

เครื่องมือประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับหาตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ (ระยะที่ 1)



นาย เอกรัชต์ ปฏิการมณฑล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Digital Image Processing Tool for Cephalometric Landmark Localization (Phase 1)

Mr. Eakkarach Patikarnmonthon

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
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 2010


Copyright of Chulalongkorn University

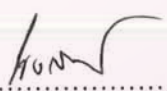
หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องมือประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับหาตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ (ระยะที่1)
โดย	นาย เอกรัชต์ ปฏิการมณฑล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นงลักษณ์ โควาวิสารัช
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ไพบุลย์ เตชะเลิศไพศาล

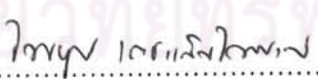
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....  คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศศิริวงค์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สืบสกุล พิภพมงคล)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นงลักษณ์ โควาวิสารัช)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ไพบุลย์ เตชะเลิศไพศาล)

.....  กรรมการภายนอกมหาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา พงษ์สุภาพ)

เอกสารตี ปรกฏการมณฑล : เครื่องมือประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับหาตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ (ระยะที่ 1) (A Digital Image Processing Tool for Cephalometric Landmark Localization (Phase 1)) อ.ที่ปรกฏษาวิทยาพนธ์หลัก : รศ.นงลัษณ์ โควาวิสารัช, อ.ที่ปรกฏษาวิทยาพนธ์ร่วม : ผศ. ทพ. ดร. ไพบูลย์ เตชะเลิศไพศาล, 101 หน้า.

งานวิจัยนี้นำเสนอเครื่องมือประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับหาตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ (ระยะที่ 1) โดยจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สำคัญสำหรับทันตแพทย์จัดฟันซึ่งนำไปใช้วัดค่ามุม ระยะทาง หรืออัตราส่วนความยาวระหว่างจุดต่าง ๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และวินิจฉัยสำหรับวางแผนการรักษาการจัดฟัน งานวิจัยนี้ได้ทำการค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ 17 จุด จากทั้งหมด 40 จุด ซึ่งเป็นจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะที่ใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์เบื้องต้นของภาควิชาทันตกรรมการจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิธีการค้นหาตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะโดยอัตโนมัติเริ่มจากการปรับภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันแล้วจึงประยุกต์ใช้วิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลต่าง ๆ เพื่อค้นหาตำแหน่งของแต่ละจุด

จากผลการทดลองค้นหาตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ จำนวน 17 จุดต่อ 1 ภาพโดยใช้ภาพรังสีวัดศีรษะทดสอบจำนวน 23 ภาพ ประเมินด้วยเกณฑ์ความถูกต้องที่เป็นที่ยอมรับกันในหมู่ทันตแพทย์จัดฟัน คือระยะห่างไม่เกิน 5 มิลลิเมตรจากตำแหน่งที่ถูกต้องที่กำหนดโดยทันตแพทย์ สามารถค้นหาจุดที่มีระยะห่างน้อยกว่า 5 มิลลิเมตรคิดเป็นร้อยละ 76.21 ระยะห่างน้อยกว่า 3 มิลลิเมตรคิดเป็นร้อยละ 67.52 และระยะห่างมากกว่า 5 มิลลิเมตรคิดเป็นร้อยละ 23.79

ภาควิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....
สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์.....
ปีการศึกษา.....2553.....

ลายมือชื่อนิสิต เอกภัฏ ปรกฏการมณฑล
ลายมือชื่ออ.ที่ปรกฏษาวิทยาพนธ์หลัก นงลัษณ์ โควาวิ
ลายมือชื่ออ.ที่ปรกฏษาวิทยาพนธ์ร่วม ไพบูลย์ เตชะเลิศไพศาล

5071462321 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORDS : LANDMARK / LATERAL CEPHALOMETRIC RADIO GRAPH

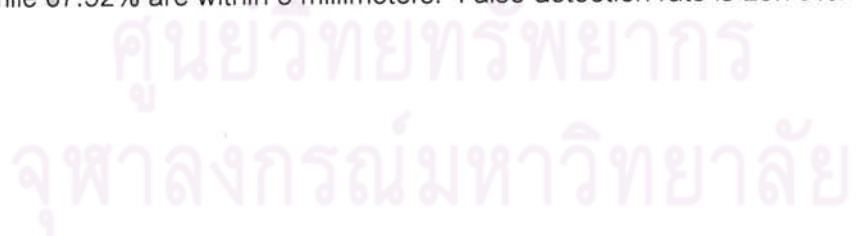
EAKKARACH PATIKARNMONTHON : A DIGITAL IMAGE PROCESSING TOOL FOR CEPHALOMETRIC LANDMARK LOCALIZATION (PHASE 1).

ADVISOR: ASSOC. PROF. NONGLUK COVAVISARUCH, CO-ADVISOR:

ASST. PROF. PAIBOON TECHALERTPAISARN, Ph.D., 101 pp.

This research purposes a digital image processing tool for cephalometric landmark localization (phase 1). This type of landmarks is essential in that orthodontists use calculate them to distances, degrees or length ratios for orthodontic treatment. This research is interested in automatically localization or 17 Cephalometric landmarks, 40 in total. These landmarks are used as a preliminary analysis and calculation of orthodontist at orthodontics department of Chulalongkorn University. The landmark detection process starts with normalization of radiograph images. Many difference image processing are applied for individual landmark.

Our experiments of automatically detecting 17 landmarks per image, from 23 images, indicate very high positive results. Based on orthodontists' acceptable range, that is 5 millimeters from ground truth locations, 76.21% are correctly detected while 67.52% are within 3 millimeters. False detection rate is 23.79%.



Department : Computer Engineering.....
Field of Study : Computer Science.....
Academic Year : 2010.....

Student's Signature *[Signature]*
Advisor's Signature *[Signature]*
Co-advisor's Signature *[Signature]*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีเพราะความช่วยเหลือและสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.นงลักษณ์ โค้ววิสารัช และ ผศ. ทพ. ดร.ไพฑูลย์ เตชะเลิศไพศาล ซึ่งได้สละเวลาให้คำแนะนำปรึกษา เสนอแนะแนวทางการวิจัย และได้ให้ความช่วยเหลือดูแลในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สืบสกุล พิภพมงคล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. สุกัญญา พงษ์สุภาพ ที่ให้ความกรุณาเสนอคำแนะนำข้อคิดเห็น และแนะแนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้ ตลอดจนจนถึงตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือและให้กำลังใจทุกท่านที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
1.3 วัตถุประสงค์.....	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	4
1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.....	4
2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ.....	5
2.3 การประมวลผลภาพดิจิทัล.....	7
2.3.1 การหาค่าขีดแบ่ง.....	8
2.3.2 การหาค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัติโดยใช้วิธี Otsu.....	8
2.3.3 การหาขอบภาพด้วยตัวดำเนินการโซเบล.....	10
2.3.4 การประมวลผลภาพเชิงสีฐาน.....	12
2.3.5 การปรับความเข้มแสงของชุดภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน.....	14
2.3.6 การแปลงฮัฟแบบวงกลม.....	14
2.3.7 การปิดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน.....	15

บทที่	หน้า
2.3.8 ภาพเงาการฉาย.....	16
3 การค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ.....	17
3.1 การปรับรูปภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน.....	21
3.2 การประมาณขนาดกะโหลกศีรษะอย่างหยาบ.....	21
3.3 การค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ.....	24
3.3.1 การค้นหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของแท่งรูกู.....	24
3.3.2 การค้นหาตำแหน่งของจุด Sella.....	26
3.3.3 การค้นหาตำแหน่งของจุด Point C or Capitulare.....	27
3.3.4 การค้นหาตำแหน่งของจุด Porion.....	28
3.3.5 การค้นหาตำแหน่งของจุด Incision superius.....	29
3.3.6 การค้นหาตำแหน่งของจุด Menton.....	30
3.3.7 การค้นหาตำแหน่งของตำแหน่งจุด Pogonion และ Supramentale.....	31
3.3.8 การค้นหาตำแหน่งของจุด Anterior nasal spine และ Subspinale.....	34
3.3.9 การค้นหาตำแหน่งของจุด Nasion และ Orbitale.....	35
3.3.10 การค้นหาตำแหน่งของจุด Gonion.....	38
3.3.11 การค้นหาตำแหน่งของจุด Pronasion, Labrale superius, Labrale Inferius และ Soft tissue Pogonion.....	39
4 การทดลองและผลการทดลอง.....	44
การทดลองและผลการทดลองการค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ แบบอัตโนมัติ.....	44
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	50
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	50
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	50
รายการอ้างอิง.....	52
ภาคผนวก.....	54
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	101

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ 40 จุดที่ใช้ในการคำนวณการวิเคราะห์เบื้องต้น....	6
3.1	รายชื่อและคำนิยามจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ 16 จุด.....	19
4.1	ค่าความผิดพลาดของการกำหนดตำแหน่งของจุดโดยทันตแพทย์.....	45
4.2	ค่าความผิดพลาดแนวนอนและแนวตั้งของการกำหนดตำแหน่งของจุดโดยทันตแพทย์.....	46
4.3	เปรียบเทียบผลการทดลองระยะทางของการค้นหาตำแหน่งของจุด.....	47
4.4	เปรียบเทียบผลการทดลองระยะทางในแนวนอนและแนวตั้งของการค้นหาตำแหน่งของจุด.....	48
ก.1	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 1.....	56
ก.2	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 2.....	58
ก.3	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 3.....	60
ก.4	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 4.....	62
ก.5	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 5.....	64
ก.6	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 6.....	66
ก.7	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 7.....	68
ก.8	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 8.....	70
ก.9	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 10.....	72
ก.10	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 11.....	74
ก.11	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 12.....	76
ก.12	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 13.....	78
ก.13	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 14.....	80
ก.14	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 15.....	82
ก.15	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 17.....	84
ก.16	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 19.....	86
ก.17	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 20.....	88
ก.18	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 21.....	90
ก.19	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 22.....	92

ตารางที่		หน้า
ก.20	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 23.....	94
ก.21	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 24.....	96
ก.22	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 25.....	98
ก.23	เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 26.....	100



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะที่ใช้ในการคำนวณการวิเคราะห์เบื้องต้น 40 จุด.....	6
2.2	กระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล.....	7
2.3	ฮิสโทแกรมที่มีลักษณะเป็นทิวฐานนิยม.....	8
2.4	หน้ากากของตัวดำเนินการ Sobel ในทิศทางแนวนอนและแนวตั้ง.....	10
2.5	ภาพผลลัพธ์จากการขอบภาพด้วยตัวดำเนินการ Sobel	11
2.6	ภาพผลลัพธ์จากการขอบภาพด้วยตัวดำเนินการโซเบลในแนวนอนและแนวตั้ง.....	11
2.7	ภาพตัวอย่างการขยายขนาดภาพ.....	13
2.8	ภาพตัวอย่างการกร่อนภาพ.....	14
2.9	ภาพลักษณะฐานสองและส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน 5 ส่วนของค่า 1.....	16
2.10	ภาพตัวอย่างภาพเงาการฉายของภาพภาพลักษณะฐานสอง.....	17
3.1	ตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ 16 จุด.....	19
3.2	ภาพก่อนและหลังทำการปรับรูปภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน.....	21
3.3	ภาพก่อนและหลังทำการปรับค่าเบี่ยงต่าง.....	22
3.4	ภาพตัวอย่างการกำหนดบริเวณที่สนใจ.....	23
3.5	ภาพตัวอย่างทำการฉายเงาภาพในแนวนอน ในการหาความกว้างของกะโหลกศีรษะ.....	23
3.6	ภาพตัวอย่างทำการฉายเงาภาพในแนวนอน ในการหาความสูงของกะโหลกศีรษะ.....	24
3.7	ภาพตัวอย่างการประมาณขนาดกะโหลกศีรษะแบบหยาบ.....	24
3.8	ภาพตัวอย่างขั้นตอนการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางแห่งรูกู.....	25
3.9	ภาพผลลัพธ์การค้นหาบริเวณของจุด Sella	26
3.10	ตัวอย่างภาพขั้นตอนการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของจุด Sella	27
3.11	ภาพผลลัพธ์การค้นหาบริเวณของจุด Point C or Capitulare.....	28
3.12	ตัวอย่างภาพขั้นตอนการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของจุด Porion	29
3.13	ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Incision superius.....	30
3.14	ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Menton.....	31

ภาพที่		หน้า
3.15	ภาพแสดงกำหนดบริเวณที่สนใจของจุด Pogonion.....	32
3.16	ภาพข้อมูลที่ทำกรค้นหาจุดภาพสีขาวทางขวาสุดในแต่ละแถว.....	32
3.17	ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Pogonion	33
3.18	ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Supramentale.....	33
3.19	ภาพแสดงบริเวณที่สนใจเบื้องต้นของจุด Anterior nasal spine และ Subspinale	34
3.20	ภาพข้อมูลที่ทำกรค้นหาจุดภาพสีขาวทางขวาสุดในแต่ละแถว.....	34
3.21	ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Subspinale.....	35
3.22	ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Anterior nasal spine.....	35
3.23	ภาพตัวอย่างการค้นหาจุดภาพที่มีค่าสีมากกว่า 0 ที่อยู่ทางขวาสุดในแต่ละแถว	36
3.24	ภาพตัวอย่างการค้นหาจุดลึกสุดระหว่างบริเวณหน้าผากกับบริเวณจมูก.....	36
3.25	ภาพผลลัพธ์การค้นหาตำแหน่งของจุด Nasion	37
3.26	ภาพผลลัพธ์การค้นหาบริเวณของจุด Orbitale.....	37
3.27	ภาพตัวอย่างขั้นตอนการค้นหาตำแหน่งของจุด Orbitale.....	38
3.28	ภาพแสดงการค้นหาตำแหน่งของจุด Gonion.....	39
3.29	ภาพตัวอย่างการค้นหาจุดภาพที่มีค่าสีมากกว่า 0 ที่อยู่ทางขวาสุดในแต่ละแถว	40
3.30	ภาพตัวอย่างการค้นหาบริเวณของจุด Soft tissue pogonion.....	41
3.31	ภาพตัวอย่างการค้นหาจุดลึกสุดระหว่างบริเวณหน้าผากกับบริเวณจมูก.....	41
3.32	ภาพตัวอย่างการกำหนดบริเวณที่สนใจสำหรับค้นหาบริเวณของจุด Pronasion, Labrale superius และ Labrale Inferius.....	42
3.33	ภาพตัวอย่างบริเวณของจุด Pronasion, Labrale superius และ Labrale Inferius.....	43
4.1	ตัวอย่างความสำคัญของระยะทางในแนวนอนและแนวตั้ง.....	49
ก.1	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:1..	55
ก.2	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:2..	57
ก.3	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:3..	59
ก.4	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:4..	61
ก.5	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:5..	63
ก.6	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:6..	65

