สนใจ (ROI) เมื่อได้บริเวณที่สนใจแล้วนำไปคำนวณค่า Hu โมเมนต์ยืนยง (Hu’s moment invariants) และใช้ Support Vector Machine (SVM) ในการจำแนกกลุ่มของเฟรมวีดิทัศน์ที่สนใจ ในงานวิจัยนี้จำแนกกลุ่มของเฟรมวีดิทัศน์ที่สนใจได้ถูกต้อง 92.8%.

An Improvement of Iris-Blob Map Approach for Iris Identification ของ Ungkarn Jarujareet และคณะ [7] งานวิจัยนี้เสนอวิธีการปรับปรุง ‘iris-blob map’ สำหรับนำไปใช้ระบุบุคคลโดยใช้แบบรูปม่านตาซึ่งเป็นฟีเจอร์ใหม่ในการรุบุคคลจากแบบรูปม่านตา ดังรูปที่ 1.9 การสกัดลักษณะแบบรูปม่านตาอาศัยการปรับปรุงภาพด้วยผลต่างเกาส์เซียนเพื่อเพิ่มความเปรียบต่างให้โครงสร้างม่านตา จากนั้นทำการตรวจหาบล็อบและครอบเป็นสี่เหลี่ยมบนลายของม่านตาในภาพฐานสองของม่านตาหาลักษณะม่านตาด้วย Hu โมเมนต์ ของทุกๆ บล็อบเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคู่ ผลการทดลองการระบุบุคคลโดยใช้แบบรูปม่านตาที่ใช้บล็อบในการเปรียบเทียบคู่มีค่า EER 4.8%.





รูปที่ 1.9 กระบวนการปรับปรุงภาพของฟีเจอร์ที่ใช้ (ก) คือภาพนำเข้า; (ข) และ (ค) ภาพเกาส์เชียนใช้ เกาส์เชียนขนาด 7x7 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 4 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 8; (ง) ผลต่างเกาส์เชียนระหว่างภาพ (ค) และ (ข); (จ) คือภาพลักษณ์ฐานสองของภาพ (ง) ที่ใช้ค่าขีดแบ่ง = 0; (ฉ) คือภาพ iris blob-map

1.3 วัตถุประสงค์

พัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับรู้จำฟันโดยใช้ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม (Teeth Image Recognition Using Dental X-ray Radiographs) ซึ่งข้อมูลภาพรังสีเอ็กซ์เป็นภาพรูปแบบ 2 มิติ

1.4 ขอบเขตการดำเนินงาน

1. ข้อมูลภาพเป็นภาพรังสีเอ็กซ์ชนิดรังสีปริทัศน์ที่เก็บมาอยู่ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลแบบดิจิทัล เก็บข้อมูลก่อนการประมวลผลภาพและข้อมูลที่นำมาประมวลผลภาพเป็นแฟ้มข้อมูลแบบที่เก็บแบบไม่มีการสูญเสียข้อมูล เช่น BMP เป็นต้น

2. พัฒนาขั้นตอนวิธีการรู้จำฟัน

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและเก็บรวบรวมข้อมูล
2. กำหนดขอบเขตวัตถุประสงค์ของโครงการ
3. เก็บตัวอย่างข้อมูลภาพรังสีเอ็กซ์ของฟัน
4. พัฒนาขั้นตอนวิธีในส่วนของการเตรียมภาพ
5. พัฒนาขั้นตอนวิธีในส่วนของการแบ่งส่วนภาพและการสกัดลักษณะภาพ
6. พัฒนาขั้นตอนวิธีในส่วนของการจับคู่ลักษณะภาพ
7. ทดสอบใช้ข้อมูลภาพกับระบบและแก้ไขข้อผิดพลาดของระบบที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ
8. ประเมินผล สรุปและวิเคราะห์ผล
9. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่ว่าจะได้รับ

ผลของงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ขั้นตอนวิธีการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมว่าเป็นฟันตำแหน่งใดของคนใด พบว่าขั้นตอนวิธีในการแบ่งส่วนภาพมีผลมากต่อการรู้จำฟัน

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีทั้งหมด 5 บท แต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญหาของปัญหา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ ขอบเขตของงานวิจัย ขั้นตอนการวิจัย และประโยชน์ที่ได้รับ ดังที่กล่าวไว้แล้ว สำหรับบทที่ 2 กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย บทที่ 3 กล่าวถึงการรู้จำภาพรังสีเอ็กซ์ของฟัน บทที่ 4 เป็นการทดลอง การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง และบทสุดท้ายบทที่ 5 เป็นการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะต่าง ๆ

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

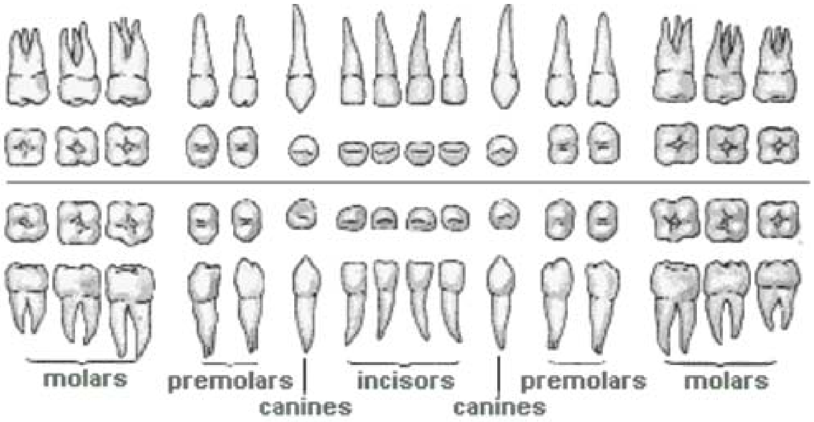
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องที่จะอธิบายในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย ภาพรังสีเอ็กซ์ (X-ray Radiographs) การรู้จำแบบรูป (Pattern Recognition) และการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฟันมนุษย์

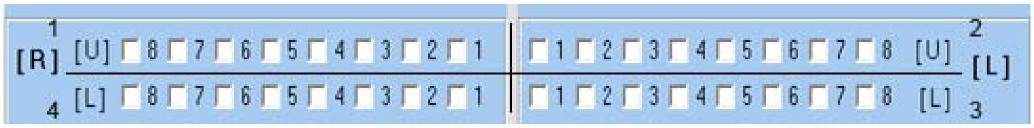
2.1.1 ฟัน

ฟัน (Teeth) เป็นอวัยวะที่อยู่ภายในช่องปากของคนและสัตว์ มีส่วนรากติดอยู่กับขากรรไกรและมีตัวฟันโผล่พ้นเหงือกออกมา ฟันเป็นอวัยวะที่เจริญมาจากเนื้อเยื้อชั้นนอก (Ectoderm) เช่นเดียวกับผิวหนังหรือเกร็ดปลา ฟันเป็นอวัยวะส่วนหนึ่งในระบบย่อยอาหาร หน้าที่หลักของฟันคือ ฉีก บด อาหารให้คลุกเคล้ากับน้ำลาย และนอกจากนี้ยังมีส่วนสำคัญในการพูดออกเสียงด้วย

โดยปกติคนเรามีฟันสองชุด ชุดแรกคือฟันน้ำนม (Deciduous teeth) ฟันชุดนี้จะเริ่มขึ้นเมื่ออายุประมาณ 6 เดือนและขึ้นครบ 20 ซี่เมื่ออายุประมาณ 2 ขวบครึ่ง ฟันชุดที่สองคือฟันแท้หรือฟันถาวร (permanent teeth) มีทั้งหมด 32 ซี่ ดังรูปที่ 2.1 ฟันชุดนี้จะเริ่มขึ้นเมื่ออายุประมาณ 6 ขวบ แต่จะขึ้นครบ 28 ซี่ เมื่ออายุครบ 12 ปี โดยที่เหลือคือฟันกรามซี่สุดท้าย 4 ซี่จะขึ้นมาในช่วงอายุ 18-25 ปี แต่ถ้าฟันทั้ง 4 ซี่ดังกล่าวไม่ขึ้นมาก็จะกลายเป็นฟันคุด



รูปที่ 2.1 ไดอะแกรมของฟันมนุษย์ [9]



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งฟันตาม FDI world dental federation notation ของฟันแท้

2.1.2 ประเภทของฟัน

ฟันของมนุษย์แบ่งได้เป็น 4 ประเภทนี้

1) ฟันตัด (incisor) ฟันตัดหน้าทั้งสองประเภทนี้ทำหน้าที่ตัดอาหารในสัตว์ที่กินอาหารโดยการแทะฟันนี้จะเจริญที่สุด
   - ฟันตัดหน้าซี่กลาง (Central incisor) อยู่ที่ขากรรไกรบน 2 ซี่ ขากรรไกรล่าง 2 ซี่ ฟันชนิดนี้มีรากฟัน 1 ราก [8] และมีตำแหน่งตาม Federation Dental International (FDI) ที่รู้จักกันเป็นสัญลักษณ์เลข 2 ตัวแทนตำแหน่งฟัน [10] ดังรูปที่ 2.2 คือ 11, 21, 31 และ 41
   - ฟันตัดหน้าซี่ข้าง (lateral incisor) อยู่ที่ขากรรไกรบน 2 ซี่ ขากรรไกรล่าง 2 ซี่ ฟันชนิดนี้มีรากฟัน 1 ราก และมีตำแหน่งตาม FDI คือ 12, 22, 32 และ 42
2) ฟันเขี้ยว (Cuspid or canine) อยู่ที่ขากรรไกรบน 2 ซี่ ขากรรไกรล่าง 2 ซี่ ทำหน้าที่ตัดฉีก หรือแยกอาหารออกจากกัน ฟันชนิดนี้มีรากฟัน 1 ราก มีตำแหน่งตาม FDI คือ 13, 23, 33 และ 43
3) ฟันกรามน้อย (Premolar) อยู่ที่ขากรรไกรบน 4 ซี่ และอยู่ที่ขากรรไกรล่าง 4 ซี่ ทำหน้าที่ตัดและฉีกอาหาร ฟันชนิดนี้มีรากฟัน 1 ราก ยกเว้นฟันกรามน้อยซี่แรกบนขากรรไกรบน (Maxillary First Premolar) มีรากฟัน 2 ราก มีตำแหน่งตาม FDI คือ 14,15, 24, 25, 34, 35, 44 และ 45
4) ฟันกราม (Molar) อยู่ที่ขากรรไกรบน 6 ซี่ ซึ่งฟันชนิดนี้มีรากฟัน 3 ราก และอยู่ที่ขากรรไกรล่าง 6 ซี่ ซึ่งมีรากฟัน 2 ราก ทำหน้าที่เคี้ยวและบดอาหาร มีตำแหน่งตาม FDI คือ 16, 17, 18, 26, 27, 28, 36, 37, 38, 46, 47 และ 48

2.1.3 ส่วนประกอบของฟัน

ฟันมีส่วนประกอบทั้งหมด 7 ส่วนดังนี้

1) เคลือบฟัน (enamel) เป็นส่วนที่แข็งที่สุดของฟันมีส่วนประกอบของแคลเซียมและฟอสเฟต
2) เนื้อฟัน (dentine) เป็นส่วนที่แข็งน้อยกว่าเคลือบฟัน มีความแข็งพอๆกับกระดูก ชั้นนี้มีการสร้างและสลายอยู่ตลอดเวลา เป็นชั้นที่มีเซลล์เป็นจำนวนมาก

3) โพรงประสาทฟัน (pulp) เป็นที่อยู่ของเส้นเลือดที่นำอาหารมาหล่อเลี้ยงฟัน และนำของเสียออกจากฟัน และมีเส้นประสาทรับความรู้สึกของฟัน
4) เคลือบรากฟัน (cementum) เป็นส่วนของเนื้อเยื่อปริทันต์ที่อยู่ภายในรากฟันด้านหลังของเหงือก ซึ่งมีเส้นประสาทไหลเวียนมาก
5) ชั้นร่องเหงือก (gingival crevice) ร่องระหว่างเหงือกตัวฟันกับขอบเหงือก มีความลึกประมาณ 2 มิลลิเมตร
6) เหงือก (gingiva) เนื้อเยื่อที่หุ้มตัวฟันและกระดูกขากรรไกรไว้
7) กระดูกเบ้ารากฟัน (alveolar bone) ส่วนกระดูกที่รองรับรากฟัน

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับภาพรังสีเอ็กซ์ (X-ray Radiographs)

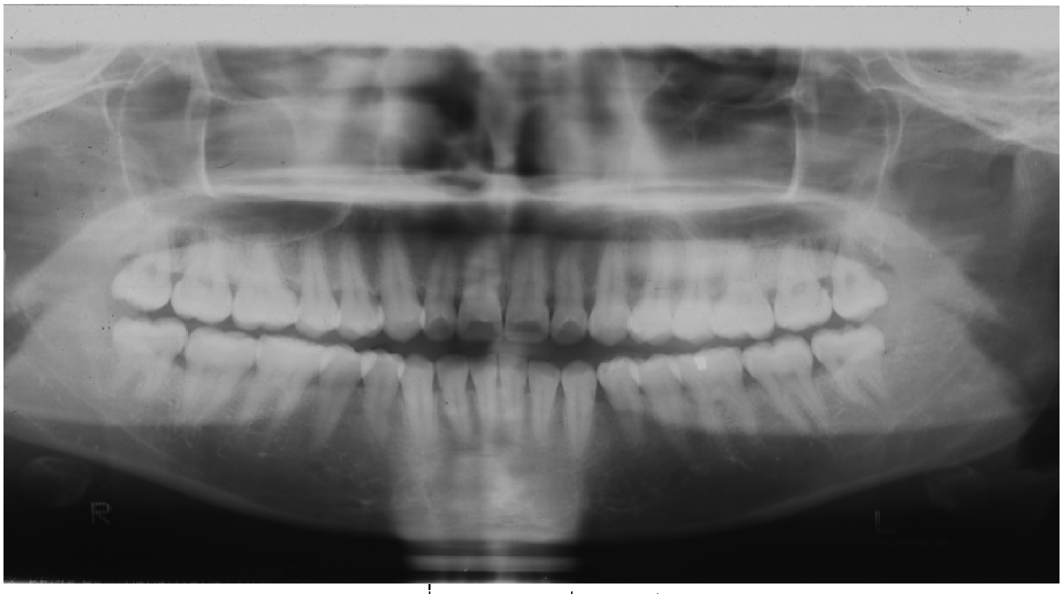
2.2.1 การค้นพบรังสีเอ็กซ์

การค้นพบรังสีเอ็กซ์ครั้งแรก โดย Wilhelm Conrad Rontgen [11] นักฟิสิกส์ ชาวเยอรมัน ในวันที่ 8 พฤศจิกายน 1895 (พ.ศ.2438) รังสีเอ็กซ์เป็นรูปแบบหนึ่งของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 10 - 0.01 นาโนเมตร และมีความถี่ในช่วง 30×10^{15} เฮิตซ์ ถึง 30×10^{18} เฮิตซ์ ซึ่งมีความยาวคลื่นมากกว่ารังสีแกมมา แต่สั้นกว่ารังสีอุลตราไวโอเล็ต ต่อมาได้มีการพัฒนามาใช้ทางการแพทย์ อย่างไรก็ตามรังสีเอกซ์ก็ยังเป็นรังสีที่มีการแตกตัวเป็นประจุ จึงมีอันตรายต่อเซลล์เช่นกัน รูปที่ 2.3 เป็นภาพมือและแหวนเป็นภาพรังสีเอกซ์ทางการแพทย์ภาพแรก ซึ่งเรินต์เกนได้ถ่ายภาพมือของภรรยาของเขาไว้เมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 1895 และได้ส่งเป็นภาพอวยพรปีใหม่แก่ศาสตราจารย์ ลุดวิก เซนเดอร์ แห่งวิทยาลัยฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเฟรเบอร์ก ในวันที่ 1 มกราคม 1896 เมื่อแรนเกนได้ค้นพบว่ารังสีเอ็กซ์สามารถถ่ายภาพกระดูกได้ รังสีเอกซ์ก็ได้รับการพัฒนาในการสร้างภาพทางการแพทย์อย่างต่อเนื่อง เกิดเป็นสาขาวิชารังสีวิทยาขึ้น โดยมีรังสีเทคนิค (รังสีการแพทย์) เป็นผู้ทำการถ่ายภาพ

รูปที่ 2.3 ภาพมือและแหวนเป็นภาพรังสีเอ็กซ์ทางการแพทย์ภาพแรก [11]

2.2.2 **ภาพรังสีปริทัศน์** (Panoramic Radiograph)

ภาพรังสีปริทัศน์เป็นการถ่ายภาพรวมที่ใช้ปริมาณรังสีเพียงเล็กน้อย ในทางทันตกรรมแสดงทั่วทั้งบริเวณขากรรไกรบนและล่างให้เห็นโครงสร้างและรูปร่างของฟัน ปาก ช่องคอและบริเวณใกล้เคียงทั้งหมดภาพ รังสีปริทัศน์มีความสำคัญเป็นพิเศษต่อการประเมินการเจริญพัฒนาของฟันซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ดังรูปที่ 2.4 จากภาพทำให้สามารถเห็นรูปร่างและตำแหน่งของหน่อฟันที่ยังไม่งอก ทำให้สามารถตรวจพบฟันซ้อนหรือหน่อฟันที่ขาดหายไปได้ และสามารถทำให้มองเห็นรากของฟันที่ยังมีอยู่ทันตแพทย์จัดฟันสามารถวินิจฉัยได้จากรูปร่างของรากฟันว่า ฟันจะเคลื่อนที่ได้หรือไม่ หรือจะมีอุปสรรคในการเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันหลังจากทำการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันเรียบร้อยแล้ว ภาพรังสีปริทัศน์ก็ยังมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการกำหนดตำแหน่งของฟันกรามซี่ที่ 3



รูปที่ 2.4 ภาพรังสีปริทัศน์

2.3 **การรู้จำแบบรูป** (Pattern Recognition) [12]

การรู้จำแบบรูป (Pattern Recognition) เป็นศาสตร์ที่มีจุดประสงค์เพื่อการจำแนก วัตถุ (Objects) ออกเป็นประเภท (Classes) ตามแบบรูปของวัตถุในการคำนวณจะใช้เทคนิคจากสาขาอื่น ๆ มากมายเช่น การประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) และสถิติ (Statistical)

แบบรูป (Pattern) ในที่นี้หมายถึง รูปร่าง หรือ ลักษณะ ของวัตถุที่เราสนใจ โดยวัตถุนั้นอาจเป็นรูปธรรมหรือนามธรรมก็ได้ หรือจะเป็นแบบรูปที่กระจายบนพื้นที่ หรือ เปลี่ยนแปลงตามเวลาก็ได้

องค์ประกอบหลักสำคัญของระบบการรู้จำแบบรูปมีอยู่ 2 อย่างดังนี้

1) ลักษณะ (Features) เป็นข้อมูลที่ป้อนให้ ตัวแยกประเภท (Classifiers) เพื่อที่ตัวแยกประเภททำการแยก ข้อมูล หรือ วัตถุ ออกเป็นประเภทตามที่ผู้ออกแบบได้คาดหมาย

2) ตัวแยกประเภท (Classifiers) เป็นผู้ตัดสินใจแยกกลุ่มของวัตถุตามข้อมูลลักษณะเด่น โดยทั่วไปนิยมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกันได้แก่ การแยกกลุ่มตามประเภทที่รู้ล่วงหน้าแล้ว (Prior Knowledge) และใช้ประโยชน์จากข้อมูลนั้นในการออกแบบตัวแยกประเภท ซึ่งจะเรียกว่าตัวแยกแบบมีผู้สอน (Supervised Classifier) และ ตัวแยกประเภทที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network, Multilayer Perceptron) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้สุด k ลำดับ (k-Nearest Neighbor Algorithm) นาอีฟ เบย์เซี่ยน (Naive Bayesian) และต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นต้น

การแยกข้อมูลวัตถุออกจากกันโดยไม่มีข้อมูลของกลุ่มการแบ่งล่วงหน้า แต่จะแบ่งโดยการใช้ลักษณะที่มีร่วมกันในกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มของข้อมูล ซึ่งจะเรียกว่าตัวแยกแบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Classifier) ตัวอย่างของการแยกแบบไม่มีผู้สอนได้แก่ การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Data Clustering) เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งใช้ในการเรียนรู้ของเครื่อง การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) โดยจะแบ่งชุดข้อมูลที่มักจะเป็นเวกเตอร์ออกเป็นกลุ่ม (Cluster) นำข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกัน หรือคล้ายกันจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มจะอาศัยความเหมือน (Similarity) หรือความใกล้ชิด (Proximity) โดยคำนวณจากการวัดระยะระหว่างเวกเตอร์ของข้อมูลเข้า โดยใช้การวัดระยะแบบต่าง ๆ เช่น การวัดระยะแบบยูคลิด (Euclidean distance) การวัดระยะแบบแมนฮัตตัน (Manhattan distance) การวัดระยะแบบเชบิเชฟ (Chebychev distance)

2.4 **การประมวลผลภาพดิจิทัล** (Digital Image Processing)

การประมวลผลภาพดิจิทัลเกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล (Digital format) ที่สามารถนำเอาข้อมูลนี้จัดผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยดิจิทัลคอมพิวเตอร์ได้ ข้อมูลเข้าและข้อมูลออกของระบบจะอยู่ในรูปแบบของภาพดิจิทัลเท่านั้น ส่วนการวิเคราะห์ภาพ

ดิจิทัล (Digital Image Analysis) เกี่ยวข้องกับวิธีการอธิบายข้อมูลภาพดิจิทัล ซึ่งข้อมูลเข้าของระบบเป็นข้อมูลภาพดิจิทัล และข้อมูลออกเป็นข้อสนเทศของข้อมูลภาพดิจิทัลเหล่านั้น ในการประมวผลภาพดิจิทัลมีอยู่หลายขั้นตอนด้วยกันตัวอย่างเช่น ขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผล (Pre-processing) ขั้นตอนการปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) ด้วยการกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise filtering) ขั้นตอนการประมวลผลภาพเช่นการแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) เป็นต้น

2.4.1 **การปรับปรุงภาพ** (Image Enhancement) [12]

การปรับปรุงภาพเป็นการทำให้ภาพชัดเจนขึ้นให้เหมาะสมกับงานเฉพาะทาง เช่นการกรองสัญญาณรบกวน การทำการกระจายกันอย่างสม่ำเสมอของฮิสโทแกรม (Histogram equalization)

1) ตัวกรองมัธยฐาน (Median filters)

ตัวกรองมัธยฐานคือการแทนที่ค่าในพิกเซลทั้งหมดที่หน้าต่างครอบอยู่ด้วยค่ามัธยฐานนั่นเองใช้ค่ากลางของพิกเซลที่ตรงกันของหน้าต่างที่ครอบ การคำนวณตัวกรองมัธยฐานวิธีการนี้จะนำเอาความเข้มแสงของจุดที่ตรงกันในภาพต่างๆ มาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก จากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางไปใช้ ถ้าจำนวนภาพทั้งหมดเป็นจำนวนคู่ค่าทั้งสองที่อยู่ตรงกลางจะนำมาหาค่าเฉลี่ย ตัวกรองมัธยฐานเป็นที่นิยมมากสำหรับการกำจัดสิ่งรบกวนที่เป็นแบบสุ่มและที่สามารถลดการเบลอของรูปได้ดี ตัวกรองมัธยฐานใช้ได้ผลเป็นพิเศษกับ Impulse noise หรือที่เรียกว่า salt-and-pepper noise ที่มีลักษณะเป็นจุดสีขาวและสีดำอยู่กระจัดกระจายบนภาพ

2) กระจายอย่างสม่ำเสมอของฮิสโทแกรม (Histogram equalization)

ฮิสโทแกรมเป็นกราฟแบบไม่ต่อเนื่องที่แสดงจำนวนพิกเซลของความเข้มแสง (Intensity) ในภาพ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของค่าระดับเทา (Gray level) ของภาพ มีค่าระหว่าง [0,255] ภาพที่มืดจะมีฮิสโทแกรมกองไปอยู่ทางซ้าย ภาพที่สว่างจะมีฮิสโทแกรมกองไปอยู่ทางขวา ภาพที่มีความเปรียบต่างต่ำ (Low contrast) จะมีฮิสโทแกรมกระจุกกันอยู่ในช่วงแคบๆ ภาพที่มีความเปรียบต่างสูง (High contrast) จะมีฮิสโทแกรมกระจายกันอยู่ในช่วงกว้างๆ ซึ่งฮิสโทแกรมเขียนได้ดังสมการที่ 2.1

$$h(r_k) = n_k \qquad \text{... (2.1)}$$

โดยที่

$k = 0,1,2,...,L-1$

r_k คือ ค่าระดับเทาที่ k^{th}

และ n_k คือ จำนวนของพิกเซลในภาพที่มีค่าระดับเทาเท่ากับ r_k

Histogram Equalization เป็นกระบวนการปรับปรุงค่าความเข้มแสงของภาพเป็นกระบวนการหนึ่งของการประมวลผลภาพ โดย เป็นปรับปรุงค่าการกระจายตัวอย่างไม่ต่อเนื่องของของความเข้มแสงเพื่อปรับปรุงค่าความเปรียบต่างของภาพ ซึ่งเป็นการกระจายค่าความเข้มของค่าระดับเทาให้เป็นการกระจายแบบปกติ คือให้จำนวนจุดภาพในแต่ละค่าความเข้มแสงมีจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอย่างสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 2.5 สำหรับภาพเป็นฟังก์ชั่นไม่ต่อเนื่องให้ r เป็นค่าระดับเทาของภาพ f ที่จะทำการปรับปรุงภาพซึ่งมีช่วงของค่าระดับเทาอยู่ใน $[0, L-1]$ ค่าความน่าจะเป็นของความเข้มแสงคือ L ค่าความน่าจะเป็นของต่าระดับเทาหรือระดับความเข้มแสงในภาพคือ r_k และความน่าจะเป็นของฟังก์ชันความหนาแน่น (probability density function) ของภาพสามารถเขียนได้ตามสมการที่ 2.2

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{n} \qquad \text{… (2.2)}$$

โดยที่ $k = 0,1,2,...,L-1$

r_k คือ ค่าระดับเทาที่ k^{th}

n_k คือ จำนวนของพิกเซลในภาพที่มีค่าระดับเทาเท่ากับ r_k

n คือ จำนวนของพิกเซลทั้งหมดในภาพ

และ L คือ ค่าความน่าจะเป็นทั้งหมดของค่าระดับเทาในภาพ

การปรับปรุงฮิสโทแกรมจะจัดการกับค่าความเข้มของพิกเซลโดยใช้ความถี่สะสมของฮิสโทแกรม ซึ่งค่าอินพุทความเข้มแสงของพิกเซลของฮิสโทแกรมกระจายกันอย่างสม่ำเสมและเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสงเป็นค่าใหม่ ฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลง (Transformation Function) คือผลของความถี่สะสมของฮิสโทแกรม ค่าความเข้มแสงใหม่จะอยู่ในช่วงของระดับความเข้มแสงในภาพ ฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลงสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2.3

$$s_k = T(r_k) = (L-1)\sum_{j=0}^{k} p_r(r_j) = (L-1)\sum_{j=0}^{k}\frac{n_j}{n} \qquad \ldots\ (2.3)$$

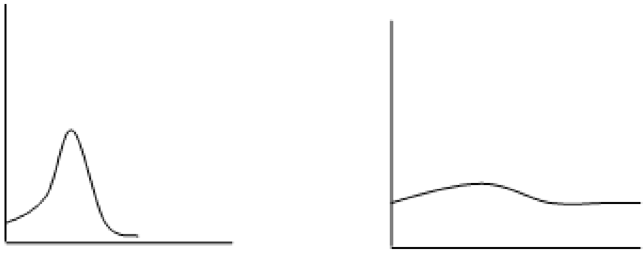
โดยที่

r_k คือ ค่าระดับเทาที่ k^{th}

s_k คือ คือค่าความเข้มแสงที่ผ่านฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลง

n_j คือ ค่าควมถี่ของความเข้มแสงที่ j

และ n คือ จำนวนของพิกเซลทั้งหมดในภาพ



(ก) (ข)

รูปที่ 2.5 ภาพ (ก) ฮิสโทแกรมต้นฉบับ และ (ข) กระจายอย่างสม่ำเสมอของฮิสโทแกรม

2.4.2 **การแบ่งส่วนภาพ** (Image Segmentation)

การแบ่งส่วนภาพเป็นขั้นตอนที่สำคัญก่อนการวิเคราะห์ภาพ การแบ่งส่วนภาพทำการแบ่งภาพออกตามองค์ประกอบหรือวัตถุที่อยู่ในภาพ ระดับการแบ่งมักขึ้นกับปัญหาที่ศึกษานั่นคือการแบ่งส่วนภาพควรหยุดเมื่อวัตถุที่เราสนใจในการประยุกต์ใช้งานได้ถูกแยกออกมา เช่นการแบ่งส่วนโดยใช้ค่าขีดแบ่งแบบหาค่าขีดแบ่งและแบบการหาค่าขีดแบ่งแบบอัตโนมัติโดยวิธี Otsu [13]

1) การหาค่าขีดแบ่ง (Thresholding)

การหาค่าขีดแบ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการแบ่งส่วนภาพ (Segmentation) โดยอาศัยค่าความเข้มแสงหรือค่าระดับเทา ภาพที่จะนำมาทำการหาค่าขีดแบ่งนั้นต้องเป็นภาพระดับเทา การหาค่าขีดแบ่งเป็นการแบ่งจุดภาพในภาพออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของจุดภาพที่เป็นสีดำและกลุ่มของจุดภาพที่เป็นสีขาว

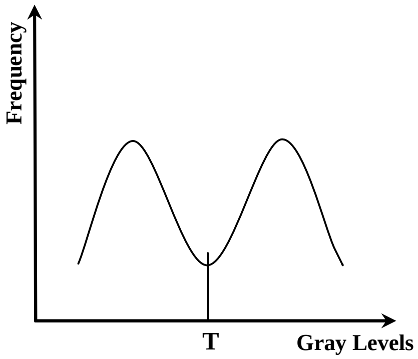
สมมติให้ $f(x,y)$ เป็นฟังก์ชันแทนค่าระดับเทาของภาพ ณ ตำแหน่งจุดภาพ (x,y) จากนั้นกำหนดค่าขีดแบ่ง T โดยถ้าค่าระดับเทาในภาพที่ตำแหน่ง (x,y) ใด ๆ ในภาพมีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่ง T จะแทนจุดภาพนั้นด้วยค่าระดับเทาที่มีค่าเท่ากับ 1 และถ้าค่าระดับเทาในภาพที่ตำแหน่ง (x,y) ใด ๆ ในภาพมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่ง T จะแทนจุดภาพนั้น

ด้วยค่าระดับเทาที่มีค่าเท่ากับ 0 โดยค่าระดับเทาที่มีค่าเป็น 0 แทนสีดำซึ่งเป็นส่วนพื้นหลังของภาพและค่าระดับเทาที่มีค่าเป็น 1 แทนสีขาวซึ่งเป็นส่วนของวัตถุที่สนใจ การหาค่าขีดแบ่งแสดงดังสมการที่ 2.4

$$g(x,y)=\begin{cases}1\ ; & if\ f(x,y)\geq T\\ 0\ ; & otherwise\end{cases} \qquad \text{... (2.4)}$$

2) การหาค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัติ โดยใช้วิธี Otsu

ในการหาค่าขีดแบ่ง ปัญหาที่สำคัญคือการเลือกค่าขีดแบ่งที่เหมาะสม ซึ่งในแต่ละภาพนั้นจะมีค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมไม่เท่ากันเนื่องมาจากหลายปัจจัย เช่น แหล่งกำเนิดแสง สภาพแวดล้อมต่างกัน เป็นต้น ทำให้เกิดความยุ่งยากแก่ผู้ใช้ในการเลือกค่าขีดแบ่งที่เหมาะสม ถึงแม้ว่าในงานบางชนิด ภาพที่ใช้จะมีสภาพแวดล้อมเดียวกันและมีการกำหนดค่าขีดแบ่งตายตัวก็ตาม แต่ในการใช้งานจริง ค่าขีดแบ่งที่ได้ก็ยังมีความคลาดเคลื่อนจากค่าขีดแบ่งที่เหมาะสม ดังนั้น N. Otsu จึงได้คิดค้นวิธีที่จะช่วยผู้ใช้ในการหาค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 2.6 ฮิสโทแกรมที่มีลักษณะเป็นทวิฐานนิยม

หลักการหาค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัติ โดยวิธีของ Otsu นั้น ใช้สมมติฐานว่าภาพที่จะนำมาใช้หาค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัตินั้นจะต้องมีฮิสโทแกรมที่มีลักษณะเป็นทวิฐานนิยม (Bimodal) ตัวอย่างดังรูปที่ 2.6 วิธีการนี้ใช้ความรู้ทางสถิติในการหาค่าขีดแบ่ง โดยสมมติให้ฮิสโทแกรมแทนด้วยฟังก์ชันความน่าจะเป็น P โดยที่ $P(0)\ldots P(I)$ แทนความน่าจะเป็นของฮิสโทแกรมที่จะเกิดค่าระดับเทาตั้งแต่ค่า $0\ldots I$ ถ้าฮิสโทแกรมที่ได้จากภาพมีลักษณะเป็นทวิฐานนิยม ค่าขีดแบ่งที่ใช้แบ่งกลุ่มค่าระดับเทาของฮิสโทแกรมออกเป็น 2 กลุ่มคือค่า t โดยที่สามารถคำนวณค่าความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มได้จากค่าความแปรปรวนของกลุ่มที่มีค่าระดับเทาน้อยกว่าหรือเท่ากับ t กับค่าความแปรปรวนกลุ่มที่มีค่าระดับเทามากกว่า t ค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมที่สุดจะมีค่าอยู่

ระหว่างฐานนิยมทั้งสองและมีค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มน้อยที่สุด ในการหาค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัติ ค่าความแปรปรวนของภาพหาได้จากสมการที่ 2.5 ซึ่งเกิดจากค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มและค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

$$\sigma^2 = \sigma_W^2(t) + \sigma_B^2(t) \qquad \text{... (2.5)}$$

โดยที่ σ^2 เป็นค่าความแปรปรวนของภาพ

$\sigma_W^2(t)$ เป็นค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม

$\sigma_B^2(t)$ เป็นค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

จากสมการที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าค่าความแปรปรวนของภาพเป็นค่าคงที่และไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าขีดแบ่ง t ในการหาค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัติ การคำนวณค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มมีความซับซ้อนน้อยกว่าการคำนวณค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม ดังนั้นค่าขีดแบ่ง t ที่เหมาะสมสามารถหาได้จากค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มที่มีค่ามากที่สุด โดยการคำนวณค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มหาได้จากสมการที่ 2.5

$$\sigma_B^2(t) = q_1(t)[1 - q_1(t)][\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2 \qquad \text{... (2.5)}$$

ในการคำนวณ $q_1(t)$ $\mu_1(t)$ และ $\mu_2(t)$ สามารถคำนวณหาเป็นฟังก์ชันเวียนเกิด (Recursive function) ได้ดังสมการที่ 2.6-2.9

$$q_1(t+1) = q_1(t) + P(t+1) \qquad \text{... (2.6)}$$

$$\mu_1(t+1) = \frac{q_1(t)\mu_1(t) + (t+1)P(t+1)}{q_1(t+1)} \qquad \text{... (2.7)}$$

$$\mu_2(t+1) = \frac{\mu - q_1(t+1)\mu_1(t+1)}{1 - q_1(t+1)} \qquad \text{... (2.8)}$$

$$\mu = \sum_{i=1}^{I} iP(i) \qquad \text{... (2.9)}$$

โดยที่ $q_1(t)$ เป็นความน่าจะเป็นของกลุ่มที่มีค่าระดับเทาน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่ง t

$\mu_1(t)$ เป็นค่าเฉลี่ยค่าระดับเทาของกลุ่มแรก

$\mu_2(t)$ เป็นค่าเฉลี่ยค่าระดับเทาของกลุ่มที่สอง

μ เป็นค่าเฉลี่ยของค่าระดับเทาของภาพต้นฉบับ

$P(i)$ ความน่าจะเป็นของฮิสโทแกรมที่ค่าระดับเทาเท่ากับ i

2.4.3 **การสกัดลักษณะของภาพ** (Image Features Extraction) [12]

การสกัดลักษณะสำคัญเป็นอีกขบวนการหนึ่งที่สำคัญมาก ตำราส่วนใหญ่จะแยกส่วนนี้ออกจากการประมวลผลเบื้องต้น คือจะอยู่ระหว่างขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้นกับขั้นตอนการรู้จำ การสกัดลักษณะสำคัญเป็นการดึงเอาโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของภาพนั้นออกมา โดยโครงสร้างพื้นฐานที่ว่าจะต้องมีการกำหนดไว้ก่อนว่าจะมีอะไรบ้าง มีการนิยามอย่างไร ตัวอย่างเช่น สำหรับรูปฟันอาจกำหนดว่าฟันทั้งหมดประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานคือ เส้นตรง (แนวตั้ง/นอน) เส้นเอียง ส่วนโค้ง ส่วนเว้า (ตัวฟัน) ส่วนนูน เป็นต้น เมื่อสามารถแยกเอาองค์ประกอบของฟันแต่ละซี่ออกมาได้แล้ว จากนั้นก็นำเสนอรูปภาพของฟันซี่นั้นในรูปแบบของรายการขององค์ประกอบพื้นฐานต่างๆ แทนซึ่งจะถูกส่งต่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับขั้นตอนการรู้จำต่อไป

2.4.4 **การเปรียบคู่ลักษณะภาพโดยใช้โมเมนต์ยืนยง** (Moment Invariants) [14-16]

โมเมนต์เป็นการบรรยายคุณสมบัติของวัตถุในภาพวัตถุที่สนใจจะถูกแบ่งส่วน (Segment) ออกจากภาพเริ่มต้นก่อนที่การหาคุณสมบัติต่างๆ โดยใช้โมเมนต์ โมเมนต์มีนิยามดังสมการที่ 2.10

$$m_{p,q} = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x,y)dxdy \qquad \text{... (2.10)}$$

โดยที่ $m_{p,q}$ คือโมเมนต์ Order $(p+q)$

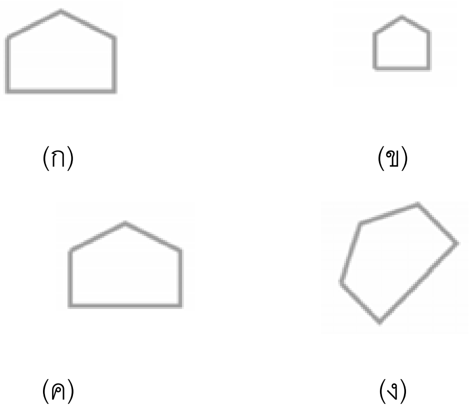
และ $f(x,y)$ คือค่าความส่องสว่างที่ตำแหน่ง (x,y)