ภาพที่		หน้า
ก.7	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:7..	67
ก.8	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:8..	69
ก.9	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:10	71
ก.10	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:11	73
ก.11	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:12	75
ก.12	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:13	77
ก.13	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:14	79
ก.14	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:15	81
ก.15	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:17	83
ก.16	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:19	85
ก.17	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:20	87
ก.18	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:21	89
ก.19	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:22	91
ก.20	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:23	93
ก.21	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:24	95
ก.22	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:25	97
ก.23	ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:26	99

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันทางการแพทย์จัดฟันใช้ประโยชน์จากภาพรังสีวัดศีรษะ (Cephalometric radiograph) ได้หลายด้าน เช่น ใช้ในการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างกะโหลกศีรษะและใบหน้าของผู้ป่วย ใช้ศึกษาการเจริญเติบโตของโครงสร้างกะโหลกศีรษะและใบหน้า และใช้ในการวางแผนการรักษาการจัดฟัน เป็นต้น ขั้นตอนในการการวิเคราะห์และประเมินค่าความเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างกะโหลกศีรษะและใบหน้าของผู้ป่วย โดยการลากเส้นลอกลาย (Tracing) ภาพรังสีวัดศีรษะ และกำหนดตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ (Cephalometric Landmark) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาพรังสีวัดศีรษะ ซึ่งนำมาใช้ในการวัดค่ามุม ระยะทาง หรือสัดส่วนความยาว ระหว่างจุดต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมินค่าผลการรักษาการจัดฟันของผู้ป่วย

การวิเคราะห์ภาพรังสีวัดศีรษะแบ่งได้เป็นการวิเคราะห์ส่วนของโครงสร้างกะโหลกศีรษะ เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของกระดูกขากรรไกรกับกระดูกศีรษะ การวิเคราะห์ในส่วนของฟันเพื่อดูความสัมพันธ์กับเนื้อเยื่ออื่น ๆ การวิเคราะห์เนื้อเยื่ออ่อนเพื่อใช้ในการประเมินลักษณะของใบหน้าโดยพิจารณาส่วนของริมฝีปาก จมูก และคาง การวิเคราะห์ภาพรังสีวัดศีรษะสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวิเคราะห์แบบอาร์ชีเอล (Archial Analysis), การวิเคราะห์โดยใช้แผ่นวัด (Template Analysis) และการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computerized cephalometric analysis)

Cohen ได้กล่าวว่า กระบวนการในการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีเอกซ์ของกะโหลกศีรษะนั้นมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและอาศัยความชำนาญ ประสบการณ์ รวมทั้งความแม่นยำของผู้ทำการวิเคราะห์เป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถพบความผิดพลาดได้ เนื่องจากความผิดพลาดในการวัดมุมและระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงทางกายวิภาคของกระดูกบริเวณใบหน้าและขากรรไกร [1]

Darryle and Mackey ได้กล่าวถึงเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ ที่ได้มีการพัฒนาเป็นอย่างมาก และได้มีผู้นำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีเอกซ์ของกะโหลกศีรษะ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีเอกซ์ของกะโหลกศีรษะด้วยคอมพิวเตอร์นี้มีความแม่นยำสูง มีความรวดเร็ว และมีความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์เป็นอย่างมาก สามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงของกระดูกบริเวณใบหน้า และขากรรไกรรวมทั้งสามารถจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการ

วิเคราะห์ เพื่อเป็นคลังข้อมูลสำหรับ การวิจัยและศึกษาต่อไปในอนาคต จึงได้รับการยอมรับเป็น อย่างมากในวงการทันตกรรมจัดฟันว่า การวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีเอกซ์ของกะโหลกศีรษะด้วย คอมพิวเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีเอกซ์ของกะโหลก ศีรษะ [1]

การกำหนดตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะและการวัดค่าระยะทางและค่ามุมที่ ปฏิบัติกันในปัจจุบันนั้นทำโดยทันตแพทย์จัดฟันโดยใช้ไม้บรรทัดและไม้โปรเจกเตอร์ เห็นได้ว่า วิธีการดังกล่าวต้องใช้เวลาอย่างมาก จึงมีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยหาตำแหน่งและคำนวณค่า ระยะทางและค่ามุม ทำให้ลดข้อผิดพลาดของมนุษย์และเพิ่มความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์ ภาพรังสีวัดศีรษะ เนื่องจากภาพรังสีวัดศีรษะเป็นภาพรังสีเอกซ์ของศีรษะมนุษย์ที่ประกอบด้วย กระดูก กระดูกอ่อน และเนื้อเยื่อ แต่ละส่วนมีความสว่างแตกต่างกันในภาพรังสีเอกซ์ อีกทั้งจุด กำหนดภาพรังสีวัดศีรษะมีจำนวนมากถึง 262 จุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะค้นหาเป็นบริเวณ ของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติเพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดจุดกำหนดภาพรังสี วัดศีรษะได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ มีดังนี้

1.2.1 Automatic Landmark Detection in Cephalometry Using a Modified Active Shape Model with Sub Image Matching ของ Rahele Kafieh, Alireza mehri และ Saeed sadri [2] ได้นำเสนอวิธีการค้นหาจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ โดยใช้กระบวนการ Active Shape Model (ASM) และใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม แบบ Learning Vector Quantization (LVQ) ในการเรียนรู้ภาพรังสีวัดศีรษะใหม่ เพื่อใช้วิเคราะห์และปรับปรุงในการค้นหาจุดกำหนดภาพรังสี วัดศีรษะจากแบบรูป ผลการทดลองในงานวิจัยนี้ คือ จำนวนจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะที่มีการ ค้นหาโดยอัตโนมัติมี 24% คาดเคลื่อนภายใน 1 มิลลิเมตร, 61% คาดเคลื่อนภายใน 2 มิลลิเมตร และ 93% ที่คาดเคลื่อนภายใน 5 มิลลิเมตร

1.2.2 Accuracy Of Computerized Automatic Identification Of Cephalometric Landmarks ของ Jia-kuang Liu, Yen-Ting Cheng และ Kuo-Sheng Cheng [3] ได้นำเสนอ กระบวนการค้นหาจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะโดยใช้เทคนิค Edge-based และกำหนดบริเวณที่ สนใจเป็น 8 ส่วน ค้นหาจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะโดยใช้ Knowledge-based landmarking method เพื่อค้นหาจุดอ้างอิงทั้งหมด 13 จุดอ้างอิง และทดลองกับจำนวนภาพรังสีวัดศีรษะ จำนวน 10 ภาพ ผลการทดลอง สรุปได้ว่า มี 5 จุดอ้างอิงที่ยังมีความผิดพลาดสูง ได้แก่ Sella, Nasion, Porion, Orbitale, และ Gnathion

1.2.3 A Comparative Study Of Cephalometric Analysis By Computer Programs And Manual Method ของนายชาติรี ชะโยชัยชนะ [4] ได้ศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ภาพรังสีวัดศีรษะ 5 โปรแกรม ได้แก่ Dentofacial planner , Quick-ceph image , RMO's Jiffy Orthodontic Evaluation , Compuceph , OTP พบว่า 5 โปรแกรมผลการวิจัยสรุปได้ว่า โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทั้ง 5 โปรแกรมสามารถใช้ทดแทนการวิเคราะห์ด้วยมือได้ การเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควรพิจารณาความเหมาะสมและควรศึกษาวิธีการขั้นตอนการใช้ของโปรแกรมโดยละเอียด รวมทั้งข้อจำกัดและคำนิยามที่แตกต่างของค่าตัวแปรของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ผู้ใช้ควรฝึกฝนเรียนรู้ทางด้านการวิเคราะห์ภาพรังสีวัดศีรษะเป็นอย่างดี เพื่อลดความผิดพลาดคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากขั้นตอนการกำหนดตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ

1.3 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับช่วยในการค้นหาตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ ระยะที่ 1 และแสดงข้อมูลเบื้องต้นของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ ประกอบการวินิจฉัยและวางแผนการรักษาให้กับทันตแพทย์จัดฟัน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. ภาพที่ใช้ประมวลผลเป็นภาพรังสีวัดศีรษะ
2. ภาพรังสีวัดศีรษะที่ใช้เป็นภาพสีระดับเทา
3. ค้นหาจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะอย่างน้อย 16 จุด
4. พัฒนาเครื่องมือประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อค้นหาตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะสำหรับทันตแพทย์จัดฟัน

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและเทคนิคที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์และประมวลผลภาพดิจิทัล
2. ศึกษาและทำความเข้าใจตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ
3. ทดลองนำทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย
4. สร้างเครื่องมือประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อค้นหาตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ
5. ประเมินผลการทดลอง
6. วิเคราะห์ผล
7. สรุปและวิจารณ์ผล
8. จัดทำรายงาน

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

สามารถสร้างเครื่องมือประมวลผลภาพดิจิทัลที่ช่วยในการอำนวยความสะดวกและแสดงข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ประกอบการวินิจฉัยการรักษาให้กับทันตแพทย์

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีทั้งหมด 5 บท แต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้ บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ ขอบเขตของงานวิจัย ขั้นตอนการวิจัย และประโยชน์ที่ได้รับ ดังที่กล่าวไว้แล้ว สำหรับบทที่ 2 กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย บทที่ 3 กล่าวถึงกระบวนการค้นหาบริเวณจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ บทที่ 4 เป็นการทดลอง การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง และบทสุดท้าย บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะต่าง ๆ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

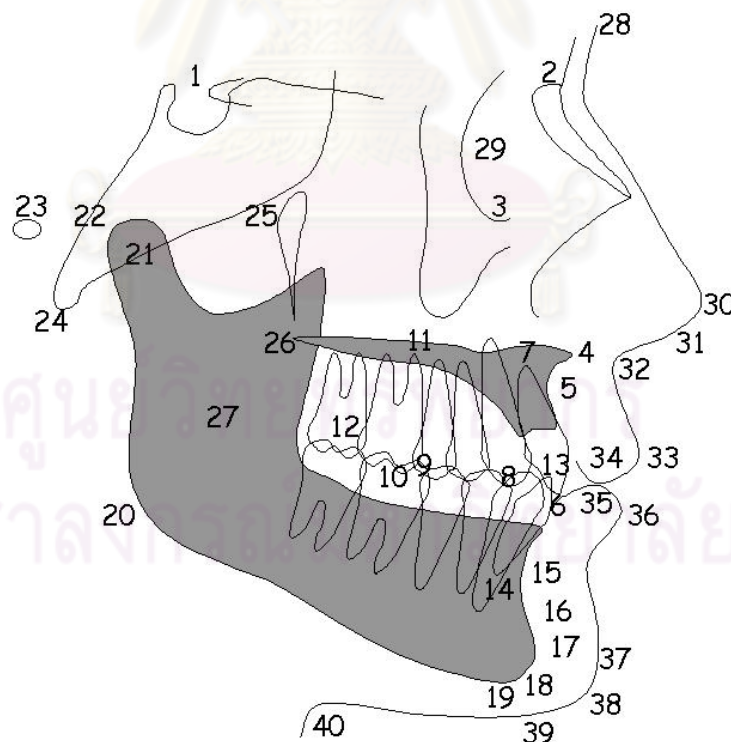
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้นำหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ และการประมวลผลภาพดิจิทัล มาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อพัฒนากระบวนการค้นหาตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติและเครื่องมือที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ความรู้เกี่ยวกับจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ และการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital image processing)

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ

จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะที่ใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์เบื้องต้นของภาควิชาทันตกรรมการจัดฟัน ทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีทั้งหมด 40 จุด [5] ดังรูปภาพที่ 2.1 และชื่อจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ ในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะที่ใช้ในการคำนวณการวิเคราะห์เบื้องต้น 40 จุด

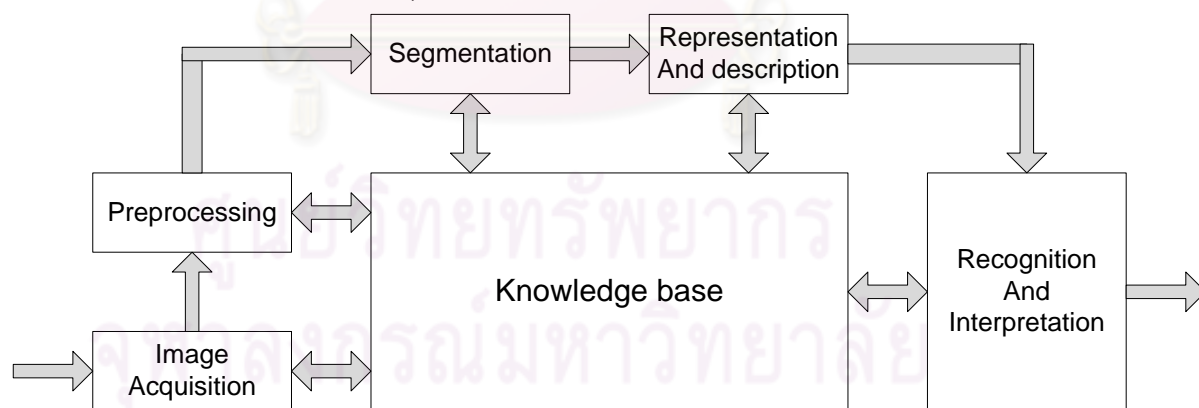
ตารางที่ 2.1 จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ 40 จุดที่ใช้ในการคำนวณการวิเคราะห์เบื้องต้น