คุณสมบัติอย่างง่ายของวัตถุที่ใช้โมเมนต์ในการบรรยายได้แก่ พื้นที่และจุดศูนย์กลางมวล เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้หามุมทิศทางของแกนหลัก (Direction of Principal Axis) โดยแสดงดังสมการที่ 2.11

$$\theta = \frac{1}{2}\arctan\frac{2\mu_{1,1}}{\mu_{2,0}-\mu_{0,2}} \qquad \text{... (2.11)}$$

โดยที่ θ ทิศของแกนหลักเมื่อเทียบกับแกนนอน

และ $\mu_{p,q}$ โมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนตำแหน่ง



รูปที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงของวัตถุ (ก) รูปวัตถุเริ่มต้น (ข) วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงขนาด (ค) วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง (ง) วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงมุมหมุน

โมเมนต์โดยทั่วไปนั้นสามารถบรรยายลักษณะของวัตถุในภาพได้อย่างง่ายได้แก่ จุดศูนย์กลางมวลและพื้นที่ เป็นต้น แต่ไม่สามารถใช้ในการบรรยายลักษณะของวัตถุเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่ง ขนาด และมุมหมุนของวัตถุได้ ทำให้ค่าของโมเมนต์ของวัตถุชนิดเดียวกันเปลี่ยนแปลงไปเมื่อวัตถุเกิดการเปลี่ยนตำแหน่ง ขนาด และมุมหมุนโดยแสดงดังรูปที่ 2.7 (ข) - 2.7(ง) จึงได้มีการคิดค้นโมเมนต์ที่ยืนยงต่อสภาวะเหล่านี้เพื่อให้การเปรียบเทียบรูปร่างของวัตถุเป็นไปอย่างเหมาะสมทำให้ค่าของโมเมนต์จะเปลี่ยนแปลงไปตามรูปร่างของวัตถุเพียงอย่างเดียว โดยไม่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ขนาด และมุมหมุนของวัตถุ โมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนตำแหน่ง ขนาด และมุมหมุนมีรายละเอียดดังนี้

1) โมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง

เมื่อวัตถุในภาพเกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งดังรูปที่ 2.7 (ค) จะมีผลทำให้ค่าของโมเมนต์จากสมการที่ 2.10 เกิดการเปลี่ยนแปลง โมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุสามารถทำให้โมเมนต์ของวัตถุที่มีการเปลี่ยนตำแหน่ง มีค่าเท่ากัน โดยโมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งมีนิยามดังสมการที่ 2.12

$$\mu_{p,q} = \iint \left(x - \bar{x}\right)^p \left(y - \bar{y}\right)^q f(x, y)\,dxdy \qquad \ldots \ (2.12)$$

โดยที่ $\mu_{p,q}$ คือโมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่ Order $(p+q)$

$(\bar{x}, \bar{y})$ คือเซนทรอยด์ของวัตถุในภาพที่สนใจ

และ $f(x, y)$ คือค่าความส่องสว่างที่ตำแหน่ง (x, y)

2) โมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงขนาด

จากสมการที่ 2.10 หากวัตถุมีการเปลี่ยนขนาดดังสมการที่ 2.11 กล่าวคือ มีการเปลี่ยนแปลงขนาดเท่ากับ α ทั้งในแนวแกนตั้งและในแนวแกนนอน จาก (x, y) เป็น (x', y')

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & 0 \\ 0 & \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \qquad \dots (2.13)$$

จากสมการที่ 2.13 จะพบว่า

$$dx = \frac{1}{\alpha} dx' \qquad \dots (2.14)$$

$$dy = \frac{1}{\alpha} dy' \qquad \dots (2.15)$$

เมื่อนำสมการที่ 2.14 และ 2.15 แทนในสมการโมเมนต์ (สมการที่ 2.10) จะได้

$$\begin{aligned} m_{p,q} &= \iint x^p y^q f(x, y) dx dy \\ &= \iint \left(\frac{x'}{\alpha}\right)^p \left(\frac{y'}{\alpha}\right)^q f(x', y') \frac{1}{\alpha} \frac{1}{\alpha} dx' dy' \\ &= \frac{1}{\alpha^{p+q+2}} \iint x'^p y'^q f(x', y') dx' dy' \\ &= \frac{m'_{p,q}}{\alpha^{p+q+2}} \end{aligned} \qquad \dots (2.16)$$

โดยที่ $m'_{p,q} = \iint x'^p y'^q f(x', y') dx' dy'$

จากสมการที่ 2.16 เมื่อกำหนดให้ $p = 0$ และ $q = 0$ จะได้

$$\alpha = \sqrt{\frac{m'_{0,0}}{m_{0,0}}} \qquad \dots (2.17)$$

นำค่า α จากสมการที่ 2.17 แทนค่าในสมการที่ 2.18 จะได้

$$m_{p,q} = \frac{m'_{p,q}}{\left(\sqrt{\frac{m'_{0,0}}{m_{0,0}}}\right)^{(p+q+2)}}$$

$$\therefore \frac{m'_{p,q}}{m'_{0,0}{}^{\frac{(p+q+2)}{2}}} = \frac{m_{p,q}}{m_{0,0}{}^{\frac{(p+q+2)}{2}}} \qquad \dots (2.18)$$

ดังนั้นโมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงขนาดมีนิยามดังสมการที่ 2.19

$$\eta_{p,q} = \frac{m_{p,q}}{m_{0,0}^{\frac{(p+q)}{2}+1}} \qquad \dots (2.19)$$

โดยที่ $\eta_{p,q}$ คือโมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงขนาดที่ Order $(p+q)$

และ $m_{p,q}$ คือโมเมนต์ที่ Order $(p+q)$

3) โมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงมุมหมุน

ในการเปลี่ยนแปลงมุมหมุนของวัตถุในภาพจะมีผลทำให้ค่าโมเมนต์ของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงไปเช่นเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและขนาดของวัตถุในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการจาก Hu โมเมนต์ (Ming-Kuei 1962) ในการทำให้โมเมนต์ของวัตถุยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงมุมหมุนของวัตถุในภาพ Hu โมเมนต์ใช้หลักการยืนยงของพีชคณิต (Algebraic Invariants) ในการพิสูจน์โมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงมุมหมุนดังนี้ Homogeneous Polynomial สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2.20

$$f = a_{p,0}u^p v^0 + \binom{p}{1} a_{p-1,1}u^{p-1}v^1 + \binom{p}{2} a_{p-2,2}u^{p-2}v^2 + \dots + \binom{p}{p-1} a_{1,p-1}u^1 v^{p-1} + a_{0,p}u^0 v^p \qquad \dots (2.20)$$

จากสมการที่ 2.18 สามารถเขียนย่อโดยใช้ Cayley's Notation ได้ดังสมการที่ 2.21

$$f \equiv (a_{p,0}, a_{p-1,1}, \dots, a_{1,p-1}, a_{0,p})(u,v)^p \qquad \dots (2.21)$$

4) โมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ขนาด และมุมหมุน

จากโมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะการเปลี่ยนมุมหมุนโดย Hu โมเมนต์ เมื่อแทนค่า $m_{p,q}$ ด้วย $\eta_{p,q}$ ในสมการที่ 2.22 ถึง 2.27 จะทำให้โมเมนต์ยืนยงต่อสภาวะ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ขนาด และมุมหมุน ดังสมการที่ 2.28 ถึง 2.33

$$H_1 = m_{2,0} + m_{0,2} \qquad \dots (2.22)$$

$$H_2 = (m_{2,0} - m_{0,2})^2 + 4m_{1,1}^2 \qquad \dots (2.23)$$

$$H_3 = (m_{3,0} - 3m_{1,2})^2 + (3m_{2,1} - m_{0,3})^2 \qquad \dots (2.24)$$

$$H_4 = (m_{3,0} + m_{1,2})^2 + (m_{2,1} + m_{0,3})^2 \quad \ldots (2.25)$$

$$H_5 = (m_{3,0} - 3m_{1,2})(m_{3,0} + m_{1,2})\left[(m_{3,0} + m_{1,2})^2 - 3(m_{2,1} + m_{0,3})^2\right] + (3m_{2,1} - m_{0,3})(m_{2,1} + m_{0,3})\left[3(m_{3,0} + m_{1,2})^2 - (m_{2,1} + m_{0,3})^2\right] \quad \ldots (2.26)$$

$$H_6 = (m_{2,0} - m_{0,2})\left[(m_{3,0} + m_{1,2})^2 - (m_{2,1} + m_{0,3})^2 + 4m_{1,1}(m_{3,0} + m_{1,2})(m_{2,1} + m_{0,3})\right] \quad \ldots (2.27)$$

$$H_1 = \eta_{2,0} + \eta_{0,2} \quad \ldots (2.28)$$

$$H_2 = (\eta_{2,0} - \eta_{0,2})^2 + 4\eta_{1,1}^2 \quad \ldots (2.29)$$

$$H_3 = (\eta_{3,0} - 3\eta_{1,2})^2 + (3\eta_{2,1} - \eta_{0,3})^2 \quad \ldots (2.30)$$

$$H_4 = (\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 + (\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2 \quad \ldots (2.31)$$

$$H_5 = (\eta_{3,0} - 3\eta_{1,2})(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})\left[(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 - 3(\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2\right] + (3\eta_{2,1} - \eta_{0,3})(\eta_{2,1} + \eta_{0,3})\left[3(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 - (\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2\right] \quad \ldots (2.32)$$

$$H_6 = (\eta_{2,0} - \eta_{0,2})\left[(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 - (\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2 + 4\eta_{1,1}(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})(\eta_{2,1} + \eta_{0,3})\right] \quad \ldots (2.33)$$

2.4.5 **ฟังก์ชันระยะทางยูคลิด** (Euclidean Distance Function) [17]

ระยะทางยูคลิด (Euclidean distance) คือระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด ใช้สัญลักษณ์ $d(p,q)$ โดยระยะทางยูคลิดใน n มิติของจุด p และ q นิยามได้โดยสมการ 2.34

$$d(p,q) = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (p_k - q_k)^2} \quad \ldots (2.34)$$

โดย p_k คือ คอมโพเนนต์ที่ k ของจุด p หรือหากนิยามใน 2 มิติ จะได้ว่าระยะทางยูคลิดของจุด p และ q คือ

$$d(p,q) = \sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_y - q_y)^2} \quad \ldots (2.35)$$

บทที่ 3
การรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม

การรู้จำภาพฟันเป็นการรู้จำภาพอีกแบบหนึ่งที่นำเอาภาพฟันมาใช้ในการรู้จำ จากกรณีของการเกิดภัยธรรมชาติสึนามิก็สามารถนำข้อมูลทางทันตกรรมเข้ามาช่วยในการพิสูจน์บุคคลได้ เนื่องจากฟันเป็นอวัยวะที่แข็งและมีลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล ไม่สูญสลายไปเหมือนอวัยวะส่วนอื่นของร่างกาย จากลักษณะของฟันนี้จึงได้มีการนำเอาข้อมูลทางทันตกรรมคือภาพรังสีเอ็กซ์ของฟันมาใช้พัฒนาค้นคว้าหาวิธีที่เหมาะสมในการรู้จำภาพฟันเพื่อช่วยในการสืบค้นหาภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์จากฐานข้อมูลที่เก็บภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ไว้จำนวนมากได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมโดยใช้ลักษณะของฟันในการเปรียบคู่กับชุดข้อมูลอ้างอิงว่าเป็นภาพฟันซี่ไหนของคนใดในบทนี้จะแบ่งการอธิบายออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

3.1 หลักการและแนวคิดของงานวิจัย

3.2 การเก็บภาพ (Image acquisition)

3.3 การตัดแยกฟันออกเป็นซี่ (Tooth Cropping)

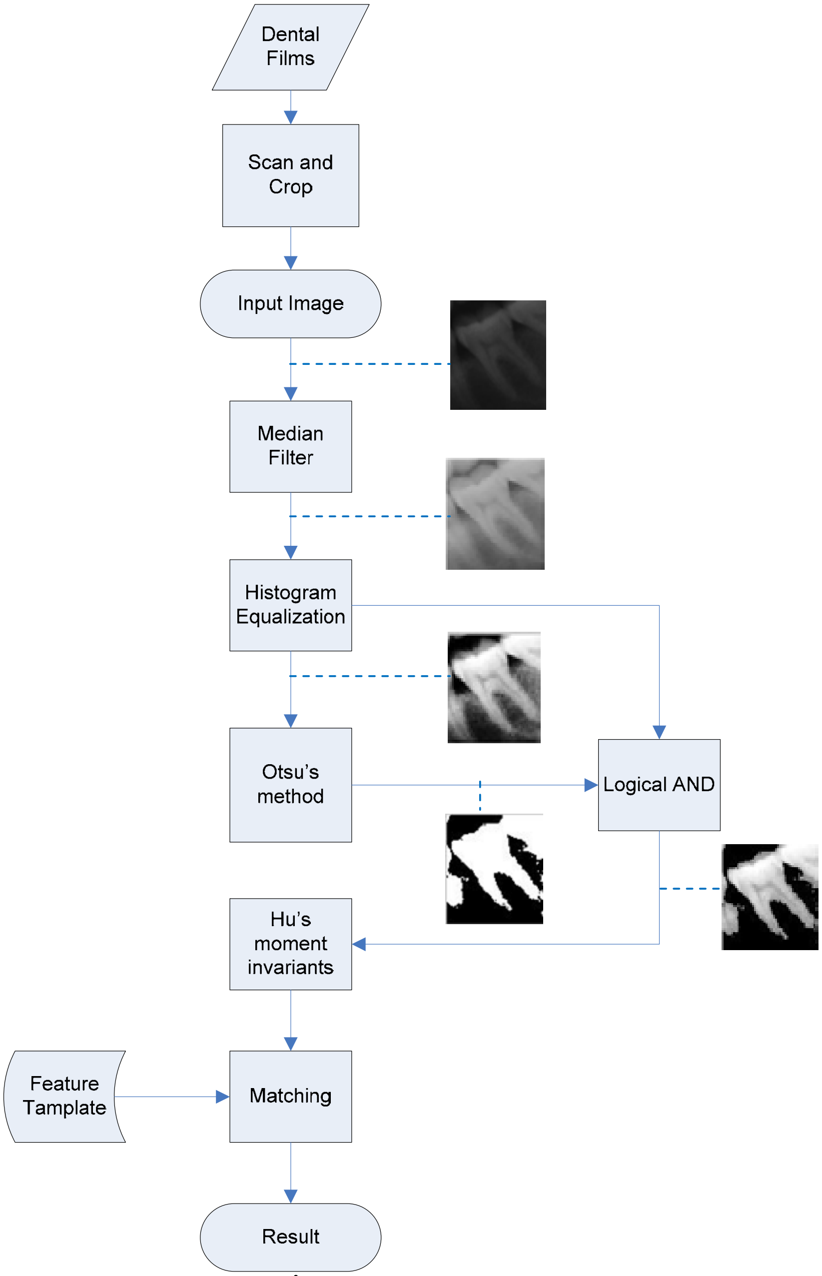
3.4 การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement)

3.5 การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

3.6 การสกัดลักษณะแบบรูปฟันและการเปรียบคู่ (Tooth Pattern Feature Extraction and Matching)

3.1 หลักการและแนวคิดของงานวิจัย

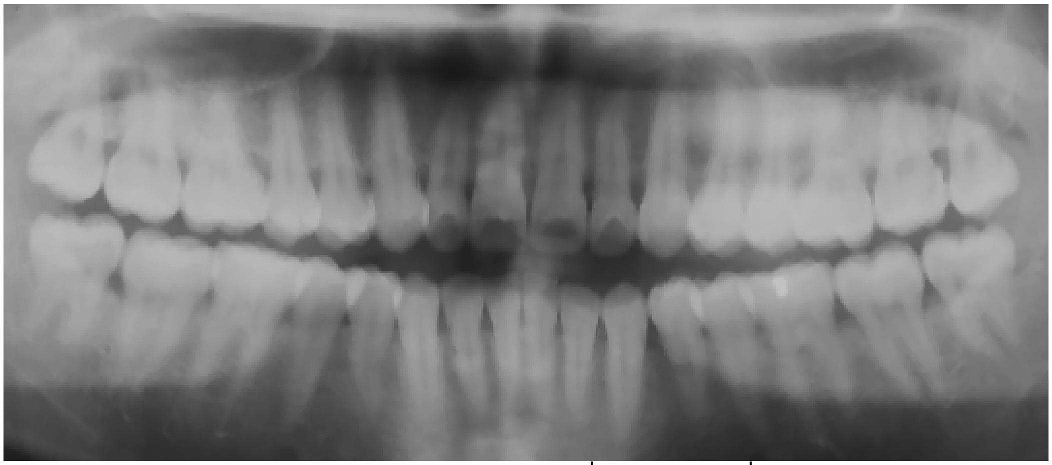
เนื่องจากการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมโดยใช้ลักษณะของฟันระบบจะต้องเปรียบคู่ลักษณะของภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมเป็นภาพรังสีปริทัศน์ของผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟันกับลักษณะของภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมทั้งหมดที่เป็นของชุดภาพอ้างอิง ซึ่งงานวิจัยนี้มีแนวคิดในการรู้จำฟันเฉพาะฟันกรามน้อยและฟันกรามใหญ่จึงได้มีการตัดแยกฟันออกเป็นซี่แล้วตั้งชื่อภาพฟันซี่นั้นให้มีความหมายว่าฟันซี่ใดของภาพใด แล้วนำภาพฟันแต่ละซี่ไปทำการแบ่งส่วนภาพ จากนั้นนำผลของการแบ่งส่วนภาพไปสกัดหาฟีเจอร์โดยใช้โมเมนต์ยืนยง (Hu’s moment invariants) และนำฟีเจอร์ไปเปรียบคู่กับฟีเจอร์ของชุดข้อมูลอ้างอิงที่เก็บไว้ล่วงหน้า จากการเปรียบคู่ลักษณะภาพและเลือกลำดับที่ดีที่สุดเป็นคำตอบใน 5 อันดับแรก โดยในรูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานในการรู้จำฟัน



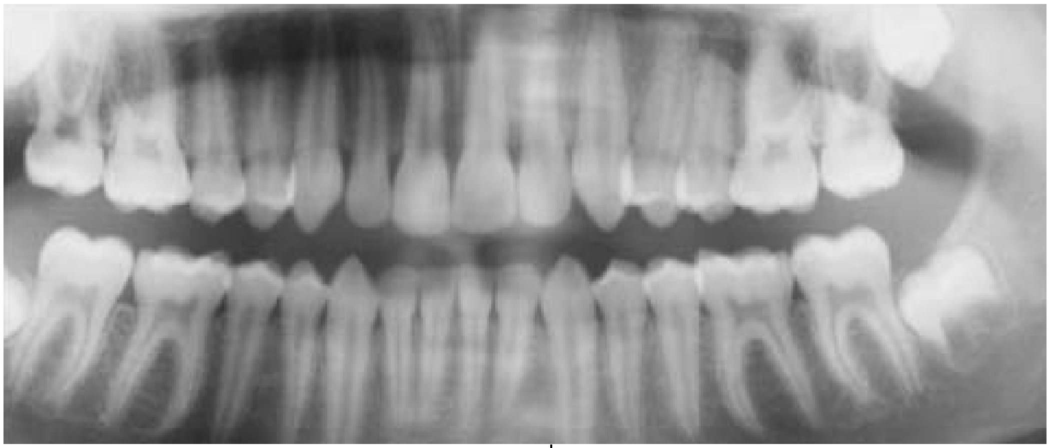
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานในการรู้จำฟัน

3.2 **การเก็บภาพ** (Image Acquisition)

ภาพฟันที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากภาพรังสีปริทัศน์ของผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟันที่เป็นฟิล์มขนาด 10"×12" ที่นำมาสแกนด้วยเครื่องสแกนฟิล์ม EPSON Perfection V700 photo และเก็บในรูปแบบแฟ้มข้อมูลภาพที่ไม่สูญเสียข้อมูล เช่น BMP เป็นต้น ตัวอย่างภาพที่ได้นำมาสแกนฟิล์มแสดงในรูปที่ 3.2 (ก) และ (ข)



(ก) ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่มีฟันครบ 32 ซี่



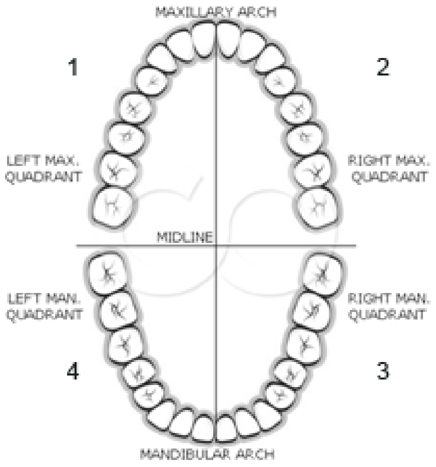
(ข) ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่มีฟันกรามใหญ่ไม่ครบ

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างภาพรังสีเอ็กซ์ของฟันชนิดรังสีปริทัศน์ที่ใช้ในงานวิจัย

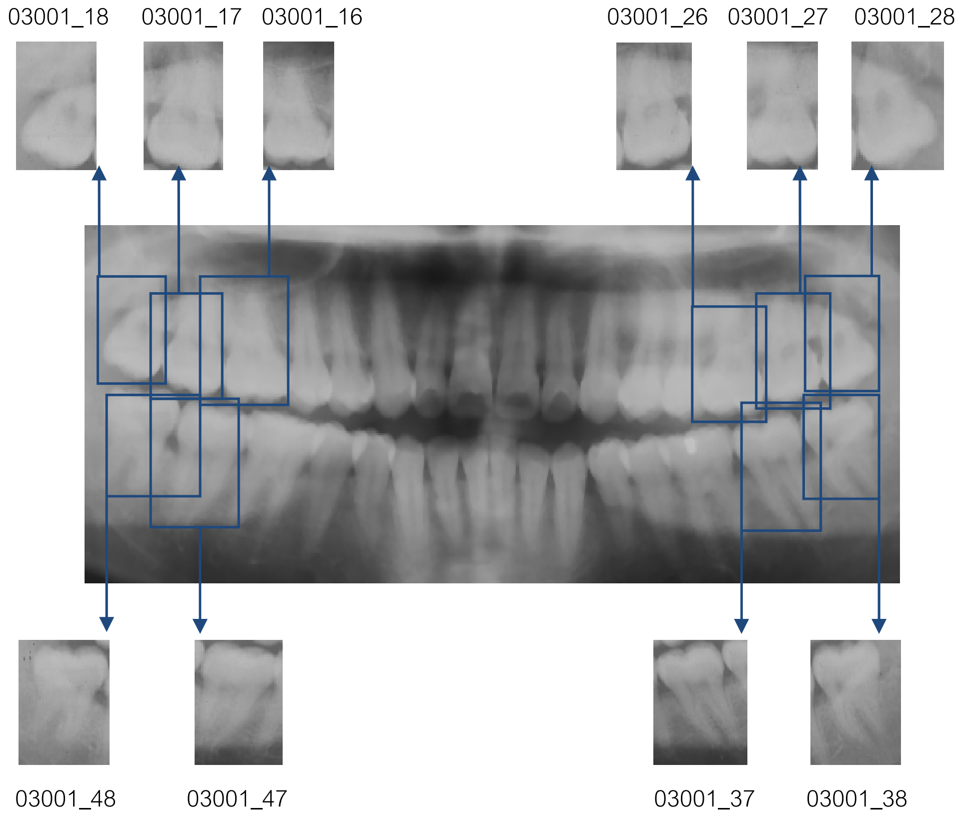
3.3 การตัดแยกฟันออกเป็นซี่ (Tooth Cropping)

ชุดฟันแท้ของมนุษย์ประกอบไปด้วยฟันจำนวน 32 ซี่ ในงานวิจัยนี้แยกฟันออกตามตำแหน่งเป็นจตุภาค (Quadrant) คือกรามบนซ้าย (Upper or Maxillary Left Arch) กรามบนขวา (Upper or Maxillary Right Arch) กรามล่างซ้าย (Lower or Maxillary Left Arch) และกรามล่างขวา (Lower or Maxillary Right Arch) ดังรูปที่ 3.3 และแต่ละจตุภาคประกอบไปด้วย 8 ซี่ คือ ฟันตัดหน้าซี่กลาง (Central incisor) 1 ซี่ ฟันตัดหน้าซี่ข้าง (lateral incisor) 1 ซี่ ฟันเขี้ยว (Cuspid or canine) 1 ซี่ ฟันกรามน้อย (Premolar) 2 ซี่ และฟันกรามใหญ่ (Molar) 3 ซี่ ซึ่งในงานวิจัยนี้สนใจเฉพาะฟันกรามน้อยและฟันกรามใหญ่

งานวิจัยนี้ตัดฟันออกเป็นซี่โดยตัดเองด้วยมือทุกภาพ เมื่อตัดภาพฟันออกมาเป็นซี่แล้วเก็บภาพฟันแต่ละซี่โดยตั้งชื่อไฟล์ให้สื่อว่าเป็นฟันจากฟิล์มเอ็กซ์เรย์ฟิล์มใดและเป็นฟันในตำแหน่งใดในฟิล์มนั้น เช่น 03001_37 ซึ่ง 03 หมายถึงฟิล์มเอ็กซ์เรย์ของคนที่ 3 001 หมายถึงฟิล์มเอ็กซ์เรย์แผ่นที่ 1 และ 37 หมายถึง ฟันในตำแหน่งที่ 37 คือฟันในจตุภาคที่ 3 ซี่ที่ 7 เป็นต้น ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 กรามบนและกรามล่างซึ่งเป็นจตุภาค [18]

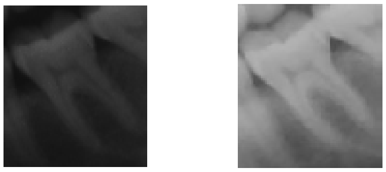


รูปที่ 3.4 ตัวอย่างภาพจากการตัดแยกฟันออกเป็นซี่ด้วยมือและชื่อไฟล์ที่ใช้สื่อความหมาย

3.4 **การปรับปรุงภาพ** (Image Enhancement)

3.4.1 **ตัวกรองมัธยฐาน** (Median filters)

งานวิจัยนี้ใช้ตัวกรองมัธยฐานในการกรองสัญญาณรบกวนที่เป็นจุดสีขาวและจุดสีดำ ตัวกรองมัธยฐานคือการแทนที่ค่าในพิกเซลทั้งหมดที่หน้าต่างครอบอยู่ด้วยค่ามัธยฐานนั่นเองใช้ค่ากลางของพิกเซลที่ตรงกันของหน้าต่างที่ครอบ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.5 (ก) คือภาพริ่มต้นและ (ข) คือผลลัพธ์การผ่านตัวกรองมัธยฐาน

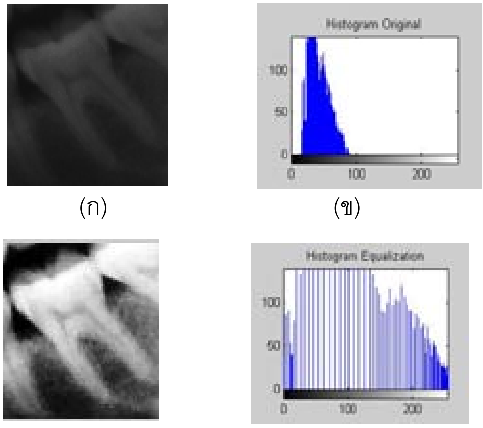


(ก) (ข)

รูปที่ 3.5 ภาพ (ก) คือภาพริ่มต้นและ (ข) คือผลลัพธ์การผ่านตัวกรองมัธยฐาน

3.4.2 Histogram equalization

กระบวนการ Histogram Equalization นี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์กับภาพ และมีการกระทำกับภาพในส่วนพื้นหลังและส่วนหน้าของภาพ ทำให้ภาพสว่างขึ้นหรือมืดลง มีประโยชน์เพื่อใช้ในการดูโครงสร้างหลักของภาพ เช่น ภาพรังสีเอ็กซ์ และทำให้เห็นรายละเอียดของภาพถ่ายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 3.7 ภาพเริ่มต้นเป็นภาพระดับเทาที่ถูกปรับปรุงด้วยวิธีการปรับปรุงฮิสโทแกรม รูปที่ 3.6 (ก) และ (ข) คือภาพริ่มต้นเป็นภาพระดับเทาและฮิสโทแกรมของภาพ รูปที่ 3.6 (ค) และ (ง) คือภาพระดับเทาที่ถูกปรับปรุงด้วยวิธีการปรับปรุงฮิสโทแกรมด้วยการทำการกระจายอย่างสม่ำเสมอของฮิสโทแกรม และฮิสโทแกรมของภาพที่ผ่านวิธีการปรับปรุงฮิสโทแกรม



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 3.6 ฮิสโทแกรมของภาพ และ กระจายอย่างสม่ำเสมอของฮิสโทแกรมของภาพ

3.5 การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

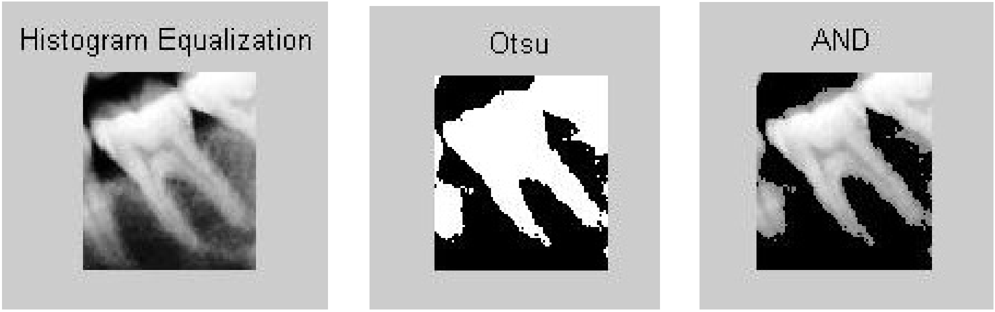
3.5.1 การแบ่งส่วนภาพ

ในขั้นตอนนี้ทำการแบ่งส่วนภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมซึ่งการแบ่งส่วนภาพเป็นขั้นตอนที่สำคัญก่อนการวิเคราะห์ภาพ ข้อมูลภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมประกอบด้วย 5 ส่วนคือ เนื้อเยื่อ (Soft tissue) พื้นหลัง (Background) กระดูก (Bone) ฟัน (Teeth) และสัญญาณรบกวน (Noise)

การแบ่งส่วนภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมออกจากพื้นที่ส่วนอื่นที่ไม่ใช่ฟัน โดยจะได้พื้นที่ส่วนบริเวณที่เป็นฟันซึ่งเป็นสีขาวของภาพและส่วนบริเวณอื่นซึ่งมีสีดำ โดยทั้ง 2 ส่วนมีค่าระดับเทาที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำการแบ่งส่วนบริเวณมือออกจากพื้นหลังโดยใช้การหาค่าขีดแบ่ง (Thresholding) โดยอัตโนมัติของ Otsu

3.5.2 ตัวดำเนินการทางตรรกศาสตร์ และ (Logical AND) [12]

หลังจากแบ่งส่วนภาพจากการหาค่าขีดแบ่งแล้ว ภาพลักษณ์ฐานสอง (Binary image) ที่ได้นำมาทำBitwise AND ระหว่างภาพระดับเทาที่ปรับฮิสโตแกรมให้เสมอภาคกัน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.8 (ก) และภาพลักษณ์ฐานสองที่แบ่งส่วนภาพด้วยค่าขีดแบ่งวิธีของ Otsu ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.7 (ข) ผลลัพธ์หลังการกระทำตัวดำเนินการทางตรรกศาสตร์ AND แสดงดังรูปที่ 3.8 (ค)



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.7 ภาพลักษณ์ฐานสองทำ Bitwise AND กับภาพที่ทำการปรับปรุงฮิสโทแกรมโดย Histogram Equalization

3.6 การสกัดลักษณะแบบรูปฟันและการเปรียบคู่ (Tooth Pattern Feature Extraction and Matching)

ในการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม ภาพภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมจะถูกสกัดลักษณะแบบรูปฟัน ลักษณะแบบรูปฟันที่ได้ในงานวิจัยนี้คือ โมเมนต์ยืนยงของภาพฟัน จากนั้นจะทำการคำนวนความเหมือนของภาพฟันในขั้นตอนของการเปรียบคู่ภาพฟันซึ่งอาศัยลักษณะแบบ

รูปฟันที่ได้ นำมาเปรียบเทียบกับลักษณะแบบรูปฟันจากฐานข้อมูลอ้างอิง โดยขั้นตอนในการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมในงานวิจัยนี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การสกัดลักษณะแบบรูปฟัน (Tooth Pattern Feature Extraction)

เมื่อกระทำตัวดำเนินการทางตรรกศาสตร์ AND ระหว่างภาพที่ทำการปรับปรุงฮิสโทแกรมโดย Histogram Equalization และภาพที่แบ่งส่วนภาพด้วยค่าขีดแบ่งวิธีของ Otsu จะทำการแปลงภาพฟันที่ได้ให้เป็นภาพลักษณ์ฐานสอง จากนั้นทำการคำนวณหาค่า Hu โมเมนต์ ทั้ง 7 ค่าของภาพฟันดังสมการที่ 3.1-3.6

$$H_1 = \eta_{2,0} + \eta_{0,2} \qquad \ldots (3.1)$$

$$H_2 = (\eta_{2,0} - \eta_{0,2})^2 + 4\eta_{1,1}^2 \qquad \ldots (3.2)$$

$$H_3 = (\eta_{3,0} - 3\eta_{1,2})^2 + (3\eta_{2,1} - \eta_{0,3})^2 \qquad \ldots (3.3)$$

$$H_4 = (\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 + (\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2 \qquad \ldots (3.4)$$

$$H_5 = (\eta_{3,0} - 3\eta_{1,2})(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})\left[(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 - 3(\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2\right] +$$
$$(3\eta_{2,1} - \eta_{0,3})(\eta_{2,1} + \eta_{0,3})\left[3(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 - (\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2\right] \qquad \ldots (3.5)$$

$$H_6 = (\eta_{2,0} - \eta_{0,2})\left[(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 - (\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2 + 4\eta_{1,1}(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})(\eta_{2,1} + \eta_{0,3})\right] \qquad \ldots (3.6)$$

2) การเปรียบคู่

การเปรียบคู่ เป็นการนำแผ่นแบบมาเปรียบเทียบเพื่อรู้จำภาพฟัน ใช้ภาพทดสอบ (Testing Images) ไปเปรียบคู่กับภาพอ้างอิงที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล (Reference Images) ซึ่งเทคนิคในการเปรียบคู่ใช้ฟีเจอร์ที่ได้จากการสกัดลักษณะแบบรูปฟัน (Tooth Pattern Feature Extraction) ซึ่งก็คือ ค่า Hu โมเมนต์ ทั้ง 7 ค่าของภาพฟัน เพื่อดูว่าแผ่นแบบที่นำมาเปรียบคู่กันนั้นมีความคล้ายคลึงกันมากน้อยเพียงใด ในงานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชันระยะทางในการหาค่าคะแนนการเปรียบคู่โดยใช้ฟังก์ชันระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean distance) ดังแสดงในสมการที่ 3.7

จะได้ว่าระยะทางยูคลิดของจุด x และ y คือ

$$d_{(x,y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - y_i)^2} \qquad \ldots (3.7)$$

โดยที่

x_i คือ ข้อมูลที่ i ถึง n ของค่า (x) คือฟีเจอร์ของภาพที่ 1

และ y_i คือข้อมูลที่ i ถึง n ของค่า (y) คือฟีเจอร์ของภาพที่ 2

ดังนั้น $d_{(x,y)}$ คือระยะทางแบบยูคลิดระหว่าง x และ y

จากสมการที่ 3.10 เป็นการคำนวณหาระยะห่างการเปรียบคู่โดยใช้ฟังก์ชันระยะทางแบบยูคลิดในการเปรียบคู่ฟัน คะแนนการเปรียบคู่จากสมการจะเรียงลำดับความคล้ายกันของแบบรูปฟันกล่าวคือ ระยะทางแบบยูคลิดน้อยที่สุดถือว่ามีความคล้ายกันของแบบรูปฟันมากที่สุด

3) การจัดลำดับผลลัพธ์

การจัดลำดับผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบคู่ลักษณะภาพและเลือกลำดับที่ดีที่สุดเป็นคำตอบ (Ranking Result and Select data) ใน 5 อันดับแรก คือระยะทางแบบยูคลิดน้อยที่สุด 5 อันดับแรกนั่นเอง

บทที่ 4

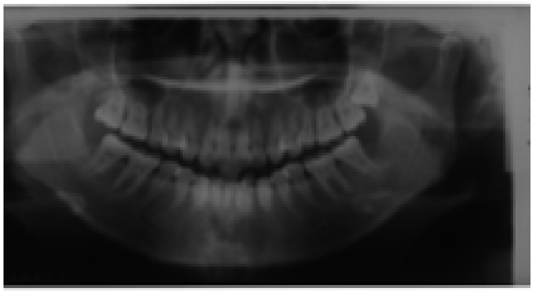
การทดลองและผลการทดลอง

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการรู้จำฟันสำหรับการรู้จำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม ในงานวิจัยนี้ใช้ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดภาพรังสีปริทัศน์ (Panoramic view) .ที่เป็นฟันกรามน้อยและฟันกรามใหญ่ในการเปรียบคู่กับข้อมูลภาพฟันอ้างอิง ในการเปรียบคู่เพื่อรู้จำฟันจากภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมใช้ Hu โมเมนต์ยืนยง (Hu’s moment invariants) ในบทนี้อธิบายถึงข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง วิธีการทดลอง ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง ตามลำดับ

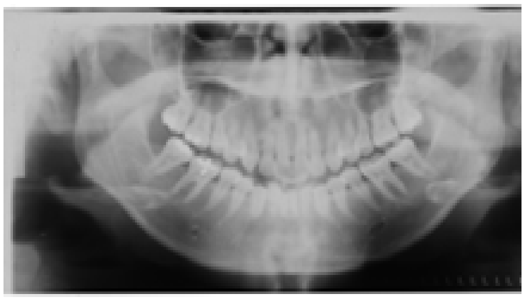
4.1 ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้ใช้ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดภาพรังสีปริทัศน์ (Panoramic view) ซึ่งได้อธิบายวิธีการเก็บภาพไว้แล้วในบทที่ 3 ภาพที่ใช้ในการทอดลองดังกล่าว มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ข้อมูลภาพใช้ฟิล์มเอ็กซ์เรย์ชนิดรังสีปริทัศน์จำนวน 12 ฟิล์ม จากคนจำนวน 5 คน และภาพฟันกรามน้อยและกรามใหญ่จำนวน 121 ภาพ เลือกภาพฟันที่มีฟันกรามน้อยและฟันกรามใหญ่ปรากฏอยู่ในภาพตัดแยกซี่ฟันออกเป็นซี่ ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลองดังรูปที่ 4.1-4.5 และตารางที่ 4.1-4.5