ตำแหน่ง	ชื่อเรียก	ตำแหน่ง	ชื่อเรียก
1	Sella	21	Point C / Capitulare
2	Nasion	22	Condylion
3	Orbitale	23	Porion
4	ANS	24	Basion
5	A	25	Pterygoid point
6	Upper incisor (Edge)	26	Posterior nasal spine
7	Upper incisor (Apex)	27	Xi point
8	Intersection ของ upper and lower first premolar	28	Glabella soft tissue
9	Intersection ของ upper and lower first molar	29	Commisure of eye
10	Mesio buccal cusp ของ upper first molar	30	Pronasion
11	Intersection ของเส้นที่ตั้งฉากกับเส้นที่ตั้งฉากกับเส้นที่ลากผ่านจุด 8 และ 9 กับ lower border ของ palate	31	Columella
12	Distal surface ของ upper first molar	32	Subnasion
13	Lower incisor (Edge)	33	Labrale superius
14	Lower incisor (Apex)	34	Upper lip stomion
15	B	35	Lower lip stomion
16	Point ระหว่าง B กับ Pog	36	Labrale inferius
17	Pog	37	Soft tissue Pogonion
18	Gnathion	38	Intersection ของเส้น 36,37 กับเส้น 39,40
19	Menton	39	Soft tissue Menton
20	Gonion	40	จุดหักมุมระหว่างคอและคาง

2.2 การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)

งานวิจัยนี้ได้นำหลักการประมวลผลภาพดิจิทัล มาใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงภาพหรือข้อมูลที่อยู่ในภาพให้มีความชัดเจนและนำภาพไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การวิเคราะห์เพื่อเข้าใจเนื้อหาของรายละเอียดของภาพ โดยพื้นฐานของการประมวลผลภาพประกอบด้วยกระบวนการทำงาน 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. Image Acquisition กระบวนการรับข้อมูลภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลภาพโดยใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น กล้องดิจิทัล กล้องวิดีโอ เครื่องสแกนเนอร์ เป็นต้น
2. Preprocessing กระบวนการปรับปรุงรูปภาพเพื่อให้มีภาพมีความชัดเจนและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลภาพในขั้นตอนต่อไป
3. Segmentation กระบวนการในการแยกวัตถุหรือส่วนประกอบต่าง ๆ ออกจากภาพเพื่อใช้ในการกำหนดสิ่งที่สนใจนำไปประมวลผลขั้นตอนต่อไป
4. Representation กระบวนการในการหาลักษณะเฉพาะ (Feature) ของบริเวณที่สนใจ (Region of interest) เพื่อใช้อธิบายลักษณะเฉพาะของบริเวณที่สนใจเพื่อนำไปประมวลผลขั้นตอนต่อไป
5. Recognition and Interpretation กระบวนการในการนำลักษณะเฉพาะ มาใช้พิจารณาสิ่งที่สนใจ เพื่อรู้จำสิ่งต่าง ๆ



รูปที่ 2.2 กระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล

ทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิทัลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้จะใช้วิธีดังนี้

2.2.1 การหาค่าขีดแบ่ง (Thresholding)

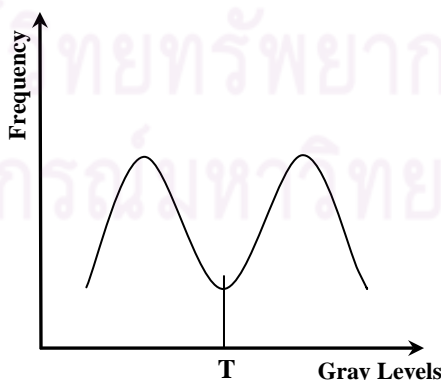
การหาค่าขีดแบ่งเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายสำหรับการแยกวัตถุหรือส่วนประกอบต่าง ๆ ออกจากภาพ เนื่องจากการหาค่าขีดแบ่งดังกล่าวจะเป็นการทำให้เข้าใจและแสดงในส่วนวัตถุที่สนใจได้ชัดเจน

การหาค่าขีดแบ่งจากภาพระดับเทา โดยสมมติให้ $f(x, y)$ เป็นฟังก์ชันแทนค่าจุดภาพที่ตำแหน่ง (x, y) กำหนดค่าขีดแบ่งเป็น T เพื่อแบ่งรูปภาพออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มของจุดภาพที่มีสีดำและกลุ่มของจุดภาพที่มีสีขาว ซึ่งกลุ่มจุดภาพที่มีสีดำจะเป็นส่วนพื้นหลังของภาพ และกลุ่มจุดภาพที่มีสีขาวจะเป็นส่วนวัตถุที่สนใจ โดยที่ $f(x, y)$ ใด ๆ ในภาพมีมากกว่า T จะแทนค่าของจุดภาพให้เป็นจุดภาพที่มีสีขาวโดยมีค่าเท่ากับ 1 แต่ถ้า $f(x, y)$ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ T แล้วจะแทนค่าของจุดภาพให้เป็นจุดภาพที่มีสีดำโดยมีค่าเท่ากับ 0 การหาค่าขีดแบ่งตามนิยามดังสมการที่ 2.1

$$g(x, y) = \begin{cases} 1; & \text{if } f(x, y) > T \\ 0; & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots (2.1)$$

2.2.2 การหาค่าขีดแบ่งด้วยวิธี Otsu (Otsu thresholding method)

การหาค่าขีดแบ่งด้วยวิธี Otsu เป็นผลงานวิจัยของ N.Otsu ที่ได้คิดค้นกระบวนการหาค่าขีดแบ่งแบบอัตโนมัติ เนื่องจากภาพในแต่ละภาพนั้นจะมีค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมไม่เท่ากันอันเนื่องมาจากหลายปัจจัย การหาค่าขีดแบ่งด้วยวิธี Otsu จะเป็นการช่วยหาค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมในแต่ละภาพ ซึ่งในแต่ละภาพนั้นจะมีค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมไม่เท่ากัน เพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ โดยผู้ใช้ไม่ต้องกังวลและเลือกค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมด้วยตนเอง [6]



รูปที่ 2.3 ฮิสโทแกรมที่มีลักษณะเป็นทิวฐานนิยม

หลักการหาค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัติ โดยวิธีของ Otsu นั้น ใช้สมมติฐานว่าภาพที่จะนำมาใช้หาค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัตินั้นจะต้องมีฮิสโทแกรมที่มีลักษณะเป็นทวิฐานนิยม (Bimodal) ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.3 วิธีการนี้ใช้ความรู้ทางสถิติในการหาค่าขีดแบ่ง โดยสมมติให้ฮิสโทแกรมแทนด้วยฟังก์ชันความน่าจะเป็น P โดยที่ $P(0) \dots P(I)$ แทนความน่าจะเป็นของฮิสโทแกรมที่จะเกิดค่าระดับเทาตั้งแต่ค่า $0 \dots I$ ถ้าฮิสโทแกรมที่ได้จากภาพมีลักษณะเป็นทวิฐานนิยม ค่าขีดแบ่งที่ใช้แบ่งกลุ่มค่าระดับเทาของฮิสโทแกรมออกเป็น 2 กลุ่มคือค่า t โดยที่สามารถคำนวณค่าความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มได้จากค่าความแปรปรวนของกลุ่มที่มีค่าระดับเทาน้อยกว่าหรือเท่ากับ t กับค่าความแปรปรวนกลุ่มที่มีค่าระดับเทามากกว่า t ค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมที่สุดจะมีค่าอยู่ระหว่างฐานนิยมทั้งสองและมีค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มน้อยที่สุด

ในการหาค่าขีดแบ่งด้วยวิธี Otsu ค่าความแปรปรวนของภาพหาได้จากสมการที่ 2.2 ซึ่งเกิดจากค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มและค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

$$\sigma^2 = \sigma_w^2(t) + \sigma_b^2(t) \quad \dots (2.2)$$

โดยที่ σ^2 เป็นค่าความแปรปรวนของภาพ

$\sigma_w^2(t)$ เป็นค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม

$\sigma_b^2(t)$ เป็นค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

จากสมการที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าค่าความแปรปรวนของภาพเป็นค่าคงที่และไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าขีดแบ่ง t ในการหาค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัติ การคำนวณค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มมีความซับซ้อนน้อยกว่าการคำนวณค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม ดังนั้นค่าขีดแบ่ง t ที่เหมาะสมสามารถหาได้จากค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มที่มีค่ามากที่สุด โดยการคำนวณค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มหาได้จากสมการที่ 2.3

$$\sigma_b^2(t) = q_1(t)[1 - q_1(t)][\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2 \quad \dots (2.3)$$

ในการคำนวณ $q_1(t)$ $\mu_1(t)$ และ $\mu_2(t)$ สามารถคำนวณหาเป็นฟังก์ชันเวียนเกิด (Recursive function) ได้ดังสมการที่ 2.4 ถึง 2.7

$$q_1(t+1) = q_1(t) + P(t+1) \quad \dots (2.4)$$

$$\mu_1(t+1) = \frac{q_1(t)\mu_1(t) + (t+1)P(t+1)}{q_1(t+1)} \quad \dots (2.5)$$

$$\mu_2(t+1) = \frac{\mu - q_1(t+1)\mu_1(t+1)}{1 - q_1(t+1)} \quad \dots (2.6)$$

$$\mu = \sum_{i=1}^I iP(i) \quad \dots (2.7)$$

- โดยที่ $q_1(t)$ เป็นความน่าจะเป็นของกลุ่มที่มีค่าระดับเทาน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่ง t
 $\mu_1(t)$ เป็นค่าเฉลี่ยค่าระดับเทาของกลุ่มแรก
 $\mu_2(t)$ เป็นค่าเฉลี่ยค่าระดับเทาของกลุ่มที่สอง
 μ เป็นค่าเฉลี่ยของค่าระดับเทาของภาพต้นฉบับ
 $P(i)$ ความน่าจะเป็นของฮิสโทแกรมที่ค่าระดับเทาเท่ากับ i

2.2.3 การหาขอบภาพด้วยตัวดำเนินการโซเบล (Sobel Edge Detection)

การหาขอบภาพด้วยตัวดำเนินการโซเบล โดยการใช้หน้ากากขนาด 3x3 จุดภาพ โดยทำการหาขอบภาพในทิศทางแนวนอนและแนวตั้ง ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.4 และทำการคอนโวลูชันกันระหว่าง 2 ภาพ

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

(ก) หน้ากากสำหรับหาขอบในทิศทางแนวนอน

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

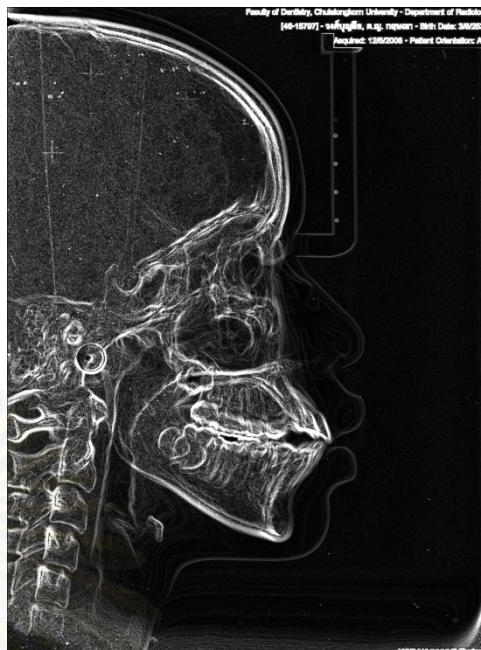
(ข) หน้ากากสำหรับหาขอบในทิศทางแนวตั้ง

รูปที่ 2.4 หน้ากากของตัวดำเนินการ Sobel ในทิศทางแนวนอนและแนวตั้ง

ตัวอย่างการหาขอบภาพด้วยตัวดำเนินการ Sobel ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.5 และรูปภาพที่หาขอบภาพในแนวตั้งและแนวนอน แสดงในรูปภาพที่ 2.6

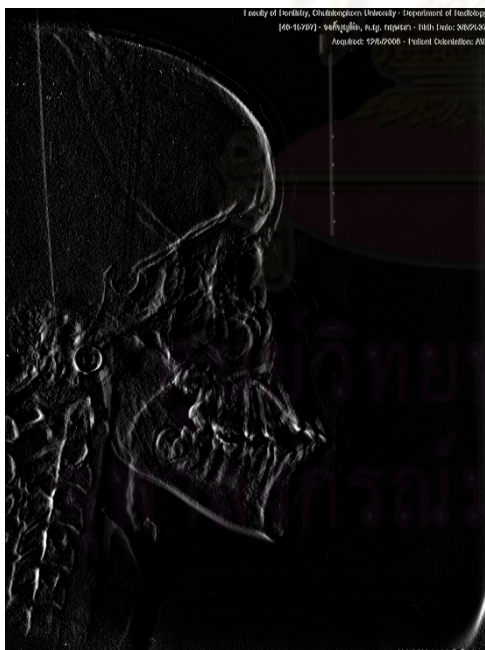


(ก) ภาพต้นฉบับ ที่เป็นภาพระดับเทา

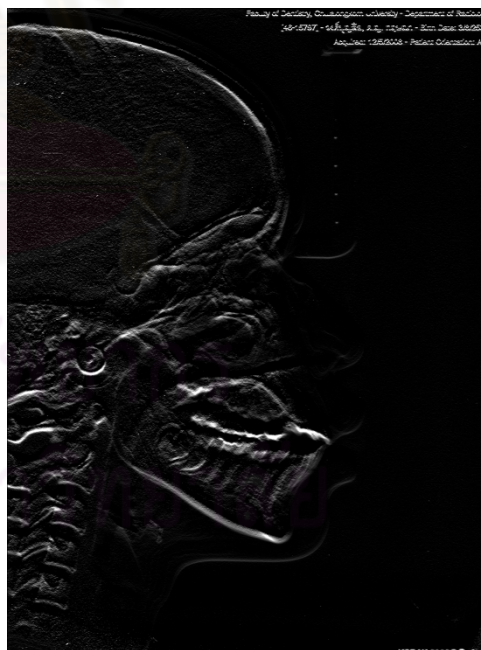


(ข) ผลลัพธ์จากการหาขอบภาพด้วย
ตัวดำเนินการโซเบล

รูปที่ 2.5 ภาพผลลัพธ์จากการขอบภาพด้วยตัวดำเนินการโซเบล



(ก) ผลลัพธ์จากการหาขอบภาพด้วยตัว
ดำเนินการโซเบลในแนวนอน



(ข) ผลลัพธ์จากการหาขอบภาพด้วยตัว
ดำเนินการโซเบลในแนวตั้ง

รูปที่ 2.6 ภาพผลลัพธ์จากการขอบภาพด้วยตัวดำเนินการโซเบล ในแนวนอนและแนวตั้ง

2.2.4 การประมวลผลภาพเชิงสัณฐาน (Morphological Image Processing)