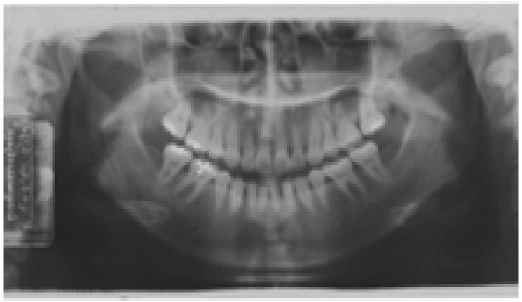
1) ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 1 ถ่าย 3 ครั้ง ตัดซี่ฟันได้จำนวน 42 ภาพ



(ก) ภาพถ่ายครั้งที่ 1 ภาพก่อนการจัดฟัน จำนวน 15 ภาพ



(ข) ภาพถ่ายครั้งที่ 2 ภาพหลังการจัดฟัน จำนวน 15 ภาพ



(ค) ภาพถ่ายครั้งที่ 3 ภาพหลังการจัดฟัน จำนวน 12 ภาพ

รูปที่ 4.1 ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 1 ถ่าย 3 ครั้ง

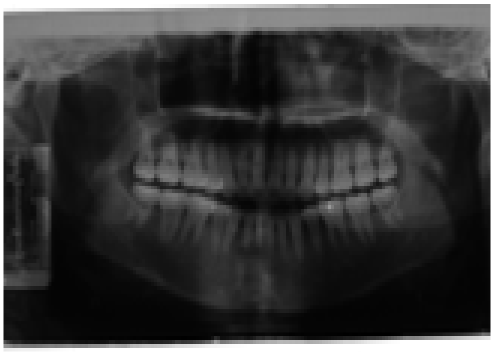
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 1

ภาพที่	Premolar									Molar										
	14	15	24	25	34	35	44	45	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
I	1*	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
II	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
III	0*	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0

** หมายเหตุ 1* คือมีฟันในตำแหน่งฟันซี่นั้นและ 0* คือไม่มีฟันในตำแหน่งฟันซี่นั้น*

2) ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 2 ถ่าย 2 ครั้ง ตัดซี่ฟันได้จำนวน 36 ภาพ

(ก) ภาพถ่ายครั้งที่ 1 ภาพก่อนการจัดฟัน จำนวน 18 ภาพ



(ข) ภาพถ่ายครั้งที่ 2 ภาพหลังการจัดฟัน จำนวน 18 ภาพ

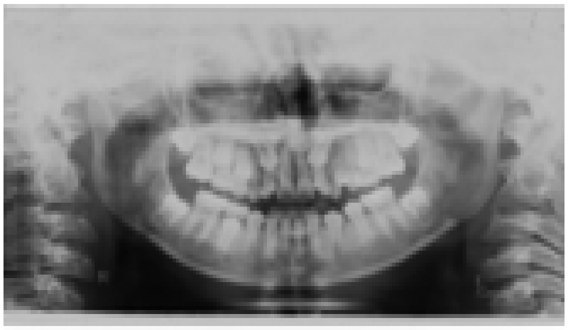
รูปที่ 4.2 ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 2 ถ่าย 2 ครั้ง

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 2

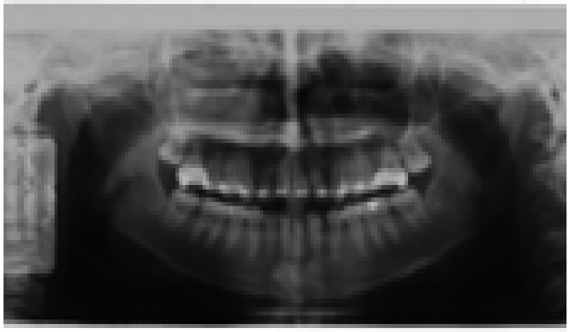
ภาพที่	Premolar									Molar										
	14	15	24	25	34	35	44	45	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
I	1*	1	1	1	0*	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
II	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

** หมายเหตุ 1* คือมีฟันในตำแหน่งฟันซี่นั้นและ 0* คือไม่มีฟันในตำแหน่งฟันซี่นั้น*

3) ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 3 ถ่าย 2 ครั้ง ตัดซี่ฟันได้จำนวน 4 ภาพ



(ก) ภาพถ่ายครั้งที่ 1 ภาพก่อนการจัดฟัน จำนวน 2 ภาพ



(ข) ภาพถ่ายครั้งที่ 2 ภาพหลังการจัดฟัน จำนวน 2 ภาพ

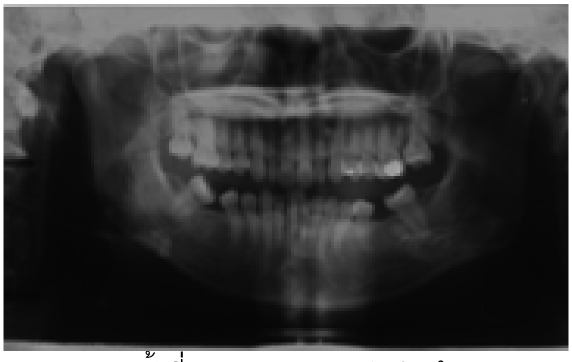
รูปที่ 4.3 ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 3

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 3

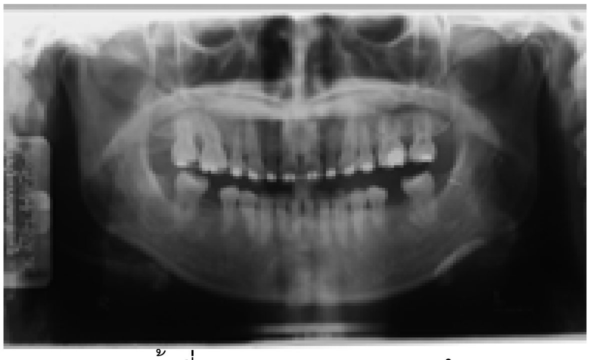
ภาพที่	Premolar									Molar										
	14	15	24	25	34	35	44	45	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
I	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1*	0	0	1	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0

** หมายเหตุ 1* คือมีฟันในตำแหน่งฟันซี่นั้นและ 0* คือไม่มีฟันในตำแหน่งฟันซี่นั้น*

4) ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 4 ถ่าย 2 ครั้ง ตัดซี่ฟันได้จำนวน 4 ภาพ



(ก) ภาพถ่ายครั้งที่ 1 ภาพก่อนการจัดฟัน จำนวน 2 ภาพ



(ข) ภาพถ่ายครั้งที่ 2 ภาพหลังการจัดฟัน จำนวน 2 ภาพ

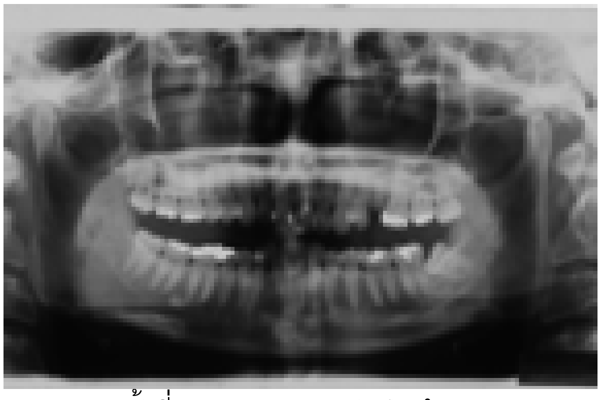
รูปที่ 4.4 ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 4

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 4

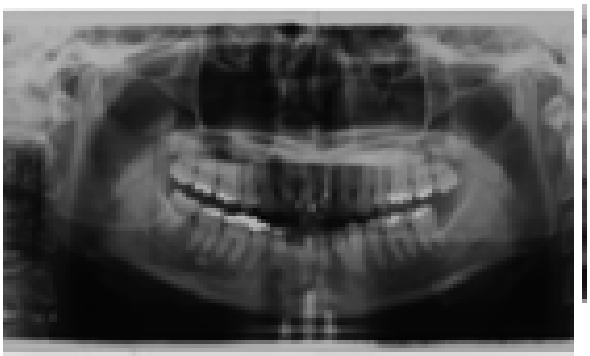
ภาพที่	Premolar									Molar										
	14	15	24	25	34	35	44	45	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
I	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1*	0	0	1	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0

** หมายเหตุ 1* คือมีฟันในตำแหน่งฟันซี่นั้นและ 0* คือไม่มีฟันในตำแหน่งฟันซี่นั้น*

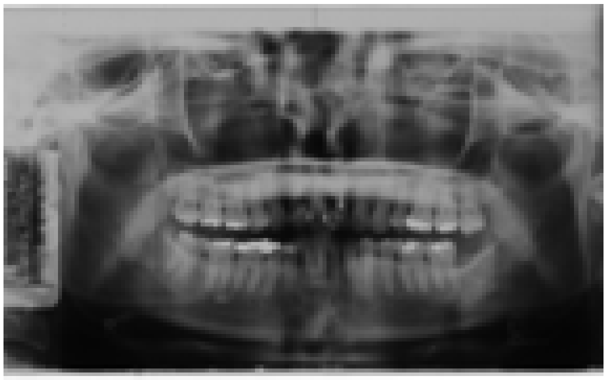
5) ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 5 ถ่าย 3 ครั้ง ตัดซี่ฟันได้จำนวน 35 ภาพ



(ก) ภาพถ่ายครั้งที่ 1 ภาพก่อนการจัดฟัน จำนวน 11 ภาพ



(ข) ภาพถ่ายครั้งที่ 2 ภาพหลังการจัดฟัน จำนวน 12 ภาพ



(ค) ภาพถ่ายครั้งที่ 3 ภาพหลังการจัดฟัน จำนวน 12 ภาพ

รูปที่ 4.5 ภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 5

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลภาพรังสีปริทัศน์ของคนที่ 5

ภาพที่	Premolar									Molar											
	14	15	24	25	34	35	44	45	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
I	0*	1*	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
II	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
III	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1

** หมายเหตุ 1* คือมีฟันในตำแหน่งฟันซี่นั้นและ 0* คือไม่มีฟันในตำแหน่งฟันซี่นั้น*

4.2 การทดลองและผลการทดลองการการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม

การทดลองในส่วนนี้ทำการหาประสิทธิภาพของการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม โดยใช้ Hu โมเมนต์ยืนยง (Hu's moment inavariants) ในการสกัดลักษณะฟัน ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง วิธีการทดลอง ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 การทดลองเปรียบคู่กับภาพเดียวกัน

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองในส่วนนี้จะใช้ข้อมูลภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ ใช้ฟิล์มเอ็กซ์เรย์ชนิดรังสีปริทัศน์จำนวน 12 ฟิล์ม จากคนจำนวน 5 คน และภาพฟันกรามน้อยและกรามใหญ่จำนวน 121 ภาพซึ่งได้อธิบายไว้ใน บทที่ 3 โดยแบ่งการทดลองเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

4.2.1.1 วิธีการทดลอง

1. นำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่เป็นภาพของฟิล์มเอ็กซ์เรย์ทันตกรรมจัดฟันที่ตัดเป็นซี่แล้วมาใช้เป็นภาพชุดข้อมูลอ้างอิงจำนวนทั้งหมด 121 ภาพ
2. นำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ 121 ภาพที่เป็นภาพเดียวกันกับ 121 ภาพที่เก็บเป็นภาพอ้างอิงมาเป็นตัวทดสอบ
3. ทำการเปรียบคู่เพื่อรู้จำฟันด้วยวิธีที่นำเสนอ

4.2.1.2 ผลการทดลอง

ผลทดลองการการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมแสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบคู่ฟันเพื่อการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมที่ให้ผลการเปรียบคู่กับภาพเดียวกัน

Rank	จำนวน
1	121
เปอร์เซ็นต์ (%)	100

4.2.1.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการนำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่เป็นภาพของฟิล์มทันตกรรมจัดฟันที่ตัดเป็นซี่แล้วมาใช้เป็นภาพอ้างอิงจำนวนทั้งหมด 121 ภาพ นำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ 121 ภาพที่เป็นภาพเดียวกันภาพที่เก็บเป็นข้อมูลภาพอ้างอิงเป็นตัวทดสอบการรู้จำฟันมีการเปรียบคู่ฟันได้ถูกต้อง 121 ภาพ ใน Rank1 มีค่าความถูกต้องเป็น 100% ซึ่งแสดงว่าลักษณะภาพที่ใช้ในการเปรียบคู่นั้นไม่มีลักษณะภาพของภาพอื่นที่มีค่าเท่ากันนอกจากภาพเดียวกันเท่านั้น

4.2.2 การทดลองกับภาพที่แบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติ

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองในส่วนนี้จะใช้ข้อมูลภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ ใช้ฟิล์มเอ็กซ์เรย์ชนิดรังสีปริทัศน์จำนวน 12 ฟิล์ม จากคนจำนวน 5 คน และภาพฟันกรามน้อยและกรามใหญ่จำนวน 121 ภาพ ใช้วิธีการแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติซึ่งได้อธิบายไว้ใน บทที่ 3 โดยแบ่งเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

4.2.2.1 วิธีการทดลอง

1. ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่ตัดเป็นซี่และแบ่งส่วนภาพแล้วมีพื้นที่อื่นนอกเหนือจากฟันซี่นั้นติดมาโดยวิธีการแบ่งส่วนแบบอัตโนมัติมาสุ่มภาพซี่ฟันจำนวน 15 ซี่จากฟันจำนวน 49 ซี่เพื่อนำมาเป็นภาพทดสอบ
2. นำภาพฟันกรามน้อยและกรามใหญ่ 106 ซี่ เก็บเป็นข้อมูลภาพอ้างอิง
3. นำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่เป็นภาพของฟิล์มเอ็กซ์เรย์ที่ตัดเป็นซี่ ที่สุ่มได้ 15 ซี่ แล้วมาทำการทดสอบการการรู้จำฟัน
4. ทำการเปรียบคู่เพื่อรู้จำฟันด้วยวิธีที่นำเสนอ
5. ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 จนครบ 3 ครั้ง

4.2.2.2 ผลการทดลอง

ผลทดลองการการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมที่ตัดเป็นซี่และแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและภาพที่แบ่งส่วนภาพแล้วมีพื้นที่อื่นนอกเหนือจากฟันซี่นั้นติดมาแสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบคู่ฟันเพื่อการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมที่ใช้วิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติให้ผลการเปรียบคู่ถูกคนถูกตำแหน่ง และถูกตำแหน่งฟัน

การทดลองภาพ 15 ภาพ	ถูกคนถูกตำแหน่ง		ถูกตำแหน่งฟัน	
	Rank1	Rank1-5	Rank1	Rank1-5
การทดลอง 1	1	7	3	12
การทดลอง 2	0	2	2	5
การทดลอง 3	1	3	2	7
ค่าเฉลี่ย	1	4	2.33	8
เปอร์เซ็นต์ (%)	4.45	26.67	15.55	53.33

4.2.2.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

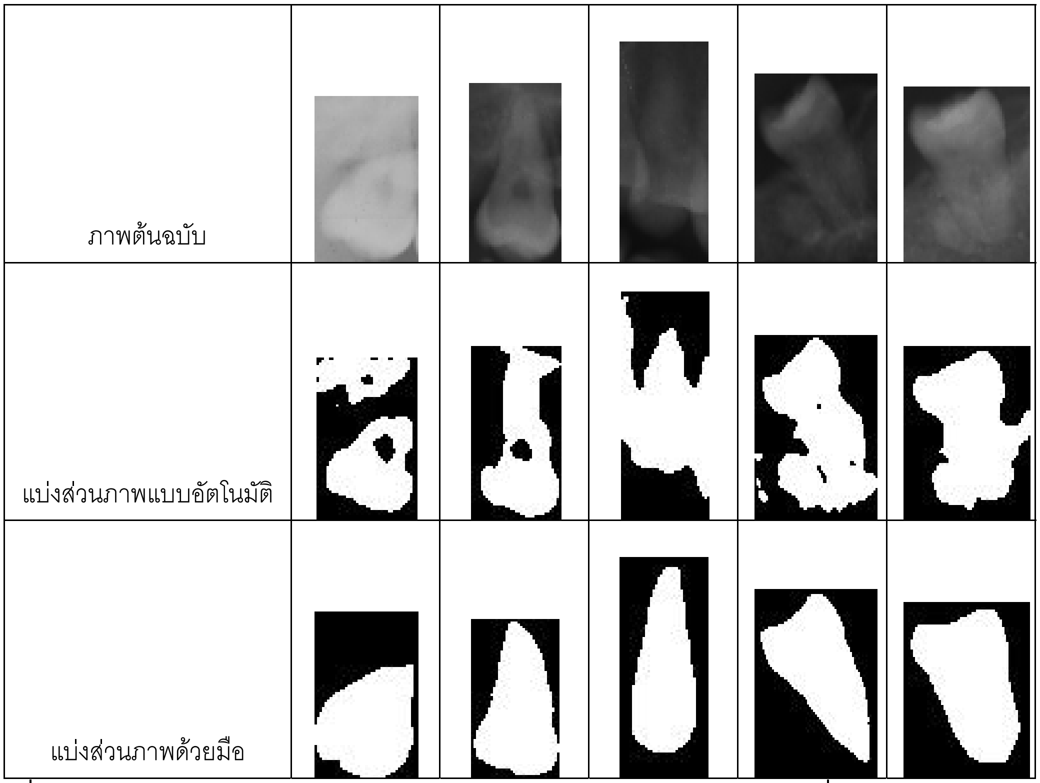
จากการทดลองพบว่าการนำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่ตัดเป็นซี่และแบ่งส่วนภาพด้วยวิธีอัตโนมัติแล้วมีพื้นที่อื่นนอกเหนือจากฟันซี่นั้นติดมา มาสุ่มภาพซี่ฟันจำนวน 15 ซี่จาก 49 ซี่ เพื่อนำมาเป็นภาพทดสอบและนำภาพฟันกรามน้อยและกรามใหญ่ 106 ซี่ เพื่อใช้เป็นภาพอ้างอิง ทำการทดสอบการการรู้จำฟัน 3 รอบ และได้ให้ผลการรู้จำฟันว่าเป็นภาพรังสีเอ็กซ์ได้ถูกคนและถูกตำแหน่งถูกต้องเฉลี่ย 26.67% และเปรียบคู่ในการรู้จำฟันถูกตำแหน่งฟัน 53.33%

ข้อสังเกต

- ผลที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 การทดลอง ฟันที่เลือกนำมาเปรียบคู่มีทั้งซี่ที่มี 3 ภาพและซี่ที่มี 2 ภาพถ้าเลือกฟันที่นำมาทดสอบจากซี่ที่มี 3 ภาพน่าจะมีโอกาสเปรียบคู่ถูกมากกว่าฟันที่มี 2 ภาพให้เปรียบคู่

ปัญหาที่พบ

- การแบ่งส่วนภาพใช้กับภาพที่ไม่ได้ทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalization) ในค่าระดับเทาซึ่งมีผลต่อการแบ่งส่วนภาพ
- การปรับปรุงภาพใช้ปรับฮิสโตแกรมให้เสมอภาคกัน ทำกับภาพนั้นๆ จะมีผลต่อผลการแบ่งส่วนภาพที่ได้จากฟันซี่เดียวกันคนเดียวกันต่างกันมากได้ ดังตัวอย่างของภาพผลการแบ่งส่วนภาพในรูปที่ 4.6 ของผลการแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและภาพเดียวกันที่ใช้การแบ่งส่วนภาพด้วยมือ



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างของภาพผลการแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและภาพเดียวกันที่ใช้การแบ่งส่วนภาพด้วยมือ