การประมวลผลภาพเชิงสัณฐานเป็นวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลพื้นฐานที่สำคัญ ซึ่งช่วยในการสกัดส่วนประกอบของภาพที่เป็นประโยชน์ในการแสดงและอธิบายส่วนประกอบต่าง ๆ ของวัตถุในภาพ เช่น บริเวณโครงร่าง (Skeleton) ส่วนเว้าและส่วนโค้ง เป็นต้น ในการประมวลผลภาพเชิงสัณฐานจะใช้ทฤษฎีของเซต (Set theory) ซึ่งเป็นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการประมวลผล ในงานวิจัยนี้จะใช้การประมวลผลภาพเชิงสัณฐานกับภาพลักษณะฐานสองเท่านั้น ตัวดำเนินการ (Operator) ที่ใช้ในการประมวลผลภาพเชิงสัณฐานมีดังต่อไปนี้

1) การขยายขนาด (Dilation)

การขยายขนาดใช้ในการเชื่อมวัตถุในภาพที่อยู่ใกล้กันเข้าด้วยกันและยังเป็นการปิดช่องว่างระหว่างวัตถุในภาพ โดยใช้ตัวดำเนินการพื้นฐานของการประมวลผลภาพเชิงสัณฐาน การขยายขนาดจะแสดงดังสมการที่ 2.8

$$A \oplus B = \left\{ z \mid (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset \right\} \quad \dots (2.8)$$

โดยที่ A เป็นภาพต้นฉบับ

B เป็นสมาชิกโครงสร้างที่ใช้ดำเนินการกับภาพ

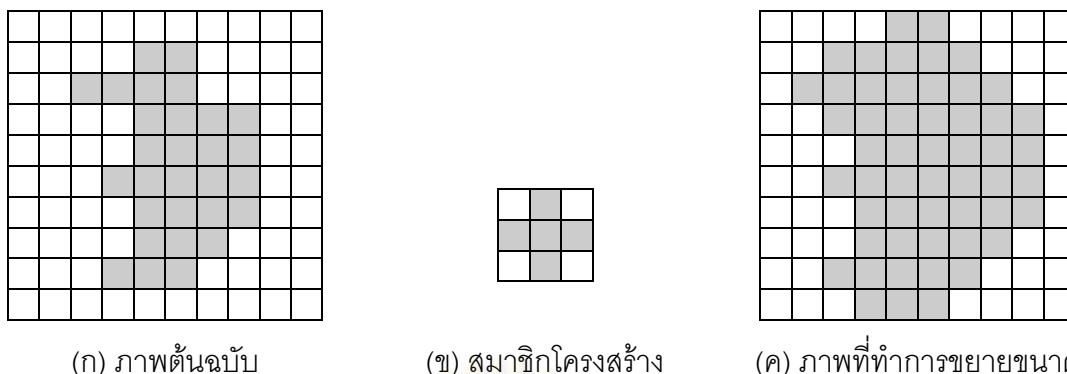
z เป็นตำแหน่งที่ใช้ในการเลื่อนสมาชิกโครงสร้าง

\hat{B} เป็นสมาชิกโครงสร้างที่ถูกพลิกกลับหัว

จากสมการที่ 2.8 พบว่าในการขยายขนาดจะมีสมาชิกโครงสร้าง (Structure element) มาดำเนินการกับภาพ ซึ่งจะทำให้การเลื่อน (Translation) สมาชิกโครงสร้างไปบนภาพโดยใช้จุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างเป็นจุดหลักแล้วทำการขยายขนาดตามสมการที่ 2.8 กระบวนการขยายขนาดมีขั้นตอนดังนี้

- 1) เมื่อจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างอยู่ส่วนใด ๆ ในภาพซึ่งไม่อยู่ตรงบริเวณของวัตถุจะไม่ดำเนินการใด ๆ และทำการเลื่อนสมาชิกโครงสร้างไปยังจุดภาพถัดไป
- 2) เมื่อจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับบริเวณของวัตถุจะดำเนินการด้วยตัวดำเนินการทางตรรกะ OR ระหว่างวัตถุกับสมาชิกโครงสร้าง ณ ตำแหน่งที่ตรงกับบริเวณของวัตถุ

ตัวอย่างการขยายขนาด ดังแสดงในรูปที่ 2.7



(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) สมาชิกโครงสร้าง

(ค) ภาพที่ทำการขยายขนาด

รูปที่ 2.7 ภาพตัวอย่างการขยายขนาดภาพ

2) การกร่อน (Erosion)

การกร่อนเป็นการลดขนาดของวัตถุให้เล็กลงหรือกำจัดสัญญาณรบกวนที่เป็นจุดเล็กน้อยในภาพ โดยใช้ตัวดำเนินการพื้นฐานของการประมวลผลภาพเชิงสัญญาณเช่นเดียวกับการขยายขนาด การกร่อนจะแสดงดังสมการที่ 2.9

$$A \ominus B = \{z \mid (B)_z \subseteq A\} \quad \dots (2.9)$$

โดยที่ A เป็นภาพต้นฉบับ

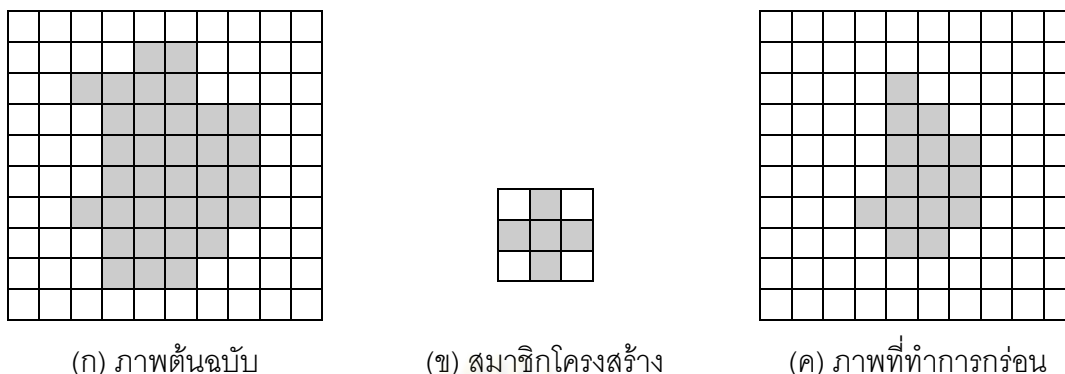
B เป็นสมาชิกโครงสร้างที่ใช้ดำเนินการกับภาพ

z เป็นตำแหน่งที่ใช้ในการเลื่อนสมาชิกโครงสร้าง

ขั้นตอนการกร่อนมีลักษณะกระบวนการเช่นเดียวกับการขยายขนาด ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) เมื่อจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างอยู่ส่วนใด ๆ ในภาพซึ่งไม่อยู่ตรงบริเวณของวัตถุจะไม่ดำเนินการใด ๆ และทำการเลื่อนสมาชิกโครงสร้างไปยังจุดภาพถัดไป
- 2) เมื่อจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับบริเวณของวัตถุ จะทำการพิจารณาว่าจุดภาพของสมาชิกโครงสร้างทุกจุดตรงกับจุดภาพของวัตถุหรือเป็นซัพเซต (Subset) ของวัตถุหรือไม่ ถ้าจุดภาพตรงกันทุกจุดจะให้จุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างเป็นบริเวณของวัตถุ แต่ถ้าจุดภาพไม่ตรงกันทุกจุดจะให้เป็นบริเวณพื้นหลังของวัตถุ

ตัวอย่างการกร่อน ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ภาพตัวอย่างการกร่อนภาพ

3) การปิด (Closing Filter)

การปิดเป็นการนำตัวดำเนินการพื้นฐานทางการประมวลผลภาพเชิงสัจฐานมารวมกัน เช่นเดียวกับการเปิด ซึ่งใช้ในการปรับเรียบขอบที่มีลักษณะเป็นเนิน การปิดแสดงดังสมการที่ 2.10

$$4) \quad A \circ B = (A \oplus B) \ominus B \quad \dots (2.10)$$

5) โดยที่ A เป็นภาพต้นฉบับ

6) B เป็นสมาชิกโครงสร้างที่ใช้ดำเนินการกับภาพ

2.2.5 การปรับความเข้มแสงของชุดภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน

ในการประมวลผลภาพดิจิทัล ภาพที่นำมาประมวลผลในแต่ละภาพอาจมีระดับความเข้มแสงไม่เท่ากันเนื่องจากสภาพแวดล้อมของบริเวณที่ทำการเก็บภาพเปลี่ยนไป ซึ่งจะส่งผลต่อความถูกต้องในการประมวลผลภาพดิจิทัลเพราะใช้ค่าความเข้มแสงของภาพในการประมวลผล ดังนั้นควรมีการปรับความเข้มแสงของชุดภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันก่อนนำภาพมาประมวลผล วิธีการปรับความเข้มแสงของชุดภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันแสดงดังสมการที่ 2.11 และ 2.12 [7]

$$I'(x, y) = \begin{cases} \phi_d + \lambda & ; \text{ if } I(x, y) > \phi \\ \phi_d - \lambda & ; \text{ otherwise} \end{cases} \quad \dots (2.11)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\rho_d (I(x, y) - \phi)^2}{\rho}} \quad \dots (2.12)$$

โดยที่ $I'(x, y)$ เป็นภาพที่ปรับความเข้มแสงแล้ว

ϕ_d และ ρ_d เป็นค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของภาพผลลัพธ์ที่ต้องการ
 ϕ และ ρ เป็นค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของภาพต้นฉบับ
 $I(x, y)$ เป็นค่าความเข้มแสงของจุดภาพที่ตำแหน่ง (x, y)

2.2.6 การแปลงฮัฟแบบวงกลม (Circular Hough Transform)

การแปลงฮัฟแบบวงกลมเป็นวิธีที่ใช้ในการหาตำแหน่งของวงกลมในภาพโดยกำหนดขนาดรัศมีของวงกลมที่ต้องการ ภาพที่นำมาใช้ต้องเป็นภาพขอบของวัตถุ [8]

การแปลงฮัฟแบบวงกลมจะใช้สมการวงกลมที่มีรัศมีตามที่กำหนดเพื่อหาตำแหน่งของวงกลมในภาพ จากนั้นใช้ตัวสะสม (Accumulator) นับจำนวนครั้งของตำแหน่งของเส้นรอบวงของวงกลมที่ซ้อนทับกัน โดยสามารถหาจุดศูนย์กลางของวงกลมได้จากตำแหน่งที่มีการซ้อนทับกันของเส้นรอบวงของวงกลมมากที่สุด เมื่อต้องการหาวงกลมที่ไม่ทราบรัศมี จำเป็นต้องกำหนดช่วงขนาดของรัศมีที่จะค้นหาซึ่งจะเพิ่มมิติของตัวสะสมและใช้เวลาในการประมวลผลเพิ่มมากขึ้น การแปลงฮัฟแบบวงกลมมีขั้นตอนดังนี้

- 1) กำหนดขนาดรัศมีของวงกลมที่ต้องการหาในภาพ
- 2) ค้นหาจุดภาพที่เป็นขอบโดยทำการค้นหาจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง
- 3) เมื่อเจอจุดภาพที่เป็นขอบจะให้จุดภาพนั้นเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมและหาเส้นรอบวงของวงกลมโดยใช้รัศมีตามที่กำหนด จากนั้นเพิ่มค่าในตัวสะสม ณ ตำแหน่งจุดภาพที่มีเส้นรอบวง
- 4) ค้นหาจุดภาพถัดไปที่เป็นขอบและทำตามขั้นตอนที่ 3 ใหม่อีกครั้ง
- 5) เมื่อค้นหาจุดภาพครบทั้งภาพแล้วจากนั้นตัดตำแหน่งในตัวสะสมที่มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งที่กำหนด ซึ่งค่าขีดแบ่งนี้ใช้ในการตัดสินใจว่าจุดภาพนั้นเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมหรือไม่
- 6) ค้นหาตำแหน่งในตัวสะสมที่มีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับจุดข้างเคียงและให้ตำแหน่งนั้นเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม
- 7) ค้นหาตำแหน่งถัดไปครบทุกตำแหน่งในตัวสะสม
- 8) ถ้าไม่ทราบรัศมีของวงกลมที่ต้องการค้นหาจะกำหนดรัศมีของวงกลมเป็นช่วงที่ต้องการและทำตามขั้นตอนที่ 1 ใหม่อีกครั้ง จากนั้นจะปรับค่ารัศมีเพิ่มขึ้นจนถึงค่ารัศมีสูงสุดที่ต้องการ

2.2.7 การปิดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน (Connected Component Labeling)

การปิดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันเป็นวิธีที่ทำให้สามารถแยกส่วนประกอบออกจาก

ภาพ ทราบจำนวน, ขนาด และตำแหน่ง ของส่วนประกอบในภาพได้ โดยพิจารณาจากจุดภาพที่มีเชื่อมต่อกัน [9]

สมมติภาพ B เป็นภาพลักษณะพื้นฐานสอง นั่นคือ $B[r,c] = B[r',c'] = v$ เมื่อ v มีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 จุดภาพ $[r,c]$ จะเชื่อมต่อกับจุดภาพ $[r',c']$ ด้วยค่า v ถ้ามีลำดับของจุดภาพ $[r,c] = [r_0,c_0], [r_1,c_1], \dots, [r_n,c_n] = [r',c']$ ซึ่ง $B[r_i,c_i] = v$ โดยที่ $i = 0, \dots, n$ และ $[r_i,c_i]$ เป็นจุดภาพที่เชื่อมต่อกับจุดภาพของ $[r_{i-1},c_{i-1}]$ สำหรับแต่ละ $i = 1, \dots, n$ ลำดับของจุดภาพ $[r_0,c_0], \dots, [r_n,c_n]$ สร้างเส้นทางเชื่อมต่อกันจาก $[r,c]$ ถึง $[r',c']$ ส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันของค่า v คือเซตของจุดภาพ C ที่มีค่าเท่ากับ v และคู่ของจุดภาพทุกคู่ภายในเซตเชื่อมต่อกันด้วยค่า v รูปที่ 2.9(ก) แสดงภาพลักษณะพื้นฐานสองที่มีส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันของค่า 1

1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	1	0	1
0	0	0	1	0	1	0	1
1	1	0	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1	1	1

(ก) ภาพลักษณะพื้นฐานสอง

1	1	0	1	1	1	0	2
1	1	0	1	0	1	0	2
1	1	1	1	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	2
3	3	3	3	0	4	0	2
0	0	0	3	0	4	0	2
5	5	0	3	0	0	0	2
5	5	0	3	0	2	2	2

(ข) การปิดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน

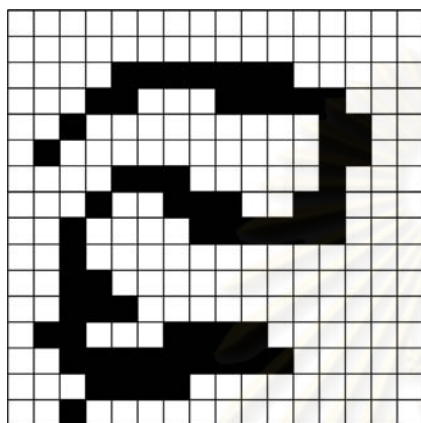
รูปที่ 0.9 ภาพลักษณะพื้นฐานสองและส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน 5 ส่วนของค่า 1

ส่วนการปิดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันของภาพลักษณะพื้นฐานสอง B คือภาพที่ถูกปิดป้าย LB ที่มีค่าในแต่ละจุดภาพเป็นป้ายของแต่ละส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน โดยที่ป้ายก็คือสัญลักษณ์ที่ตั้งชื่อให้กับแต่ละส่วนประกอบซึ่งอาจจะตั้งเป็นอักษรก็ได้ อย่างไรก็ตามการตั้งชื่อเป็นเลขจำนวนเต็มบวกจะสะดวกและนิยมใช้กันมากกว่า รูปที่ 2.9(ข) แสดงการปิดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันของภาพลักษณะพื้นฐานสองในรูปที่ 2.9 (ก)

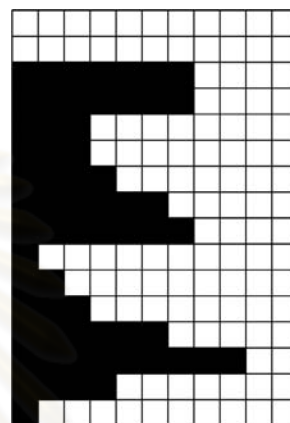
2.2.8 ภาพเงาการฉาย (Projection Profile)

การฉายของภาพลักษณะพื้นฐานสองลงบนเส้นตรงสามารถทำได้โดยแบ่งเส้นตรงออกเป็นช่อง ๆ และหาจำนวนของจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งอยู่ในแนวตั้งฉากกับเส้นตรงในแต่ละช่องนั้น ภาพเงาการฉายเป็นการแสดงข้อมูลของภาพที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามภาพเงาการฉายมี

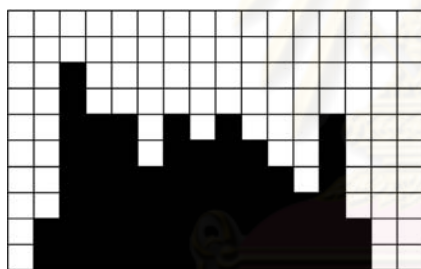
ข้อเสียอันเนื่องมาจากเป็นข้อมูลที่ไม่เป็นเอกลักษณ์ของภาพ ภาพมากกว่าหนึ่งภาพอาจมีภาพเงาการฉายที่เหมือนกัน ภาพเงาการฉายตามแนวนอนและแนวตั้งหาได้ง่าย ๆ จากการนับจำนวนจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ในทิศทางตามแนวนอนและแนวตั้งของช่องแต่ละช่องในเส้นตรงที่แบ่งไว้ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยที่จุดภาพสีดำมีค่าเท่ากับ 1 และจุดภาพสีขาวมีค่าเท่ากับ 0 [10]



(ก) ภาพลักษณะฐานสอง



(ข) ภาพเงาการฉายตามแนวนอน



(ค) ภาพเงาการฉายตามแนวตั้ง

รูปที่ 2.10 ภาพตัวอย่างภาพเงาการฉายของภาพภาพลักษณะฐานสอง

ภาพเงาการฉายตามแนวนอน $H[i]$ และแนวตั้ง $V[i]$ ของภาพลักษณะฐานสองกำหนดโดยสมการที่ 2.12 และ 2.13 ตามลำดับ

$$H[i] = \sum_{j=1}^m B[i, j] \quad \dots (2.13)$$

$$V[j] = \sum_{i=1}^n B[i, j] \quad \dots (2.14)$$

โดยที่ B เป็นภาพลักษณะฐานสองซึ่งมีความสูงเท่ากับ m จุดภาพ และมีความกว้างเท่ากับ n จุดภาพ

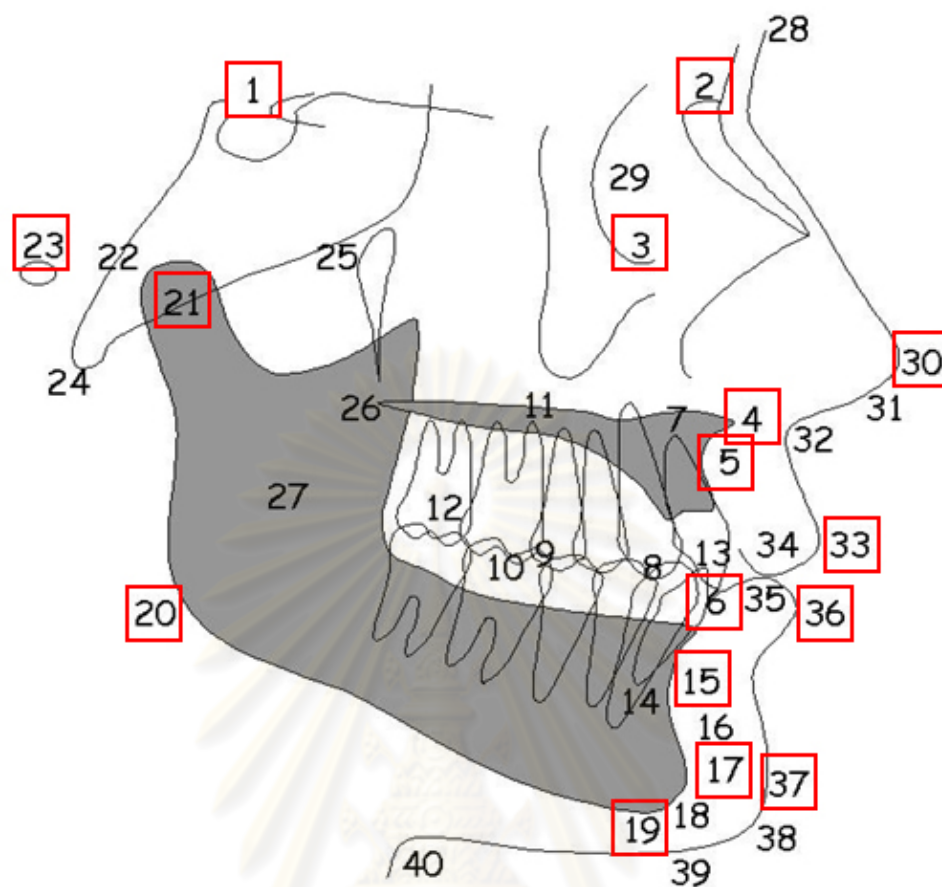
บทที่ 3

การค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนและกระบวนการจัดฟันในปัจจุบัน ทันตแพทย์จัดฟันใช้ภาพรังสีวัดศีรษะ เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่มีความสำคัญในด้านต่าง ๆ เช่น ใช้วิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างกะโหลกศีรษะและใบหน้าของผู้ป่วย ใช้ศึกษาการเจริญเติบโตของโครงสร้างกะโหลกศีรษะและใบหน้า และใช้ในการวินิจฉัยเพื่อวางแผนการรักษาการจัดฟัน เป็นต้น

เนื่องจากภาพรังสีวัดศีรษะเป็นภาพรังสีเอ็กซของศีรษะมนุษย์ที่ประกอบด้วยกระดูก กระดูกอ่อน และเนื้อเยื่อ แต่ละส่วนมีความสว่างแตกต่างกันในภาพรังสีเอ็กซ อีกทั้งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะมีจำนวนมากถึง 262 จุด งานวิจัยได้เสนอแนวคิดที่จะค้นหาบริเวณของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติเพื่อช่วยให้ทันตแพทย์สามารถกำหนดตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะได้สะดวกและรวดเร็ว โดยจะเริ่มจากการค้นหาบริเวณจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะจำนวน 16 จุด โดยตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ แสดงในรูปที่ 3.1 และรายชื่อจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะและคำนิยามของแต่ละจุดแสดงใน ตารางที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ 16 จุด

ตารางที่ 3.1 รายชื่อและคำนิยามจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ 16 จุด

ลำดับที่	ชื่อ	ความหมาย
1.	Sella	จุดศูนย์กลางของเซลล์ลา หรือจุดศูนย์กลางของแอ่งไฮโปฟิซึเชียล
2.	Nasion	รอยประสานระหว่างกระดูกหน้าผากและกระดูกจมูก หรือจุดหน้าสุดของรอยประสานระหว่างกระดูกหน้าผากและกระดูกจมูก
3.	Orbitale	จุดต่ำสุดของขอบกระดูกเบ้าตา
4.	Anterior nasal spine	จุดปลายสุดของกระดูกขากรรไกรบนส่วนหน้าในแนวกึ่งกลางใบหน้า
5.	Subspinale	จุดลึกสุดบนขอบกระดูกเบ้าฟัน อยู่ระหว่าง Anterior nasal spine และ Prosthion หรือจุดที่อยู่ต่ำสุดของกระดูกเบ้าฟันที่คลุมฟันตัดซี่กลางบน

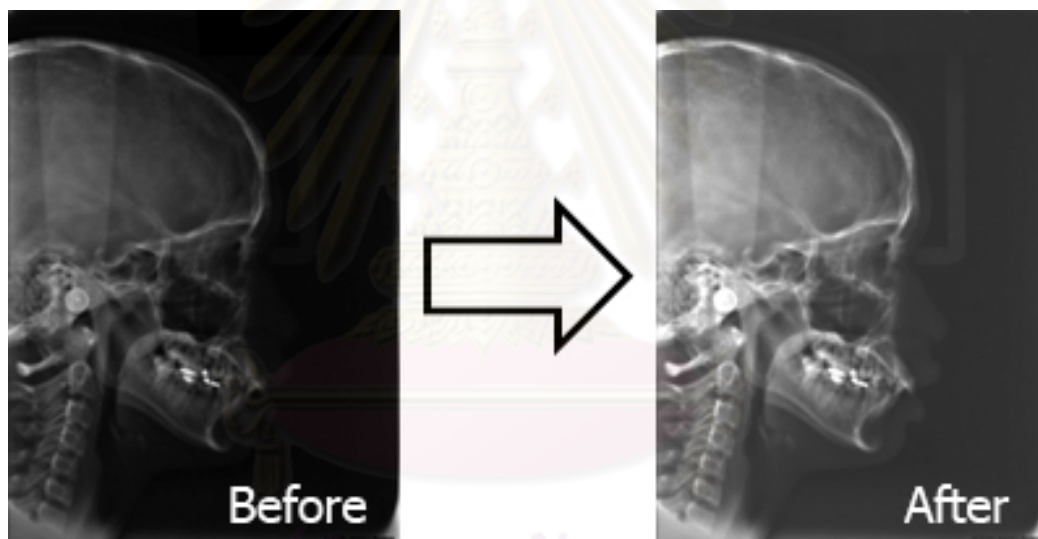
6.	Incision superius	จุดกึ่งกลางของขอบด้านตัดของฟันตัดซี่กลางบนที่ยื่นออกมามากที่สุด หรือจุดต่ำสุดของขอบด้านตัดของฟันตัดซี่กลางบน
15.	Supramentale	จุดหลังสุดบนขอบด้านหน้าของกระดูกเบ้าฟันล่าง หรือจุดที่อยู่หลังสุดของขอบกระดูกขากรรไกรล่างส่วนหน้า โดยทั่วไปแล้ว อยู่ใกล้กับปลายรากของฟันตัดล่างซี่กลาง
17.	Pogonion	จุดที่อยู่หน้าสุดของกระดูกขากรรไกรล่างในแนวกึ่งกลางไบหน้า หรือจุดหน้าสุดบนแนวประสานกระดูกขากรรไกรล่างในระนาบของ Frankfurt horizontal plane หรือจุดหน้าสุดบนแนวประสานกระดูกขากรรไกรล่างในระนาบของ Mandibular plane
19.	Menton	จุดต่ำสุดของแนวประสานกระดูกขากรรไกรล่าง หรือจุดต่ำสุดของแนวประสานกระดูกขากรรไกรล่างในแนวกลางของไบหน้าในระนาบของ Frankfurt horizontal plane หรือจุดต่ำสุดของแนวประสานกระดูกขากรรไกรล่างในแนวกลางของไบหน้าในระนาบของ mandibular plane
20.	Gonion	จุดที่อยู่บนส่วนโค้งของมุมกระดูกขากรรไกรล่าง โดยใช้เส้นแบ่งครึ่งมุมของเส้นสัมผัสขอบด้านหลังของเรมีสและขอบด้านล่างของกระดูกขากรรไกรล่าง
21.	Point C or Capitulare	จุดกึ่งกลางของหัวคอนดอยล์ของกระดูกขากรรไกรล่าง
23.	Porion	จุดบนสุดของขอบรูหูส่วนนอก
30.	Pronasion	จุดหน้าสุดของปลายจมูก
33.	Labrale superius	จุดหน้าสุดของเนื้อเยื่ออ่อนริมฝีปากบน
36.	Labrale Inferius	จุดหน้าสุดของเนื้อเยื่ออ่อนริมฝีปากล่าง
37.	Soft tissue Pogonion	จุดหน้าสุดของผิวหนังหรือ จุดบนสุดหรือจุดหน้าสุดของคางในแนวกึ่งกลางไบหน้า

การค้นหาค่าตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ

จากการทดลองตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ ที่มีนิยามแตกต่างกันไปในแต่ละจุด และลักษณะในบริเวณที่สนใจที่แตกต่างกันตามอายุ, เพศ ในส่วนขั้นตอนการค้นหาค่าตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ มีดังต่อไปนี้

3.1 การปรับรูปภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน

เนื่องด้วยภาพรังสีวัดศีรษะที่ได้นำมาทำการทดลองมีระดับความเข้มแสงไม่เท่ากันและเพื่อให้การประมวลผลภาพมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น จึงได้ปรับความเข้มแสงของชุดภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันก่อนนำมาประมวลผลต่อไป ตัวอย่างภาพก่อนและหลังทำการปรับรูปภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน แสดงในรูปที่ 3.2