4.2.3 การทดลองกับภาพที่แบ่งส่วนภาพด้วยมือ

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองในส่วนนี้จะใช้ข้อมูลภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ ใช้ฟิล์มเอ็กซ์เรย์ชนิดรังสีปริทัศน์จำนวน 12 ฟิล์ม จากคนจำนวน 5 คน และภาพฟันกรามน้อยและกรามใหญ่จำนวน 121 ภาพ และได้มีการแบ่งส่วนภาพด้วยมือซึ่งมีการทดลองดังต่อไปนี้

4.2.3.1 วิธีการทดลอง

1. ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่ตัดเป็นซี่และแบ่งส่วนภาพด้วยมือ (Manual segmentation) เพื่อตัดพื้นที่อื่นนอกเหนือจากฟันซี่นั้นออกมาสุ่มภาพซี่ฟันจำนวน 15 ซี่จากฟันจำนวน 49 ซี่เพื่อนำมาเป็นภาพทดสอบซึ่งเป็นซี่เดียวกันกับการสุ่มในการทดลองที่ 4.3.2.1
2. นำภาพฟันกรามน้อยและกรามใหญ่ 106 ซี่ เก็บเป็นข้อมูลภาพอ้างอิง
3. นำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่เป็นภาพของฟิล์มเอ็กซ์เรย์ที่ตัดเป็นที่สุ่มมา 15 ซี่ แล้วมาทำการทดสอบการการรู้จำฟัน

4. ทำการเปรียบคู่เพื่อรู้จำฟันด้วยวิธีที่นำเสนอ
5. ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 จนครบ 3 ครั้ง

4.2.3.2 ผลการทดลอง

ผลทดลองการการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมที่ตัดเป็นซี่และแบ่งส่วนภาพด้วยมือเพื่อตัดพื้นที่อื่นนอกที่เหนือจากฟันซี่นั้นออกให้เหลือเฉพาะฟันซี่นั้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบคู่ฟันเพื่อการรู้จำฟันในภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมที่ใช้วิธีแบ่งส่วนภาพด้วยมือให้ผลการเปรียบคู่ถูกคนถูกตำแหน่ง และถูกตำแหน่งฟัน

การทดลองภาพ 15 ภาพ	ถูกคนถูกตำแหน่ง		ถูกตำแหน่งฟัน	
	Rank1	Rank1-5	Rank1	Rank1-5
การทดลอง 1	2	7	3	11
การทดลอง 2	6	10	6	15
การทดลอง 3	2	8	5	15
ค่าเฉลี่ย	3.33	8.33	4.67	13.67
เปอร์เซ็นต์ (%)	22.22	55.55	31.11	91.11

4.2.3.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการนำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่ตัดเป็นซี่และแบ่งส่วนภาพด้วยมือ (Manual segmentation) เพื่อตัดพื้นที่อื่นนอกเหนือจากฟันซี่นั้นออก จำนวน 15 ซี่จากทั้งหมด 121 ซี่ เพื่อนำมาเป็นภาพทดสอบและนำภาพฟันกรามน้อยและกรามใหญ่ 106 ซี่เพื่อใช้เป็นภาพอ้างอิง ทำการทดสอบการการรู้จำฟัน 3 รอบ และได้ให้ผลการรู้จำฟันว่าเป็นภาพรังสีเอ็กซ์ได้ถูกคนและถูกตำแหน่งถูกต้องเฉลี่ย 55.55% และเปรียบคู่ในการรู้จำฟันถูกตำแหน่งฟัน 91.11%

ข้อสังเกต

- ผลที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 การทดลอง ฟันที่แบ่งส่วนภาพได้ดีถ้านำมาทดสอบการเปรียบคู่น่าจะมีโอกาสเปรียบคู่ถูกมากกว่าฟันที่แบ่งส่วนภาพได้ไม่ดี ดังตัวอย่างการแบ่งส่วนภาพในรูปที่ 4.6
- การเปรียบคู่เพื่อรู้จำฟันถูกคนและถูกซี่ฟันให้ผลที่ดีขึ้นเนื่องจากภาพมีการแบ่งส่วนภาพดี และการเปรียบคู่เพื่อรู้จำฟันถูกชนิดตำแหน่งฟันให้ผลคามถูกต้องที่สูงเนื่องจากแบ่งส่วนภาพดีแล้วสามารถที่จะบอกรูปร่างของฟันว่าเป็นฟันชนิดและตำแหน่งใดในฟันกรามน้อยและกรามใหญ่ที่ใช้ในการทดลอง เช่นตำแหน่งที่ 14, 15, 16, 17, 18, 24, 25, 26, 27, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 44, 45, 46, 47 หรือ 48

โปรแกรมต้นแบบที่ใช้ในการทดลองพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Matlab 7.0 โดยประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ Intel® Core™ 2 Duo T7500 ความเร็ว 2.13 GHz หน่วยความจำ 2 GB ในการประมวลผล

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทนี้กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยวิธีการรู้จำฟันสำหรับการรู้จำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรม ใช้ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดภาพรังสีปริทัศน์ (Panoramic view) โดยใช้ลักษณะของฟันกรามน้อยและฟันกรามใหญ่ในการเปรียบคู่กับข้อมูลภาพฟันอ้างอิงและข้อเสนอแนะ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การเก็บภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดภาพรังสีปริทัศน์เป็นขั้นตอนแรกของงานวิจัย โดยการรับฟิล์มเอ็กเรย์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ ซึ่งฟิล์มมีขนาด 10"×12" นำมาสแกนด้วยเครื่องสแกนฟิล์มรุ่น EPSON Perfection V700 Photo เพื่อแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปดิจิทัล (Digital) และเป็นภาพระดับเทา (Gray scale) งานวิจัยนี้เก็บภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมรูปแบบแฟ้ม BMP เป็นแฟ้มข้อมูลที่มีการบีบอัดข้อมูลโดยข้อมูลเดิมไม่มีการสูญเสียข้อมูล

ในขั้นตอนถัดมานำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมที่เป็นภาพระดับเทามาทำการตัดแยกซี่ฟันกรามน้อยและฟันกรามใหญ่ออกมาเป็นซี่ ซึ่งตัดฟันออกเป็นซี่โดยตัดเองด้วยมือทุกภาพโดยตั้งชื่อไฟล์ให้สื่อว่าเป็นฟันจากฟิล์มเอ็กซ์เรย์ฟิล์มใดและเป็นฟันตำแหน่งใด เพื่อนำไปใช้ในการเปรียบคู่กับข้อมูลภาพฟันกับข้อมูลภาพอ้างอิง ซึ่งเป็นการเปรียบคู่ที่ใช้เฉพาะฟันกรามน้อยและกรามใหญ่เท่านั้น ในการตัดแยกซี่ฟันกรามน้อยและฟันกรามนี้พบว่ามีจำนวนของฟันกรามใหญ่มากกว่าจำนวนของฟันกรามน้อยเนื่องจากฟันแท้ของมนุษย์มีจำนวนฟันทั้งหมด 32 ซี่ ซึ่งประกอบไปด้วย ฟันตัดหน้าซี่กลาง (Central incisor) 4 ซี่ ฟันตัดหน้าซี่ข้าง (Lateral incisor) 4 ซี่ ฟันเขี้ยว (Cuspid or canine) 4 ซี่ ฟันกรามน้อย (Premolar) 8 ซี่ และฟันกรามใหญ่ (Molar) 12 ซี่ และรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่ใช้เป็นฟิล์มรังสีเอ็กซ์ของผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟันดังนั้นจำนวนของฟันกรามน้อยอาจจะมีจำนวนที่น้อยลงไปเนื่องจากมีการถอนก่อนการทำทันตกรรมจัดฟัน

ขั้นตอนถัดมาเป็นการประมวลผลภาพเบื้องต้น เพื่อปรับปรุงภาพให้เหมาะสม โดยขั้นตอนแรกทำการนำภาพซี่ฟันที่เป็นภาพระดับเทามาปรับฮิสโตแกรมให้เสมอภาคกัน (Histogram Equalization) แล้วนำมากำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองมัธยฐาน หลังจากการประมวลผลภาพเบื้องต้นแล้วทำการแบ่งส่วนภาพฟันออกจากส่วนอื่นๆ เช่น เนื้อเยื่อ (Soft tissue) พื้นหลัง

(Background) กระดูก (Bone) และสัญญาณรบกวน Noise) โดยใช้วิธีการหาค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัติของ Otsu จะได้ภาพเป็นภาพลักษณ์ฐานสอง (Binary image)

หลังจากแบ่งส่วนภาพจากการหาค่าขีดแบ่งแล้ว ภาพลักษณ์ฐานสอง (Binary image) ที่ได้นำมาทำ Bitwise AND ระหว่างภาพระดับเทาที่ปรับฮิสโตแกรมให้เสมอภาคกันแล้วและภาพลักษณ์ฐานสองที่แบ่งส่วนภาพด้วยค่าขีดแบ่งวิธีของ Otsu

เมื่อกระทำตัวดำเนินการทางตรรกศาสตร์ AND แล้วจากนั้นทำการคำนวณหาค่า Hu โมเมนต์ ทั้ง 7 ค่า เพื่อเป็นลักษณะแบบรูปฟัน ลักษณะแบบรูปฟันที่ได้ในงานวิจัยนี้คือ โมเมนต์ยืนยงของภาพฟัน จากนั้นจะทำการคำนวนความเหมือนของภาพฟันในขั้นตอนของการเปรียบคู่ภาพฟันซึ่งอาศัยลักษณะแบบรูปฟันที่ได้ นำมาเปรียบเทียบกับลักษณะแบบรูปฟันจากข้อมูลภาพอ้างอิง

ในการเปรียบคู่แบบรูปฟันทดสอบกับแบบรูปฟันจากข้อมูลภาพอ้างอิง ซึ่งเป็นภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ ภาพฟันกรามน้อยและกรามใหญ่จำนวน 121ภาพซึ่งได้ทำการทดลอง 3 การทดลองคือ

1) การทดสอบการเปรียบคู่ของฟันภาพเดียวกันที่เป็นภาพอ้างอิงและภาพที่ใช้ทำสอบทำการทดสอบ 3 รอบ ผลการทดสอบพบว่าการเปรียบคู่นั้นทำได้ถูกต้อง 100% แสดงว่าลักษณะภาพที่ใช้ในการเปรียบคู่นั้นไม่มีลักษณะภาพของภาพอื่นที่มีค่าเท่ากันนอกจากภาพเดียวกันเท่านั้น

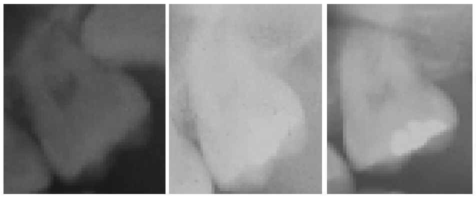
2) การทดลองที่สองคือการนำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่ตัดเป็นซี่และแบ่งส่วนภาพแล้วมีพื้นที่อื่นนอกเหนือจากฟันซี่นั้นติดมาโดยวิธีการแบ่งส่วนแบบอัตโนมัติแล้วสุ่มจำนวน 15 ภาพจาก 49 ภาพ เพื่อนำมาเป็นภาพทดสอบและภาพอ้างอิง 106 ภาพทดสอบ 3 รอบและผลการทดลองการเปรียบคู่นั้นให้ความถูกต้องการรู้จำฟันว่าเป็นภาพรังสีเอ็กซ์ได้ถูกคนและถูกตำแหน่งถูกต้องเฉลี่ย 26.67% และเปรียบคู่ในการรู้จำฟันถูกตำแหน่งฟันเฉลี่ย 53.33%

3) การทดลองที่สามคือการนำภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่ตัดเป็นซี่และแบ่งส่วนภาพด้วยมือ (Manual segmentation) เพื่อตัดพื้นที่อื่นนอกเหนือจากฟันซี่นั้นออกให้เหลือเฉพาะฟันซี่นั้น จำนวน 15 ภาพจาก 49 ภาพ เพื่อนำมาเป็นภาพทดสอบและภาพอ้างอิง 106 ภาพ ทดสอบ 3 รอบและผลการทดลองการเปรียบคู่นั้นให้ความถูกต้องการรู้จำฟันว่าเป็นภาพรังสีเอ็กซ์ได้ถูกคนและถูกตำแหน่งถูกต้องเฉลี่ย 55.55% และเปรียบคู่ในการรู้จำฟันถูกตำแหน่งฟัน

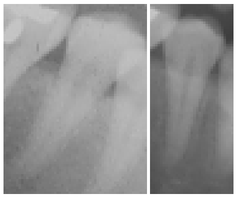
เฉลี่ย 91.11% ซึ่งการเปรียบคู่ภาพการตัดส่วนอื่นที่ไม่ใช่ฟันออกทำให้การเปรียบคู่มีประสิทธิภาพสูง

ดังนั้นจากผลการทดลองสรุปได้ว่า

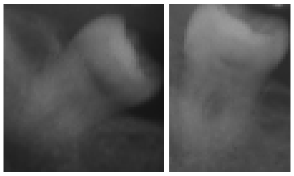
- การแบ่งส่วนภาพมีผลต่อการรู้จำภาพมาก
- ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ก่อนทำทันตกรรมจัดฟันและภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์หลังทำทันตกรรมจัดฟันรูปร่างของฟันในภาพรังสีเอ็กซ์เปลี่ยนไป ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.1 (ก) เป็นภาพเดียวกันทั้ง 3 ภาพ (ข) เป็นภาพเดียวกันทั้ง 2 ภาพ และ (ค) เป็นภาพเดียวกันั้ง 2 ภาพ



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5.1 ภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ก่อนทำทันตกรรมจัดฟันและภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์หลังทำทันตกรรมจัดฟัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาโปรแกรมและทดลองวิธีการที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้พบว่ายังมีส่วนที่น่าจะปรับปรุงเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นได้ ดังต่อไปนี้

1) อาจทำการเก็บข้อมูลภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์เพิ่มเพื่อใช้ในการทดลองระบบ เพื่อให้ความถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด
2) ทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalization) ในค่าระดับเทาซึ่งมีผลต่อการแบ่งส่วนภาพ
3) อาจหาวิธีแบ่งส่วนภาพที่เหมาะสมมากที่สุดในการแบ่งส่วนภาพ
4) อาจทำการเก็บข้อมูลภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดอื่นเพิ่มนอกเหนือจากชนิดรังสีปริทัศน์ เช่น ชนิด Bitewing ชนิด Periapical เป็นต้น เพิ่มเพื่อใช้ในการทดลอง

5) อาจใช้ภาพดิจิทัลจากการถ่ายภาพ CT-Scan แทนฟิล์มรังสีเอ็กซ์เพื่อลดปัญหาการสูญเสียรายละเอียดของข้อมูลภาพได้
6) อาจนำวิธีโมเมนต์ยืนยงไปใช้ร่วมกับฟีเจอร์อื่นเพื่อเพิ่มความถูกต้องให้กับระบบเช่นใช้ร่วมกับคอนทัวร์
7) น่าจะศึกษาสมบัติของ Hu's moment Invaraints ทั้ง 7 ค่าให้มากขึ้น และสมบัติข้อใดเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นฟีเจอร์ในการนำมาเปรียบคู่
8) น่าจะศึกษาระยะห่างระยะทางอื่นๆ นอกเหนือจากระยะห่างระยะทางยูคลิด ที่เหมาะสมในการเปรียบคู่

รายการอ้างอิง

[1] Bowers, C.M. and Raymond Johansen. Digital Analysis of Bite Mark Evidence. In American Academy of Forensic Sciences, pp. 118. United State: Forensic Imaging Inst, 2000.

[2] Anil K. Jain, Hong Chen and Silviu Minut. Dental Biometrics: Human Identification Using Dental Radiographs. In Proceedings of Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication, pp. 429-437, 2003.

[3] Jindan Zhouc and Mohamed Abdel-Mottaleb. Acontent-Based System for Human Identification Based on Bitewing. Pattern Recognition Society 38 (2005): 2132-2142.

[4] Omaima Nomir and Mohamed Abdel-Mottaleb. Combining Matching Algorithms for Human Identification using Dental X-ray Radiographs. IEEE International Conference on Image Processing (2007): 409-412.

[5] Omaima Nomir and Mohamed Abdel-Mottaleb. Human Identification From Dental X-Ray Images Based on the Shape and Appearance of the Teeth. IEEE Transactions on Information Forensics and Security (2007): 188-197.

[6] Guang-Yuan Zhang, Bo Cheng, Rui-Jia Feng and Jia-Wen Li. Real-Time Driver Eye Detection Method Using Support Vector Machine With Hu Invariant Moments. In Proceedings of the Seventh International Conference on Machine Learning and Cybernetics, pp. 2999-3004, 12-15 July 2008.

[7] Ungkarn Jarujareet and Nongluk Covavisaruch. An Improvement of Iris-Blob Map Approach for Iris Identification. In Proceedings of Electrical Engineering/ Electronics Computer Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), International Conference, pp. 846 – 850, 19-21 May 2010.

[8] Cjohnson. Biology of The Human Dentition Orla 312 [Online]. 2012 Available from http://www.uic.edu/classes/orla/orla312/ [2012, April 2]

[9] FDI. FDI World Dental Federation. Tour De Cointrin, Avenue Louis Casai 84, Case

Postale 3, 1216 Cointrin-Geneve: Switzerland, 2012.

[10] Dental Office. Human Teeth - Types of Teeth - Tooth morphology [Online]. 2012 Available from http://users.forthnet.gr/ath/abyss/dep1151.htm [2012, April 2]

[11] Otto Glasser. W. C. Roentgen and the Discovery of the Roentgen Rays. In AJR 1995 165 (1995): 1033-1040.

[12] Gonzales, R. and Woods, R. Digital Image Processing. Addison-Wesley, 2002.

[13] N. Otsu. A Threshold Selection Method From Gray-scale Histogram. IEEE Transaction System 9 (1978): 62-66.

[14] Mukundan, R. and Ramakrishan, K. R. Moment functions in image analysis: theory and applications. Singapore : World Scientific 1998.

[15] Flusser, J. et al. Moments and Moments Invariants in Pattern Recognition Society. Wiley, 2009.

[16] Ming-Kuei, H. Visual pattern recognition by moment invariants. Information Theory. IRE Transactions 8. (1962): 179-187.

[17] Elena Deza and Michel Marie Deza. Encyclopedia of Distances. Springer, 2009.