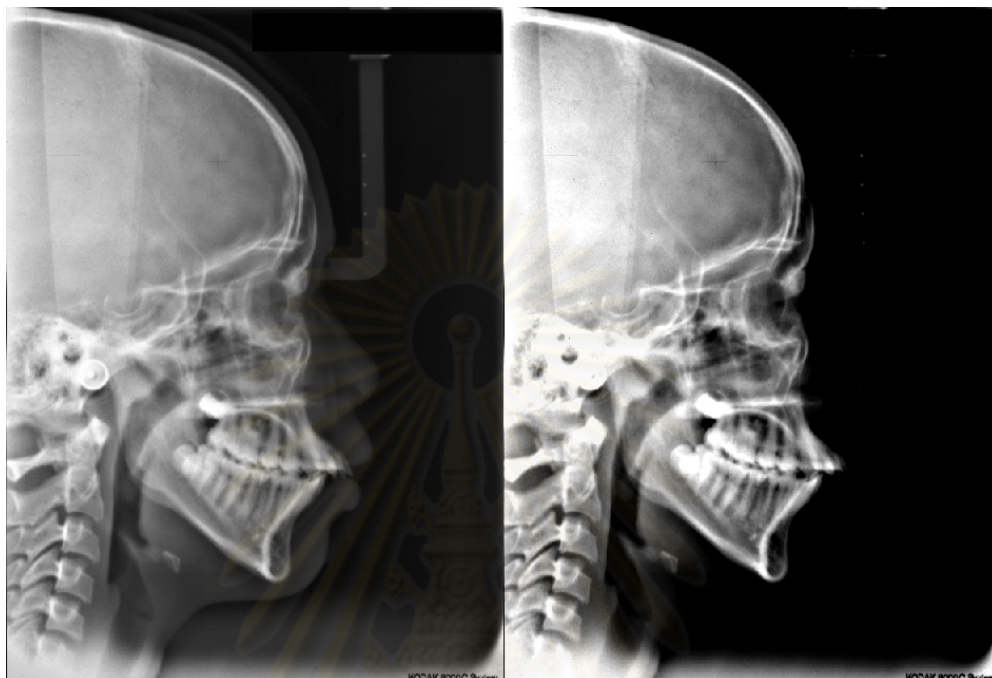
รูปที่ 3.2 ภาพก่อนและหลังทำการปรับรูปภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน

3.2 การประมาณขนาดกะโหลกศีรษะอย่างหยาบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการประมาณขนาดกะโหลกศีรษะให้ทราบถึงความกว้างและสูงของกะโหลกศีรษะในภาพอย่างหยาบ เพื่อใช้อ้างอิงในการกำหนดบริเวณที่สนใจในแต่ละจุด

วิธีการเริ่มจากค้นหาความกว้างของกะโหลกศีรษะด้วยการปรับรูปภาพด้วยวิธีปรับค่าความเปรียบต่าง (Contrast Adjustment - Gray-level Slicing) เนื่องจากภาพรังสีวัดศีรษะมีส่วนที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อนและกะโหลกศีรษะ ซึ่งในส่วนเนื้อเยื่ออ่อน จะมีค่าจุดภาพเป็นสีดำแต่ดำไม่มากพอที่จะมองด้วยสายตาแยกเนื้อเยื่ออ่อนออกจากสีพื้นหลังได้ และกะโหลกศีรษะจะมีค่าจุดภาพที่เป็นสีขาว การปรับภาพให้มีค่าเปรียบต่างมากนั้น จะทำให้ภาพในส่วนเนื้อเยื่ออ่อนนั้นเป็นสีดำ

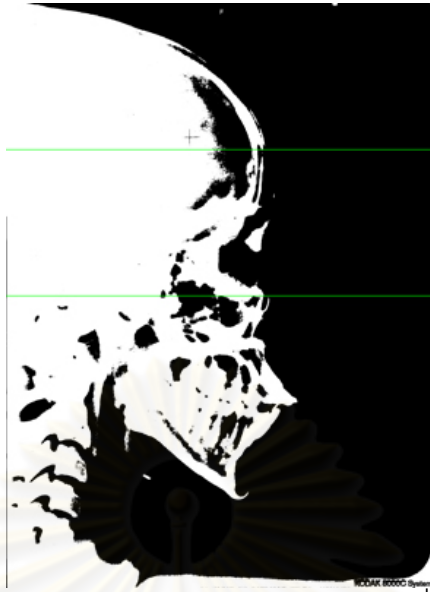
และเป็นสีเดียวกับพื้นหลัง และทำให้ภาพในส่วนของกะโหลกศีรษะมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น แสดง
 ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ภาพก่อนและหลังทำการปรับค่าเปรียบเทียบ

จากนั้นทำการปรับภาพระดับเทาให้เป็นภาพลักษณะฐานสอง ด้วยการหาค่าขีดแบ่งแบบ
 Otsu และกำหนดบริเวณที่สนใจ โดยบริเวณที่สนใจที่จะทำการหาความกว้างของกะโหลกศีรษะ ได้
 กำหนดให้อยู่ในบริเวณตั้งแต่ $\frac{1}{4}$ ของความสูงของรูปภาพจนถึง $\frac{1}{2}$ ของความสูงของรูปภาพ แสดง
 ในรูปที่ 3.4 แล้วจึงทำการฉายเงาภาพในแนวนอน โดยพิจารณาค่าความถี่มากที่สุดจากการฉาย
 เงาภาพแนวนอน โดยค่าดังกล่าวจะกำหนดให้เป็นความกว้างของกะโหลกศีรษะ ดังรูปที่ 3.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 ภาพตัวอย่างการกำหนดบริเวณที่สนใจ



รูปที่ 3.5 ภาพตัวอย่างทำการฉายเงาภาพในแนวนอน ในการหาความกว้างของกะโหลกศีรษะ

การหาความสูงของกะโหลกศีรษะ โดยกำหนดบริเวณที่สนใจตั้งแต่ $\frac{1}{2}$ ของความสูงของรูปภาพ เป็นต้นไป โดยทำการฉายเงาภาพในแนวนอน (Horizontal Projection Profile) พิจารณาค่าความถี่ที่น้อยที่สุดจากการฉายเงาภาพแนวนอน โดยค่าดังกล่าวจะกำหนดให้เป็นความสูงของกะโหลกศีรษะ แสดงในภาพที่ 3.6 และตัวอย่างการประมาณขนาดกะโหลกศีรษะแบบหยาบ แสดงในภาพที่ 3.7



รูปที่ 3.6 ภาพตัวอย่างทำการฉายเงาภาพในแนวนอน ในการหาความสูงของกะโหลกศีรษะ



รูปที่ 3.7 ภาพตัวอย่างการประมาณขนาดกะโหลกศีรษะแบบหยาบ

3.3 การค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ

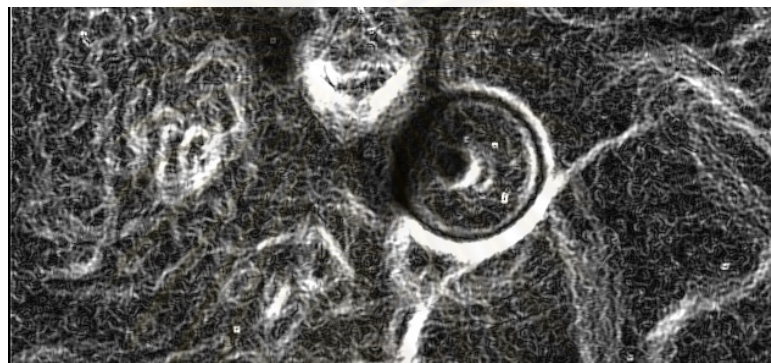
ภาพที่ใช้ในการค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ เป็นภาพที่ทำการปรับรูปภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันแล้ว จึงทำการค้นหา เนื่องจากมีนิยามของแต่ละจุดมีความแตกต่างกันออกไป ขั้นตอนในการค้นหาบริเวณของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะจึงแตกต่างกันออกไป ดังนี้

3.3.1 การค้นหาจุดศูนย์กลางของแท่งรูลู

การค้นหาจุดศูนย์กลางของแท่งรูลู เพื่อใช้ในการอ้างอิงในการกำหนดบริเวณที่สนใจของตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะจุดอื่น ๆ เช่น Sella, Porion, Point C or Capitulare เป็นต้น โดยลักษณะเด่นของแท่งรูลู เป็นวงกลมและค่าจุดภาพเป็นสีขาว โดยขั้นตอนในการค้นหาจุดศูนย์กลางแท่งรูลู มีดังนี้

- 1) โดยหาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล
- 2) ปรับปรุงภาพระดับเทาเป็นภาพลักษณะฐานสอง ด้วยวิธีการหาค่าขีดแบ่งแบบ Otsu
- 3) แปลงฮัฟแบบวงกลม (Circular Hough Transform) เพื่อหาดำแหน่งจุดกึ่งกลางของ
แท่งรูหู

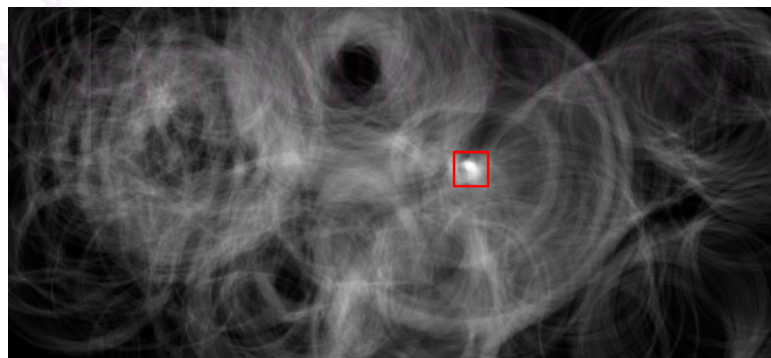
สิ่งที่ได้จะเป็นตัวสะสม (Accumulator) นับจำนวนครั้งของตำแหน่งของเส้นรอบวงของวงกลมที่ซ้อนทับกัน และเป็นตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแท่งรูหู ที่มีการซ้อนทับกันของเส้นรอบวงของวงกลมมากที่สุด ตัวอย่างภาพแต่ละขั้นตอน แสดงในภาพที่ 3.8



(ก) ตัวอย่างภาพการหาขอบภาพด้วยวิธี Sobel



(ข) ตัวอย่างการแปลงภาพระดับเทาเป็นภาพลักษณะฐานสอง ด้วยวิธี Otsu



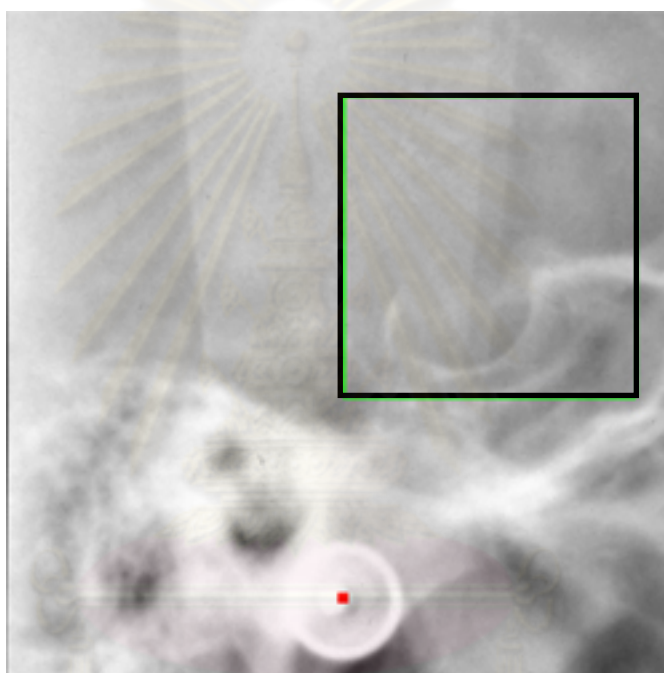
(ค) ตัวอย่างภาพการแปลงฮัฟแบบวงกลม

รูปที่ 3.8 ภาพตัวอย่างขั้นตอนการหาดำแหน่งจุดศูนย์กลางแท่งรูหู

3.3.2 การค้นหาตำแหน่งของจุด Sella

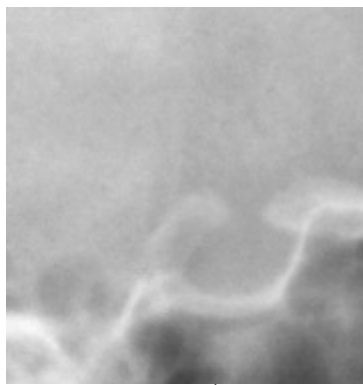
ตำแหน่งของจุด Sella คือ จุดศูนย์กลางของเซลล์า หรือจุดศูนย์กลางของแอ่งไฮโปฟิซเซียล โดยจะมีขนาดที่แตกต่างกันออกไปตาม เพศและอายุ รูปร่างคล้ายวงกลม โดยวิธีการค้นหาตำแหน่งของจุด Sella มีดังนี้

- 1) กำหนดบริเวณที่สนใจ โดยจะอยู่บริเวณทางขวาบนของตำแหน่งจุดศูนย์กลางแห่งรัฐ และเหนือบริเวณของจุด Point C or Capitulare ดังแสดงในรูปที่ 3.9 และทำการประมวลผลภาพเฉพาะบริเวณที่สนใจ

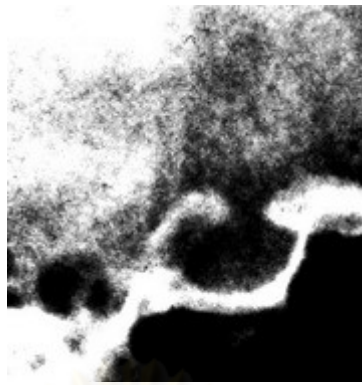


รูปที่ 3.9 ภาพผลลัพธ์การค้นหาบริเวณของจุด Sella

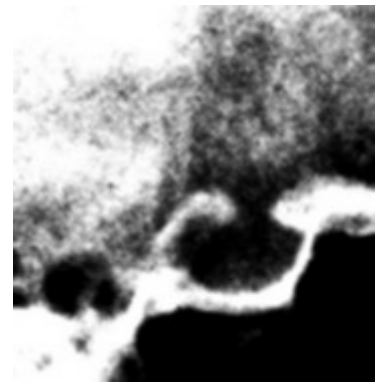
- 2) ปรับปรุงรูปภาพด้วยวิธีปรับค่าความเปรียบต่าง
- 3) กำจัดสัญญาณรบกวนของภาพด้วยวิธี Gaussian Filter
- 4) ปรับภาพระดับเทาให้เป็นภาพลักษณะฐานสอง ด้วยการหาค่าขีดแบ่งแบบ Otsu
- 5) ประมวลภาพเชิงสัญญาณด้วยวิธีการปิด
- 6) หาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล
- 7) ทำการสกัดส่วนประกอบของภาพโดยใช้วิธีการหาบริเวณโครงร่าง (Skeleton)
- 8) แปลงฮัฟแบบวงกลม เพื่อค้นหาตำแหน่งของจุด Sella ขั้นตอนการค้นหาตำแหน่งของจุด Sella แสดงในรูปที่ 3.10