[18] Lal Perera. Dental Quadrants [Online]. 2012 Available from http://www.clipartof.com/ portfolio/tikiri/illustration/layout-of-human-teeth-44814.html [2012, April 2]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เครื่องสแกนฟิล์ม

(EPSON Perfection V700 photo Scanner)

สแกนเนอร์ (Scanner)

สแกนเนอร์ คืออุปกรณ์จับภาพและเปลี่ยนแปลงภาพ จากรูปแบบของแอนาลอกเป็นดิจิตอล ซึ่งคอมพิวเตอร์ สามารถแสดง, เรียบเรียง, เก็บรักษาและผลิตออกมาได้ ภาพนั้นอาจจะเป็นรูปถ่าย, ข้อความ, ภาพวาด หรือแม้แต่วัตถุสามมิติ สแกนเนอร์แบ่งปืน 3 ประเภทหลัก ๆ คือ

1) สแกนเนอร์ดึงกระดาษ (Sheet - Fed Scanner)
2) สแกนเนอร์แท่นเรียบ (Flatbed Scanner)
3) สแกนเนอร์มือถือ (Hand - Held Scanner)

เทคโนโลยีการสแกนภาพ

(คัดลอกมาจาก: http://www.samsen2.ac.th/computer/it_m5-1/chapter-4.pdf)

1) แบบ PMT (Photomultiplier Tube)

เทคโนโลยี แบบ PMT หรือ Photomultiplier tube ใช้หัวอ่านที่ทำจากหลอดสูญญากาศให้เป็นสัญญาณ ไฟฟ้าและสามารถขยาย สัญญาณได้กว่าร้อยเท่า ทำให้ภาพที่ได้มีความละเอียดสูงและมีราคาแพง

2) แบบ CIS (Contact Image Sensor)

เทคโนโลยี แบบ CIS หรือ Contact image sensor ใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์แบบสัมผัสภาพ ซึงเป็นระบบการทำงานที่ตัวรับแสง จะรับแสงที่สะท้อนกลับจากภาพมายังตัวเซนเซอร์โดยตรงไม่ต้องผ่านกระจกเลนส์ ลำแสงสีขาวที่ใช้ในการสแกนจะมี 3 หลอดสีคือ สีแดง , น้ำเงิน และ เขียว ทั้ง 3 หลอดจะสร้างแสงสีขาวขึ้นมาเพื่อใช้สแกน สำหรับสแกนเนอร์ที่ใช้ระบบ CIS นี้ ให้ความละเอียดสูงสุดได้ประมาณ 600 จุดต่อนิ้วเท่านั้น ระบบนี้จะมีข้อจำกัดเรื่องของการโฟกัส คือ ไม่สามารถโฟกัสได้เกิน 0.2 มม. จึงทำให้ไม่สามารถสแกนวัตถุที่มีความลึกหรือวัตถุ 3 มิติได้

3) แบบ CCD (Charge-Coupled Deiver)

เทคโนโลยี แบบ CCD หรือ Charged-coupled device ใช้หัวอ่านที่ไวต่อการรับแสงและ

สามารถแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า สแกนเนอร์ส่วนใหญ่ใช้เซนเซอร์แบบ CCD จึงทำให้สามารถสแกนวัตถุที่มีความลึกหรือวัตถุ 3 มิติได้ แต่รูปทรงจะมีขนาดใหญ่กว่าแบบ CIS เพื่อรองรับแผงวงจรที่ใช้พลังงานสูง

ประเภทของภาพที่เกิดจากการสแกน แบ่งเป็นประเภทดังนี้

(คัดลอกมาจาก: http://www.pm.ac.th/ebook/pdf/computer01.pdf)

1) ภาพ Single Bit

ภาพ Single Bit เป็นภาพที่มีความหยาบมากที่สุดใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูล น้อยที่สุดและนำมาใช้ประโยชน์อะไรไม่ค่อยได้ แต่ข้อดีของภาพประเภทนี้คือ ใช้ทรัพยากรของเครื่องน้อยที่สุดใช้พื้นที่ ในการเก็บข้อมูลน้อยที่สุด ใช้ระยะเวลาในการสแกนภาพน้อยที่สุด Single-bit แบ่งออกได้สองประเภทคือ

Line Art ได้แก่ภาพที่มีส่วนประกอบเป็นภาพขาวดำ ตัวอย่างของภาพพวกนี้ ได้แก่ ภาพที่ได้จากการสเก็ต

Halftone ภาพพวกนี้จะให้สีที่เป็นโทนสีเทามากกว่า แต่โดยทั่วไปยังถูกจัดว่าเป็นภาพประเภท Single-bit เนื่องจากเป็นภาพหยาบๆ

2) ภาพ Gray Scale

ภาพพวกนี้จะ มีส่วนประกอบมากกว่าภาพขาวดำ โดยจะประกอบด้วยเฉดสีเทาเป็นลำดับขั้น ทำให้เห็นรายละเอียดด้านแสง-เงา ความชัดลึกมากขึ้นกว่าเดิม ภาพพวกนี้แต่ละพิกเซลหรือแต่ละจุดของภาพอาจประกอบด้วยจำนวนบิตมากกว่า ต้องการพื้นที่เก็บข้อมูลมากขึ้น

3) ภาพสี

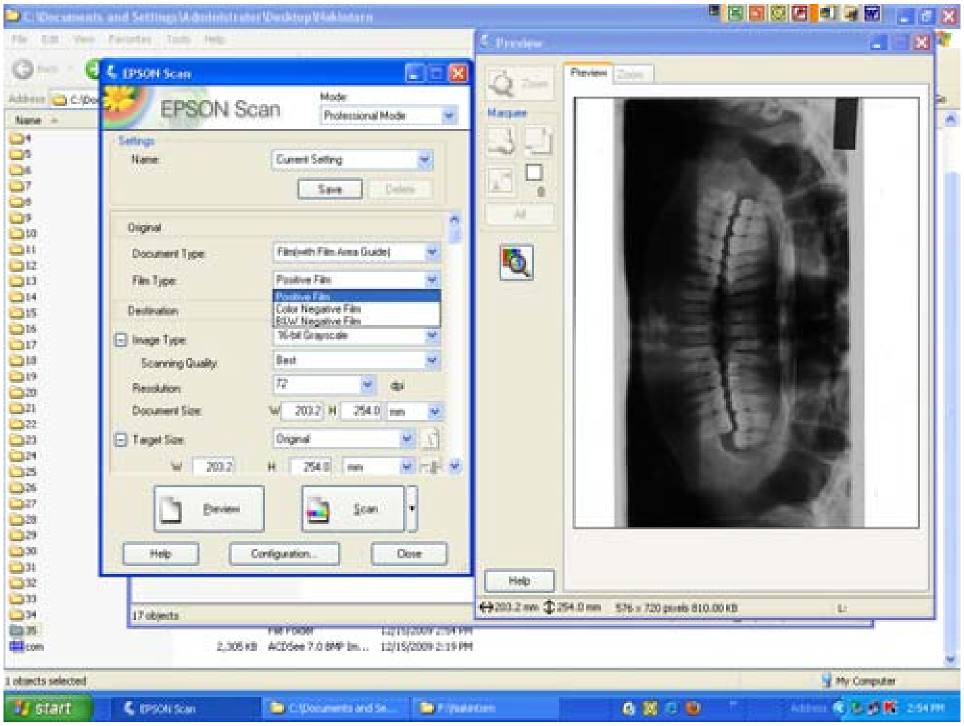
หนึ่งพิกเซลของภาพสี นั้นประกอบด้วยจำนวนบิตมหาศาล และใช้พื้นที่เก็บข้อมูลมาก ความสามารถในการสแกนภาพออกมาได้ละเอียดขนาดไหนนั้นขึ้นอยู่กับว่าใช้สแกนเนอร์ขนาดความละเอียดเท่าไร

4) ตัวหนังสือ

ตัวหนังสือในที่ นี้ ได้แก่ เอกสารต่างๆ เช่น ต้องการเก็บเอกสารโดยไม่ต้อง พิมพ์ลงในแฟ้มเอกสารของเวิร์ดโปรเซสเซอร์ ก็สามารถใช้สแกนเนอร์สแกนเอกสาร ดังกล่าว และเก็บไว้เป็นแฟ้มเอกสารได้ นอก จากนี้ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันสามารถใช้ โปรแกรมที่สนับสนุน OCR (Optical Characters Recognize) มาแปลงแฟ้มภาพเป็น เอกสารดังกล่าวออกมาเป็นแฟ้มข้อมูลที่สามารถแก้ไขได้

เครื่องสแกนฟิล์ม (EPSON Perfection V700 photo Scanner)

(ก) เครื่องสแกนฟิล์ม (EPSON Perfection V700 photo Scanner)



(ข) ลักษณะการใช้งานเครื่องสแกนฟิล์ม (EPSON Perfection V700 photo Scanner)

รูปที่ ก-1 เครื่องสแกนฟิล์มรังสีเอ็กซ์

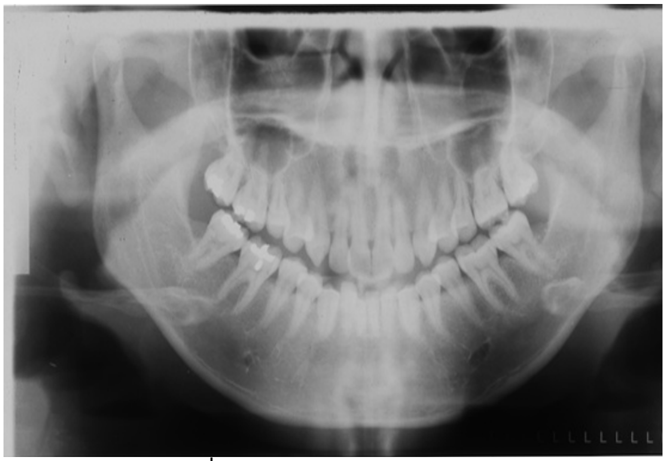
ภาคผนวก ข

ตัวอย่างภาพรังสีเอ็กซ์ทางทันตกรรมชนิดรังสีปริทัศน์ที่ใช้ในการทดลอง

รังสีปริทัศน์ (Panoramic Dental Radiography)

เป็นการถ่ายเอ็กซเรย์ฟันทั้งปากได้อีกวิธีหนึ่งโดยสร้างหลอดเอกซเรย์ให้เล็กมากขนาดนิ้วมือ ให้รังสีเอกซ์ออกมาจากตรงปลายหลอดเอาหลอดเอกซเรย์ยื่นเข้าไปในปากและเอากล่องใส่ฟิล์มอย่างอ่อนและโค้งมาหุ้มรอบปาก รังสีเอกซ์จากหลอดเอกซเรย์ในปากจะวิ่งทะลุฟันและผนังปากย้อนกลับออกมากระทบฟิล์มเอกซเรย์ในกล่อง ภาพที่ได้จะเป็นภาพขยายที่โตกว่าขนาดจริงของฟัน แสดงภาพของฟันทุกระนาบรวมกันจึงเหมาะที่จะใช้ถ่ายเพื่อแสดงให้เห็นถึงสภาพของขากรรไกรบน ขากรรไกรล่าง รวมทั้งสามารถดูถึงข้อต่อขากรรไกรด้วย

รูปที่ ข-1 เครื่องถ่ายรังสีเอ็กซ์ชนิดรังสีปริทัศน์

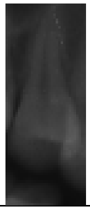
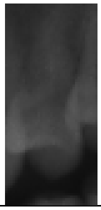
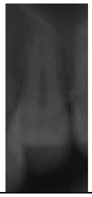
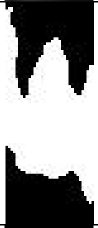
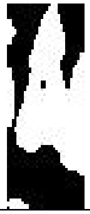
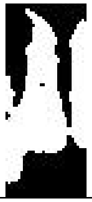
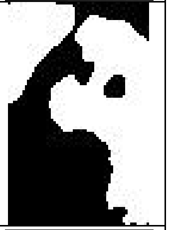
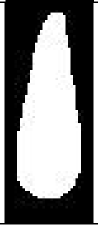
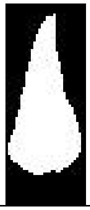
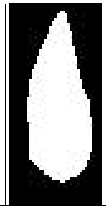
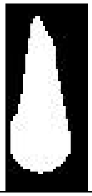
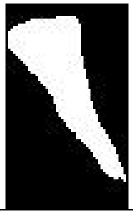
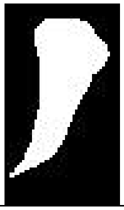
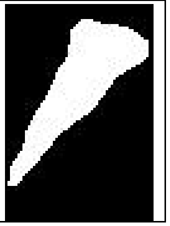


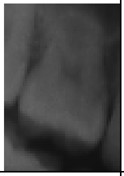
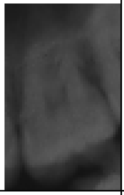
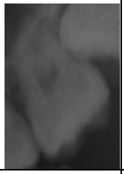
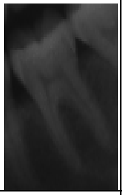
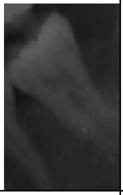
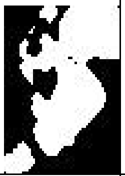
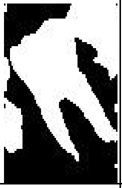
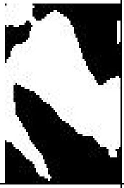
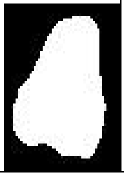
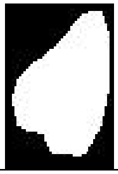
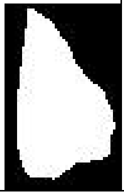
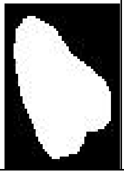
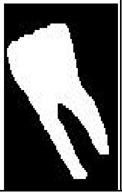
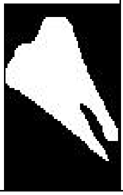
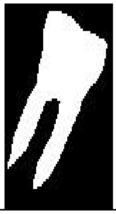
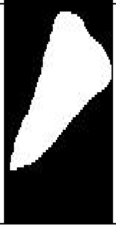
รูปที่ ข-2 ภาพรังสีเอ็กซ์ชนิดรังสีปริทัศน์

ภาคผนวก ค

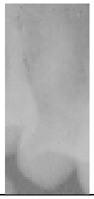
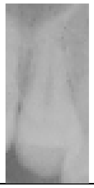
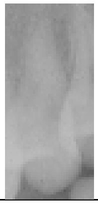
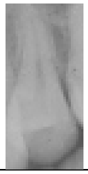
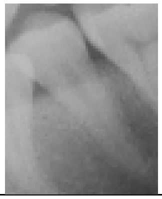
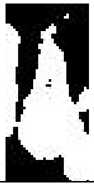
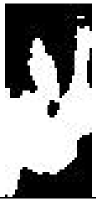
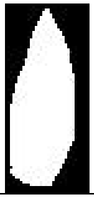
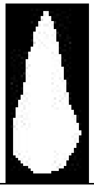
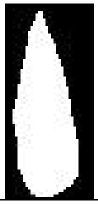
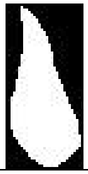
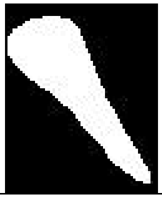
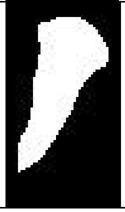
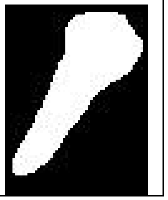
ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลอง

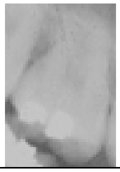
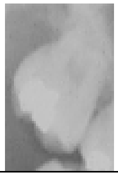
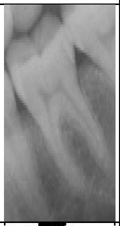
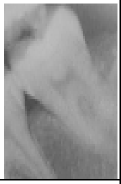
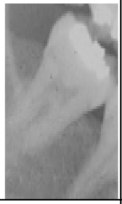
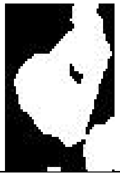
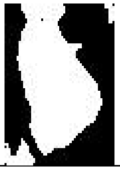
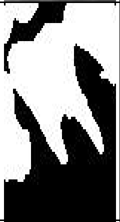
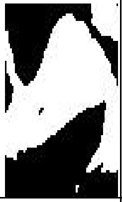
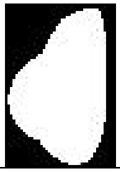
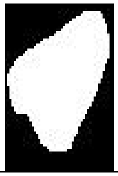
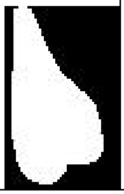
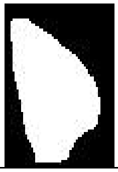
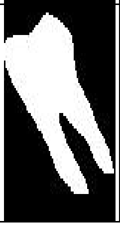
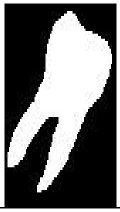
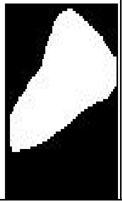
ตารางที่ ค-1 ข้อมูลภาพรังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 1 ถ่ายครั้งที่ 1

ภาพ	Premolar							
	14	15	24	25	34	35	44	45
ภาพต้นฉบับ					ไม่มี			
แบ่งส่วนอัตโนมัติ					ไม่มี			
แบ่งส่วนด้วยมือ					ไม่มี			

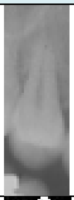
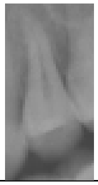
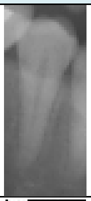
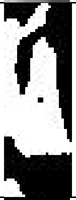
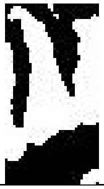
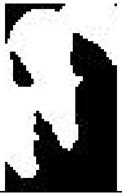
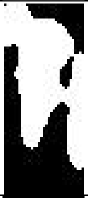
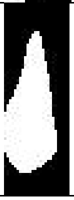
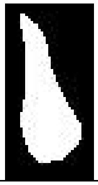
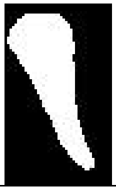
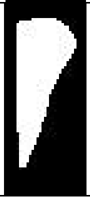
ภาพ	Molar											
	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
ภาพต้นฉบับ			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี
แบ่งส่วนอัตโนมัติ			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี
แบ่งส่วนด้วยมือ			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี

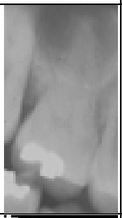
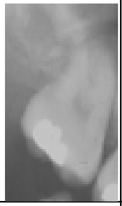
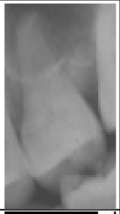
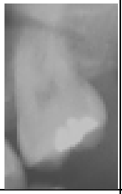
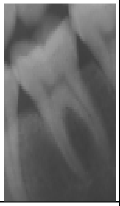
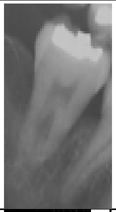
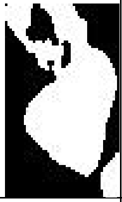
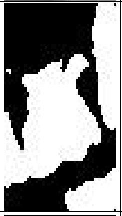
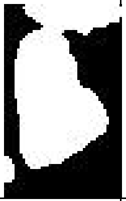
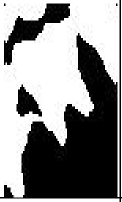
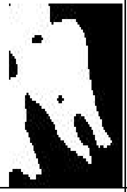
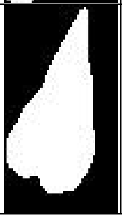
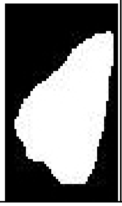
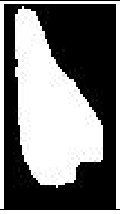
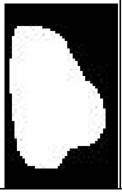
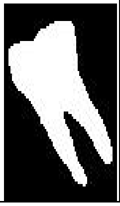
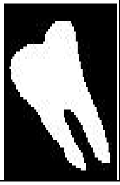
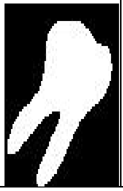
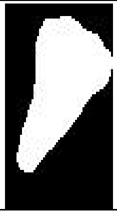
ตารางที่ ค-2 ข้อมูลภาพรังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 1 ถ่ายครั้งที่ 2

ภาพ	Premolar							
	14	15	24	25	34	35	44	45
ภาพต้นฉบับ					ไม่มี			
แบ่งส่วน อัตโนมัติ					ไม่มี			
แบ่งส่วน ด้วยมือ					ไม่มี			

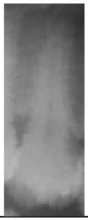
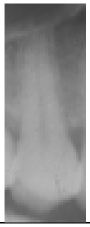
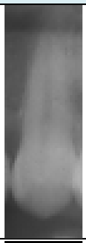
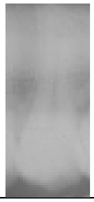
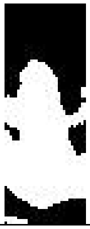
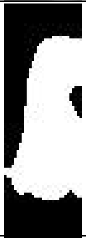
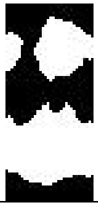
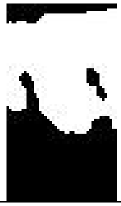
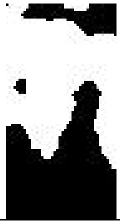
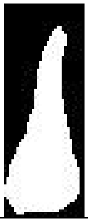
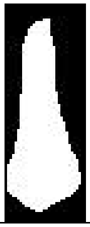
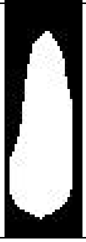
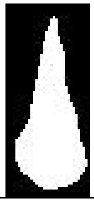
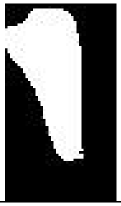
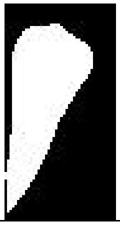
ภาพ	Molar											
	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
ภาพต้นฉบับ			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี
แบ่งส่วนอัตโนมัติ			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี
แบ่งส่วนด้วยมือ			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี

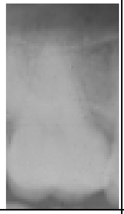
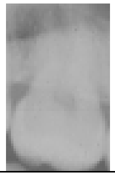
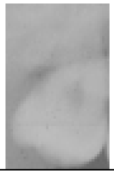
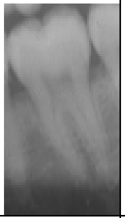
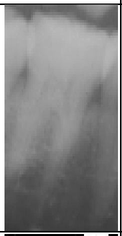
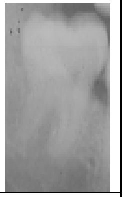
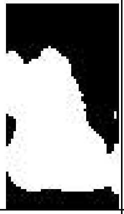
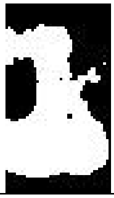
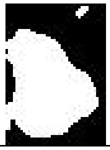
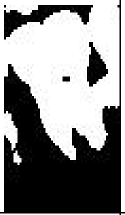
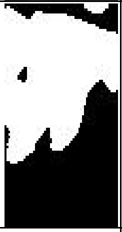
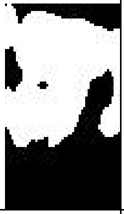
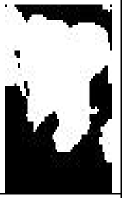
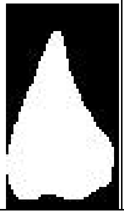
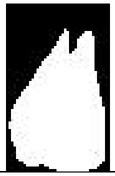
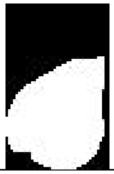
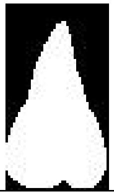
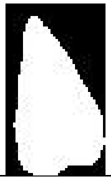
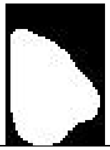
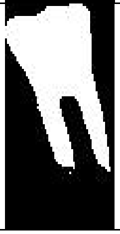
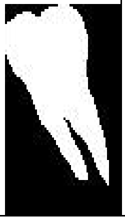
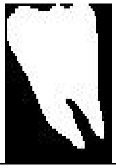
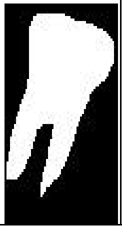
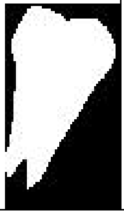
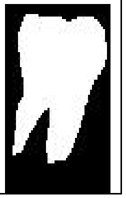
ตารางที่ ค-3 ข้อมูลภาพรังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 1 ถ่ายครั้งที่ 3

ภาพ	Premolar							
	14	15	24	25	34	35	44	45
ภาพต้นฉบับ	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี	
แบ่งส่วนอัตโนมัติ	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี	
แบ่งส่วนด้วยมือ	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี	

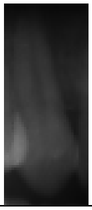
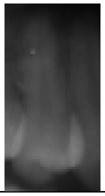
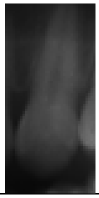
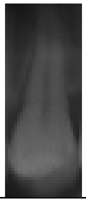
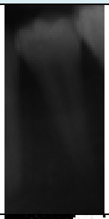
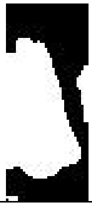
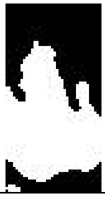
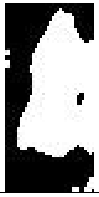
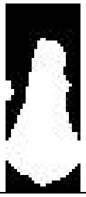
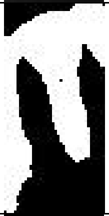
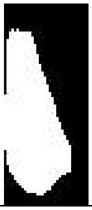
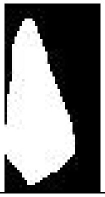
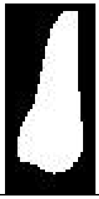
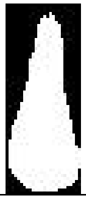
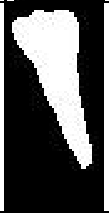
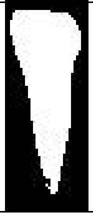
ภาพ	Molar											
	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
ภาพต้นฉบับ			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี
แบ่งส่วนอัตโนมัติ			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี
แบ่งส่วนด้วยมือ			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี			ไม่มี

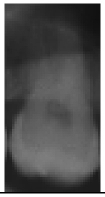
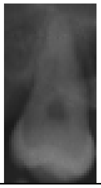
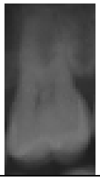
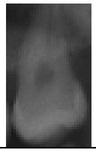
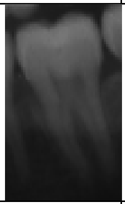
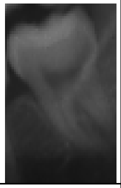
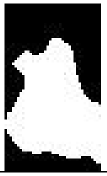
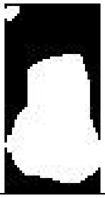
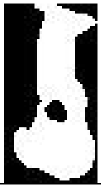
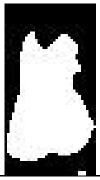
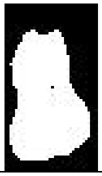
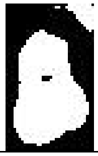
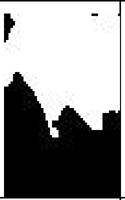
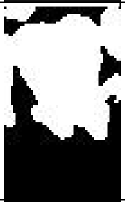
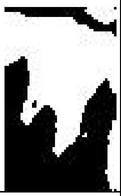
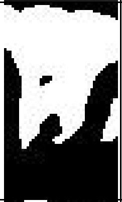
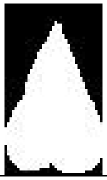
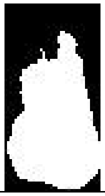
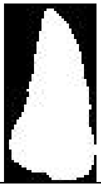
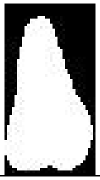
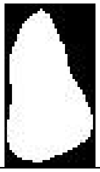
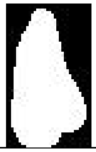
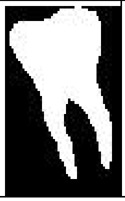
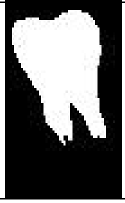
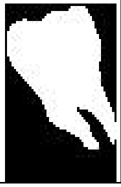
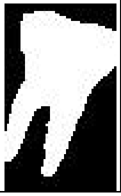
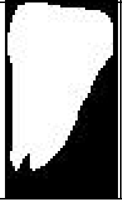
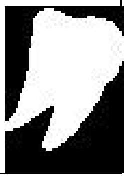
ตารางที่ ค-4 ข้อมูลภาพรังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 2 ถ่ายครั้งที่ 1

ภาพ	Premolar							
	14	15	24	25	34	35	44	45
ภาพต้นฉบับ					ไม่มี		ไม่มี	
แบ่งส่วนอัตโนมัติ					ไม่มี		ไม่มี	
แบ่งส่วนด้วยมือ					ไม่มี		ไม่มี	

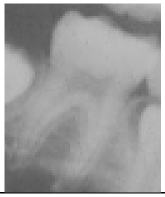
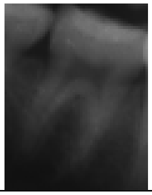
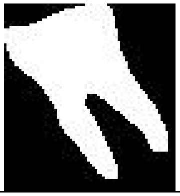
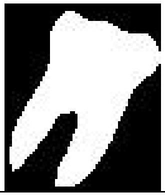
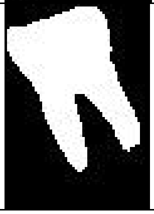
ภาพ	Molar											
	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
ภาพต้นฉบับ												
แบ่งส่วนอัตโนมัติ												
แบ่งส่วนด้วยมือ												

ตารางที่ ค-5 ข้อมูลภาพรังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 2 ถ่ายครั้งที่ 2

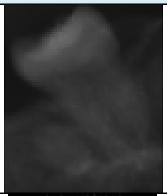
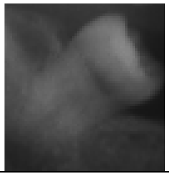
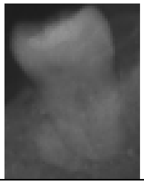
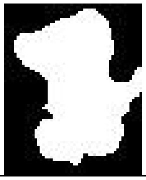
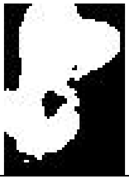
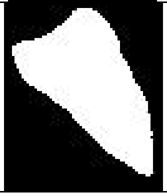
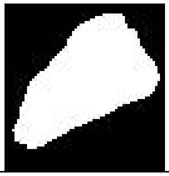
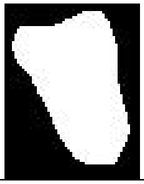
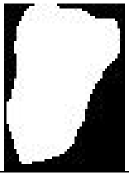
ภาพ	Premolar							
	14	15	24	25	34	35	44	45
ภาพต้นฉบับ					ไม่มี		ไม่มี	
แบ่งส่วน อัตโนมัติ					ไม่มี		ไม่มี	
แบ่งส่วน ด้วยมือ					ไม่มี		ไม่มี	

ภาพ	Molar											
	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
ภาพต้นฉบับ												
แบ่งส่วนอัตโนมัติ												
แบ่งส่วนด้วยมือ												

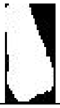
ตาราง ค-6 ข้อมูลภาพรังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 3 ถ่ายครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

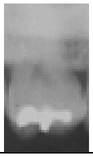
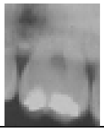
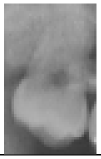
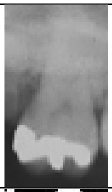
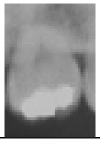
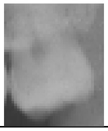
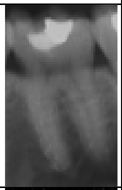
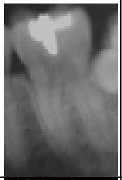
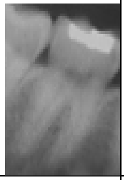
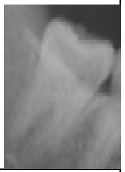
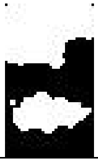
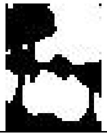
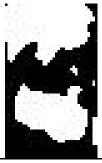
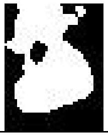
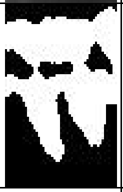
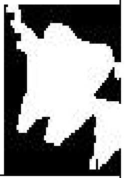
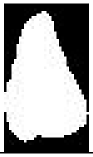
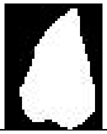
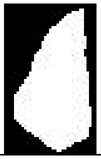
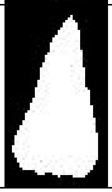
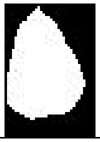
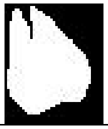
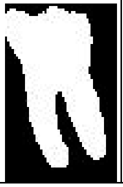
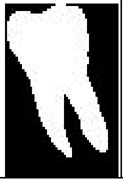
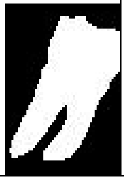
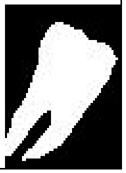
ภาพ	Molar			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	36	46	36	46
ภาพต้นฉบับ				
แบ่งส่วนอัตโนมัติ				
แบ่งส่วนด้วยมือ				

ตาราง ค-7 ข้อมูลภาพรังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 4 ถ่ายครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

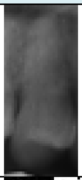
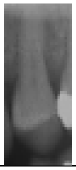
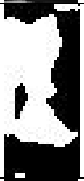
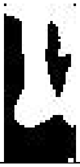
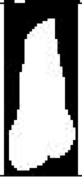
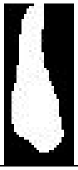
ภาพ	Molar			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	36	46	36	46
ภาพต้นฉบับ				
แบ่งส่วนอัตโนมัติ				
แบ่งส่วนด้วยมือ				

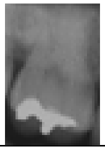
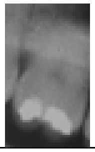
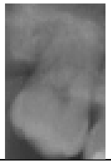
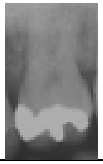
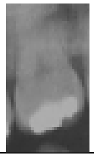
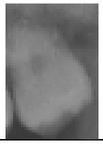
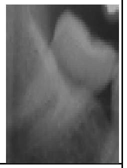
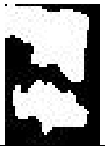
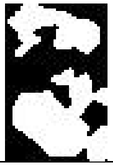
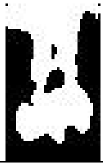
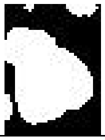
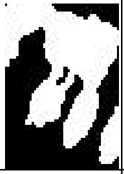
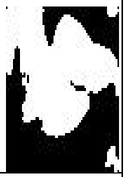
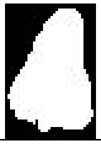
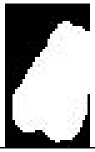
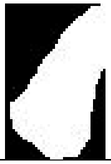
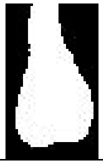
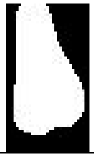
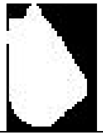
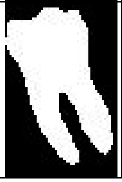
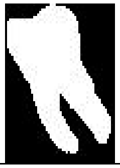
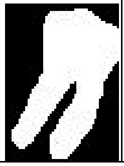
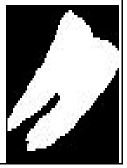
ตาราง ค-8 ข้อมูลภาพรังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 5 ถ่ายครั้งที่ 1

ภาพ	Premolar							
	14	15	24	25	34	35	44	45
ภาพต้นฉบับ	ไม่มี		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
แบ่งส่วน อัตโนมัติ	ไม่มี		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
แบ่งส่วน ด้วยมือ	ไม่มี		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

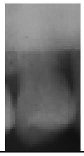
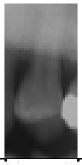
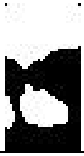
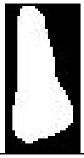
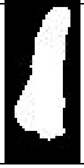
ภาพ	Molar											
	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
ภาพต้นฉบับ									ไม่มี	ไม่มี		
แบ่งส่วนอัตโนมัติ									ไม่มี	ไม่มี		
แบ่งส่วนด้วยมือ									ไม่มี	ไม่มี		

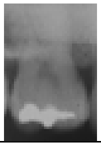
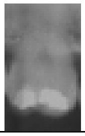
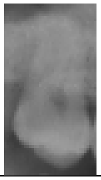
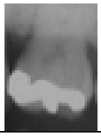
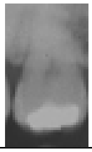
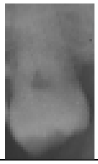
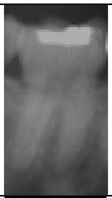
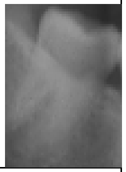
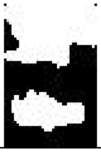
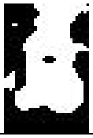
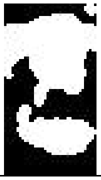
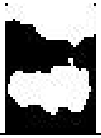
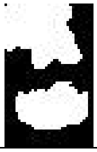
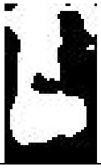
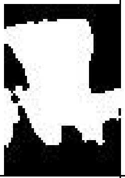
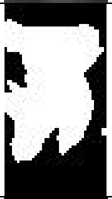
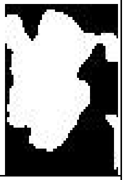
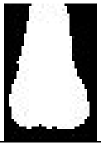
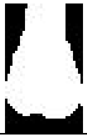
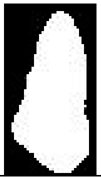
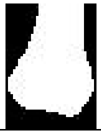
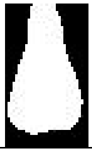
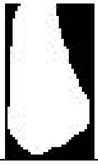
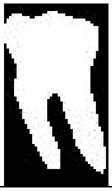
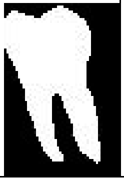
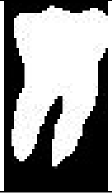
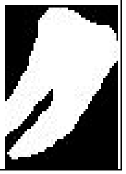
ตารางที่ ค-9 ข้อมูลภาพรังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 5 ถ่ายครั้งที่ 2

ภาพ	Premolar							
	14	15	24	25	34	35	44	45
ภาพต้นฉบับ	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
แบ่งส่วนอัตโนมัติ	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
แบ่งส่วนด้วยมือ	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

ภาพ	Molar											
	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
ภาพต้นฉบับ									ไม่มี	ไม่มี		
แบ่งส่วน อัตโนมัติ									ไม่มี	ไม่มี		
แบ่งส่วน ด้วยมือ									ไม่มี	ไม่มี		

ตารางที่ ค-10 ข้อมูลภาพรังปริทัศน์ของฟันที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีแบ่งส่วนภาพแบบอัตโนมัติและแบ่งส่วนด้วยมือของคนที่ 5 ถ่ายครั้งที่ 3

ภาพ	Premolar							
	14	15	24	25	34	35	44	45
ภาพต้นฉบับ	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
แบ่งส่วนอัตโนมัติ	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
แบ่งส่วนด้วยมือ	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

ภาพ	Molar											
	16	17	18	26	27	28	36	37	38	46	47	48
ภาพต้นฉบับ									ไม่มี	ไม่มี		
แบ่งส่วนอัตโนมัติ									ไม่มี	ไม่มี		
แบ่งส่วนด้วยมือ									ไม่มี	ไม่มี		

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว นคินทร พัฒนชัย เกิดวันที่ 24 เมษายน พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดกาฬสินธุ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ในปีการศึกษา 2549 หลังจากนั้นได้เข้ามาศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551

บทความที่นำเสนอในงานประชุมวิชาการ

บทความเรื่อง "Tooth Recognition in Dental Radiographs via Hu's Moment Invariants" นำเสนอในงานประชุมวิชาการ The 9th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology 2012 จัดที่โรงแรมโนโวเทลหัวหิน (Novotel Hua Hin Cha Am Beach Resort & Spa) ประจวบคีรีขันธ์ ระหว่างวันที่ 16 - 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2555 บทความนี้ตีพิมพ์ไว้ใน Proceedings of 9th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology 2012 (ECTI-CON 2012)