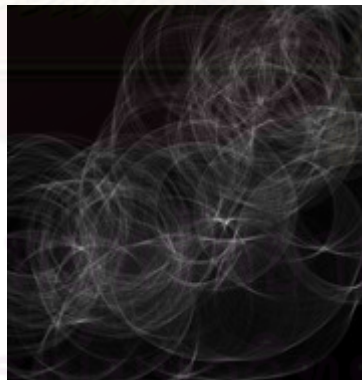
1) บริเวณที่สนใจ



2) ปรับปรุงค่าความเปรียบต่าง

3) ปรับภาพให้คมชัดลดลง
ด้วย Gaussian Filter4) ปรับภาพลักษณะพื้นฐานสอง
ด้วยวิธี Otsu5) ประมวลผลภาพเชิงเส้นฐาน
ด้วยวิธีการปิด6) หาขอบภาพด้วยวิธีการโซ
เบล

7) การหาบริเวณโครงร่าง



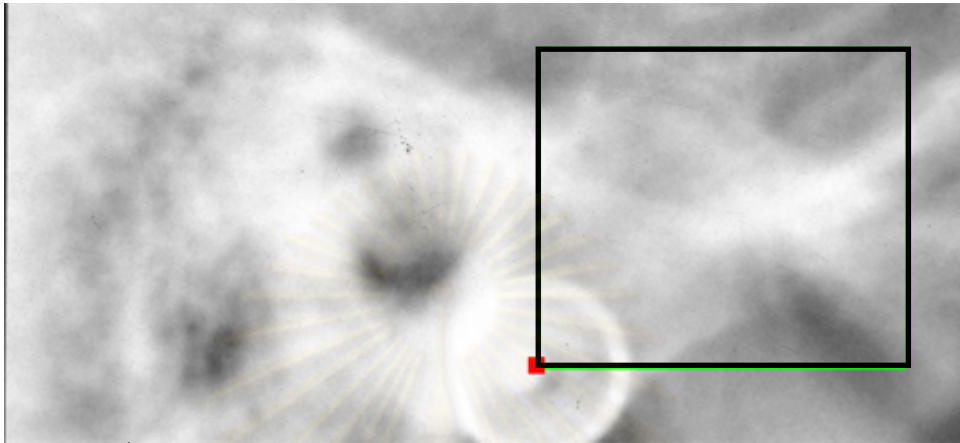
8) แปลงฮัฟแบบวงกลม

รูปที่ 3.10 ตัวอย่างภาพขั้นตอนการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของจุด Sella

3.3.3 การค้นหาตำแหน่งของจุด Point C or Capitulare

การค้นหาตำแหน่งของจุด Point C or Capitulare โดยอ้างอิงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางแห่งรูหู ซึ่งทางขวาของตำแหน่งจุดศูนย์กลางแห่งรูหู โดยการค้นหาตำแหน่งของจุด Point C or Capitulare มีดังนี้

- 1) กำหนดบริเวณที่สนใจของจุด Point C or Capitulare โดยจากจุดศูนย์กลางแห่งรูหู ทำการกำหนดบริเวณไปในทิศทางบน ตามขนาดบริเวณของ Point C or Capitulare ดังแสดงในภาพที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ภาพผลลัพธ์การค้นหาบริเวณของจุด Point C or Capitulare

- 2) จากบริเวณที่สนใจ ทำการค้นหาขอบภาพด้วย Sobel
- 3) ปรับภาพเป็นภาพลักษณะฐานสอง ด้วยการหาค่าขีดแบ่งแบบ Otsu
- 4) ค้นหาตำแหน่งของจุด โดยเริ่มจากตำแหน่งกึ่งกลางแกนแนวดิ่ง ทำการค้นหาจุดภาพสีขาวในทิศทางขวา เมื่อพบจุดดังกล่าวแล้ว จึงเริ่มค้นหาในแนวแกนตั้ง โดยเริ่มจากกึ่งกลางแกนแนวนอน ที่ค้นหาจุดภาพสีขาวได้ แล้วจึงค้นหาในแนวแกนตั้งอีกครั้งเพื่อค้นหาตำแหน่งของจุด Point C or Capitulare

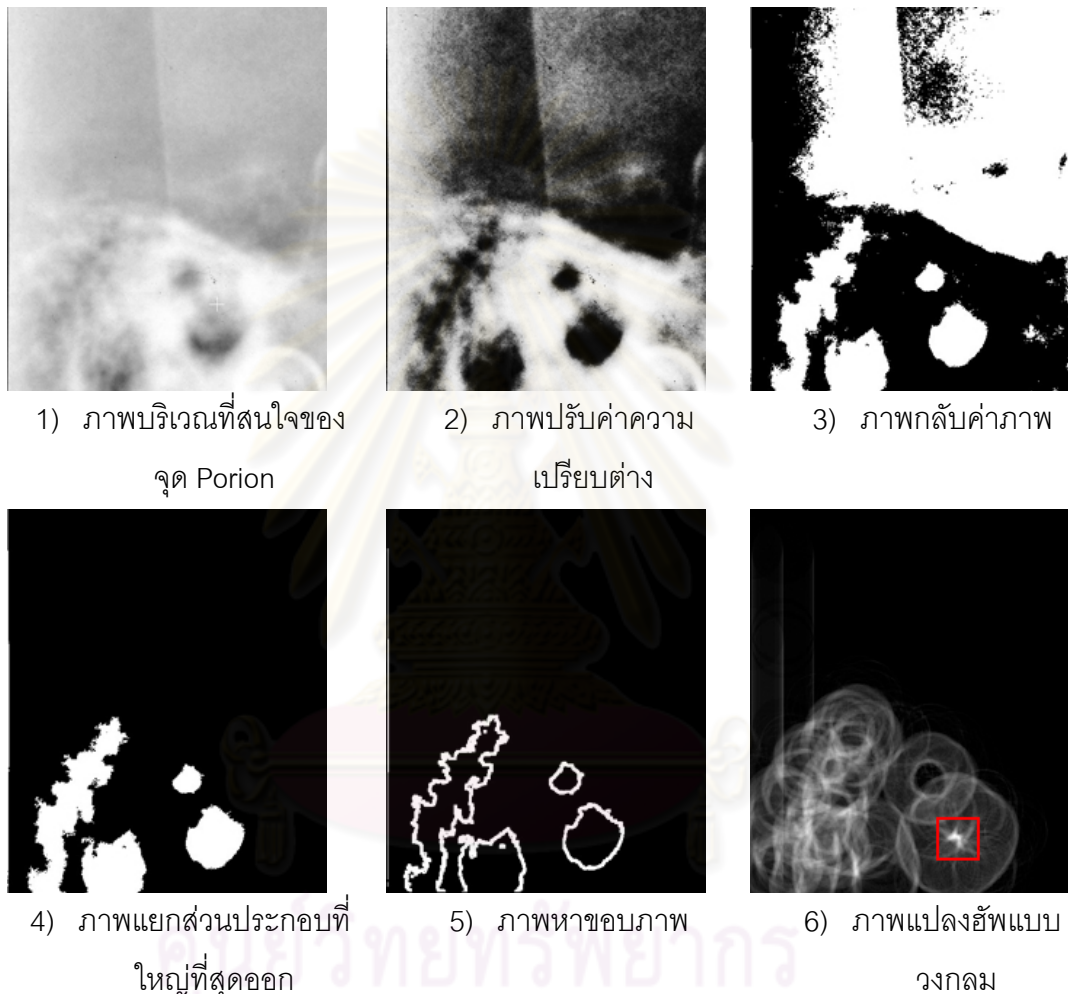
3.3.4 การค้นหาตำแหน่งของจุด Porion

การค้นหาตำแหน่งของจุด Porion อ้างอิงจากตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของแห่งรูหู เพื่อ กำหนดบริเวณที่สนใจ โดยทางซ้ายบนของจุดศูนย์กลางของแห่งรูหูจะเป็นบริเวณของจุด Porion แต่มีบางภาพที่จุด Porion จะถูกบังด้วยแห่งรูหู ขั้นตอนการค้นหาบริเวณของจุด Porion มีดังนี้

- 1) กำหนดบริเวณที่สนใจ โดยอยู่บริเวณทางซ้ายบนของจุดศูนย์กลางของแห่งรูหู
- 2) ปรับปรุงรูปภาพด้วยวิธีปรับค่าความเปรียบต่าง
- 3) กลับค่าในภาพโดยเปลี่ยนจากจุดภาพสีดำให้เป็นสีขาวและเปลี่ยนจากจุดภาพสีขาวให้เป็นสีดำ
- 4) แยกส่วนประกอบที่มีขนาดใหญ่ที่สุดออกจากภาพ ด้วยวิธีการ Connected Component Labeling
- 5) หาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล

6) แปลงฮัฟแมนวงกลม

สิ่งที่ได้คือจุดกึ่งกลางของจุด Porion และเพื่อให้ได้ตำแหน่งบนสุดของขอบรูปหู จึงต้องทำการค้นหาจุดภาพที่เป็นสีดำในทิศทางขึ้นข้างบนของภาพ จึงจะได้บริเวณของจุด Porion ตัวอย่างภาพแต่ละขั้นตอน แสดงในภาพที่ 3.12



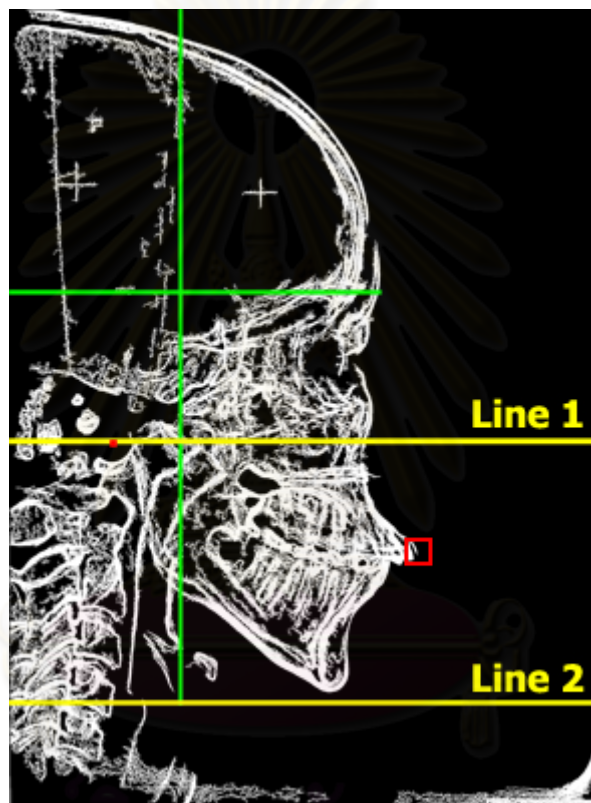
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างภาพขั้นตอนการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของจุด Porion

3.3.5 การค้นหาตำแหน่งของจุด Incision superius

ตำแหน่งของจุด Incision superius คือ จุดกึ่งกลางของขอบด้านตัดของฟันตัดซี่กลางบนที่ยื่นออกมามากที่สุด หรือจุดต่ำสุดของขอบด้านตัดของฟันตัดซี่กลางบน ขั้นตอนการค้นหาบริเวณของจุด Incision superius มีดังนี้

- 1) ปรับปรุงรูปภาพด้วยวิธีปรับค่าความเปรียบต่าง
- 2) หาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล
- 3) ปรับภาพระดับเทาให้เป็นภาพลักษณะฐานสอง ด้วยการหาค่าขีดแบ่งแบบ Otsu

- 4) กำหนดบริเวณที่สนใจ โดยอ้างอิงจากตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแท่งรูปหู จนถึงขนาดความสูงของภาพกะโหลกศีรษะที่คำนวณอย่างหยาบ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 บริเวณระหว่าง Line 1 และ Line 2
- 5) ทำการค้นหาจุดภาพที่มีค่าสีขาว และอยู่ทางขวาที่สุดของบริเวณที่สนใจ โดยค้นหาจุดภาพจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง โดยตำแหน่งของจุด Incision superius แสดงในรูปที่ 3.13 ตำแหน่งที่สี่เหลี่ยมสีแดง



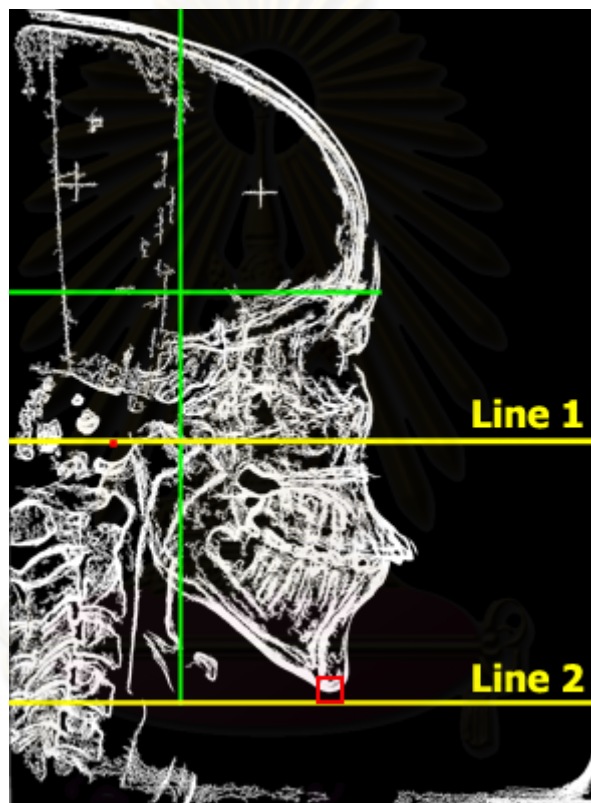
รูปที่ 3.13 ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Incision superius

3.1.3.6 การค้นหาตำแหน่งของจุด Menton

ตำแหน่งของจุด Menton ได้ค้นหาตามนิยาม จุดต่ำสุดของแนวประสานกระดูกขากรรไกรล่าง โดยขั้นตอนการค้นหาบริเวณของจุด Menton มีดังนี้

- 1) ปรับปรุงรูปภาพด้วยวิธีปรับค่าความเปรียบต่าง
- 2) หาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล
- 3) ปรับภาพระดับเทาให้เป็นภาพลักษณะฐานสอง ด้วยการหาค่าขีดแบ่งแบบ Otsu

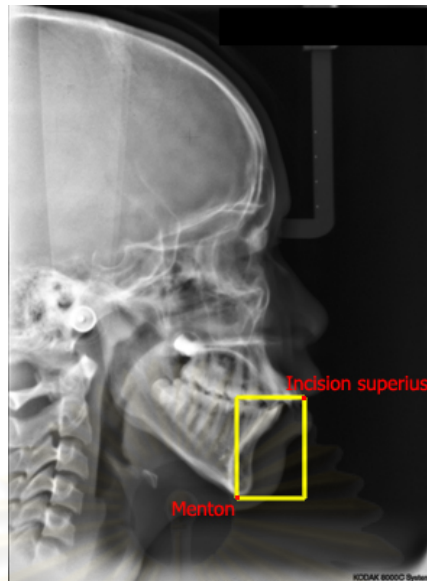
- 4) กำหนดบริเวณที่สนใจ โดยอ้างอิงจากตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแท่งรูปหู จนถึงขนาดความสูงของภาพกะโหลกศีรษะที่คำนวณอย่างหยาบ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 บริเวณระหว่าง Line 1 และ Line 2
- 5) ทำการค้นหาจุดภาพที่มีค่าสีขาว และอยู่ทางต่ำที่สุดของบริเวณที่สนใจ โดยค้นหาจุดภาพจากบนลงล่าง และซ้ายไปขวา โดยตำแหน่งของจุด Menton แสดงในรูปที่ 3.14 ตำแหน่งที่สี่เหลี่ยมสีแดง



รูปที่ 3.14 ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Menton

3.3.7 การค้นหาตำแหน่งของจุด Pogonion และ Supramentale

ตำแหน่งของจุด Pogonion และ Supramentale ทำการกำหนดบริเวณที่สนใจ โดยอ้างอิงจากบริเวณของจุด Incision superius กับจุด Menton ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ภาพแสดงกำหนดบริเวณที่สนใจของจุด Pogonion

ขั้นตอนการค้นหาค้นหาบริเวณของจุด Pogonion และ Supramentale มีดังนี้

- 1) ปรับปรุงรูปภาพด้วยวิธีปรับค่าความเปรียบต่าง
- 2) ในบริเวณที่สนใจในการค้นหาจุดภาพที่มีค่าสีมากกว่า 0 ที่อยู่ทางขวาสุดในแต่ละแถว จึงจะได้ข้อมูลข้อมูลที่มีลักษณะดังรูปที่ 3.16



(ก) ภาพผลลัพธ์หลังปรับค่าความเปรียบต่าง

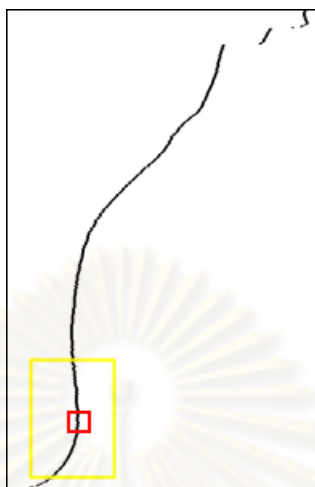


(ข) ภาพผลลัพธ์ค้นหาจุดภาพที่ค่าสีมากกว่า 0 แต่ละแถว

รูปที่ 3.16 ภาพข้อมูลที่ทำกรค้นหาจุดภาพสีขาวทางขวาสุดในแต่ละแถว

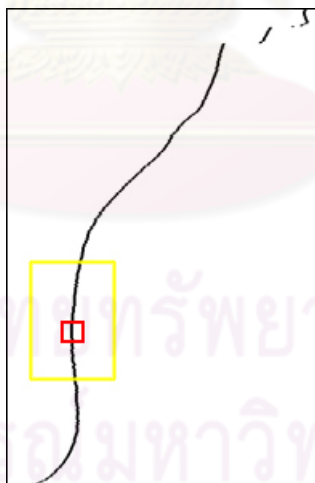
- 3) การค้นหาตำแหน่งของจุด Pogonion พิจารณาจากล่างขึ้นบน และจากซ้ายไปขวา โดยค้นหาจุดหน้าสุดของบริเวณเนินที่ 1 จะเป็นบริเวณตำแหน่งของจุด Pogonion ดัง

รูปที่ 3.17 กรอบสี่เหลี่ยมคือบริเวณเนินที่ 1 และกรอบสีแดงคือตำแหน่งของจุด Pogonion



รูปที่ 3.17 ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Pogonion

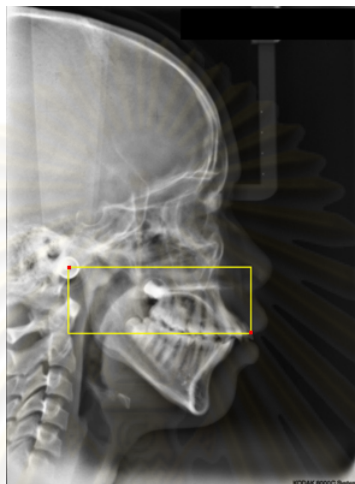
- 4) การค้นหาตำแหน่งของจุด Supramentale พิจารณาจากกลางขี้นบน และจากซ้ายไปขวา ต่อเนื่องจากจุด Pogonion โดยค้นหาบริเวณที่ลึกที่สุดของส่วนเว้าที่ 1 จะเป็นตำแหน่งของจุด Supramentale ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Supramentale

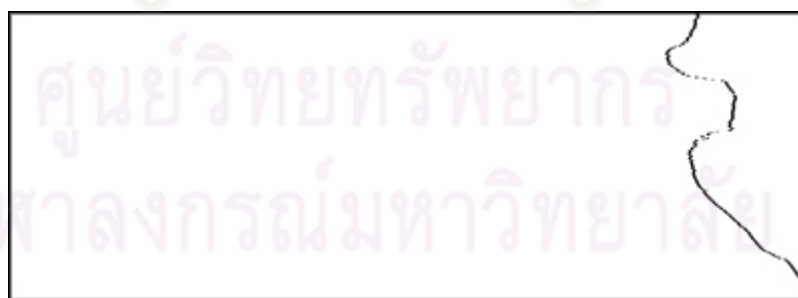
3.3.8 การค้นหาตำแหน่งของจุด Anterior nasal spine และ Subspinale

การค้นหาตำแหน่งของจุด Anterior nasal spine และ Subspinale โดยอ้างอิงจากตำแหน่งของจุดศูนย์กลางแก่งูหู และ จุด Incision superius เพื่อกำหนดบริเวณที่สนใจเบื้องต้น แสดงในรูปที่ 3.19 และขั้นตอนการค้นหาบริเวณของจุด Anterior nasal spine และ Subspinale ดังนี้



รูปที่ 3.19 ภาพแสดงบริเวณที่สนใจเบื้องต้นของจุด Anterior nasal spine และ Subspinale

- 1) ปรับปรุงรูปภาพด้วยวิธีปรับค่าความเปรียบต่าง
- 2) ประมวลผลภาพเชิงสัญญาณด้วยวิธี Closing Filter
- 3) ในบริเวณที่สนใจในการค้นหาจุดภาพสีขาวที่อยู่ทางขวาสุดในแต่ละแถว จึงจะได้ข้อมูลที่มีลักษณะ ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ภาพข้อมูลที่ทำการค้นหาจุดภาพสีขาวทางขวาสุดในแต่ละแถว

- 4) การค้นหาตำแหน่งของจุด Subspinale พิจารณาจากล่างขึ้นบน และจากซ้ายไปขวา โดยค้นหาบริเวณที่ลึกที่สุดของส่วนเว้าที่ 1 จะเป็นตำแหน่งของจุด Subspinale แสดงดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Subspinale

- 5) การค้นหาตำแหน่งของจุด Anterior nasal spine พิจารณาจากล่างขึ้นบน และจากซ้ายไปขวา ต่อเนื่องจากจุด Subspinale โดยค้นหาบริเวณที่อยู่หน้าที่สุดของส่วนที่เป็นเนินที่ 1 จะเป็นตำแหน่งของจุด Anterior nasal spine แสดงดังรูปที่ 3.22



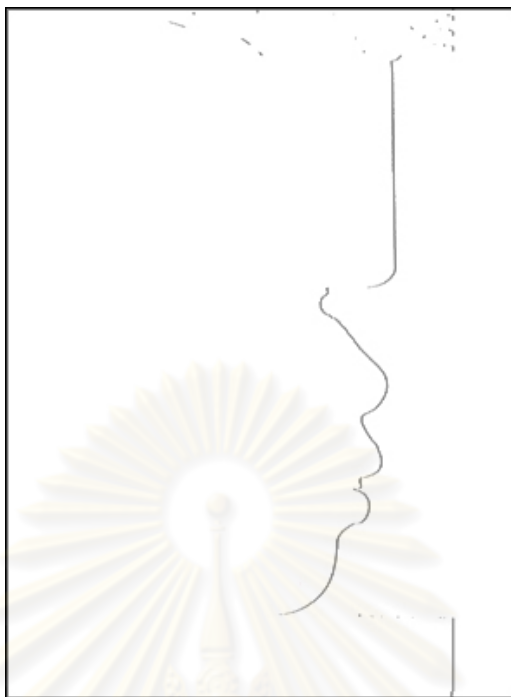
รูปที่ 3.22 ภาพแสดงบริเวณและตำแหน่งของจุด Anterior nasal spine

3.3.9 การค้นหาตำแหน่งของจุด Nasion และ Orbitale

การค้นหาตำแหน่งของจุด Nasion และ Orbitale มีขั้นตอนดังนี้

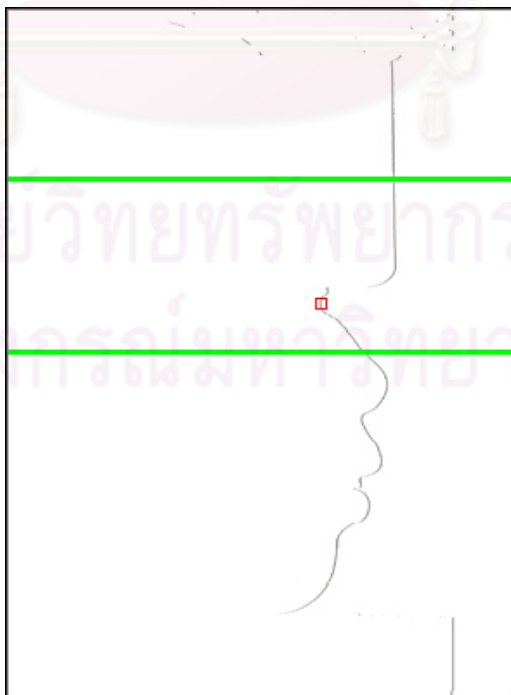
- 1) ปรับภาพระดับเท่าให้เป็นภาพลักษณะฐานสอง ด้วยการหาค่าขีดแบ่งแบบ Otsu
- 2) ประมวลภาพเชิงสัญญาณด้วยวิธี Closing Filter
- 3) ทำการค้นหาจุดภาพที่มีค่าสีมากกว่า 0 ที่อยู่ทางขวาสุดในแต่ละแถว จึงจะได้ข้อมูลลักษณะ ดังรูปที่ 3.23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



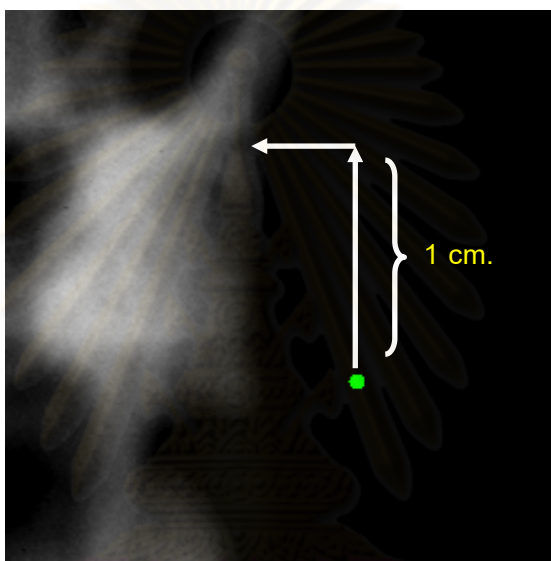
รูปที่ 3.23 ภาพตัวอย่างการค้นหาจุดภาพที่มีค่าสีมากกว่า 0 ที่อยู่ทางขวาสุดในแต่ละแถว

- 4) ทำการค้นหาบริเวณที่สนใจเบื้องต้นโดย โดยเริ่มทำการค้นหาจุดสีสุดระหว่างบริเวณหน้าผากกับบริเวณจมูก แสดงดังรูปที่ 3.24 เป็นบริเวณที่ใกล้เคียงกับจุด Soft tissue nasion



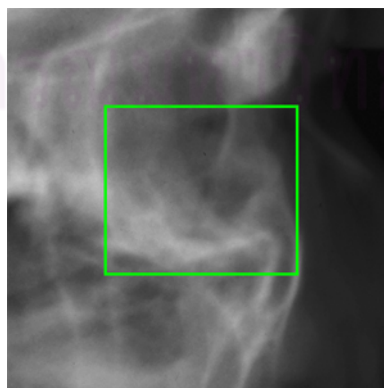
รูปที่ 3.24 ภาพตัวอย่างการค้นหาจุดสีสุดระหว่างบริเวณหน้าผากกับบริเวณจมูก

- 5) ตำแหน่งของจุด Nasion โดยอ้างอิงจากตำแหน่งของจุดลึกที่สุดระหว่างบริเวณหน้าผากกับบริเวณจมูก โดยมีขั้นตอนดังนี้
- 5.1) ปรับปรุงรูปภาพด้วยวิธีปรับค่าความเบี่ยงต่าง
 - 5.2) ทำการเลื่อนตำแหน่งไปในทิศทางขึ้นประมาณ 1 เซนติเมตร โดยอ้างอิงจากตำแหน่งของจุดที่ลึกที่สุดระหว่างบริเวณหน้าผากกับบริเวณจมูก
 - 5.3) ทำการค้นหาจุดภาพที่มีค่ามากกว่าสีดำ ในทิศทางซ้ายของภาพ จะเป็นตำแหน่งของจุด Nasion ดังแสดงในรูปที่ 3.25



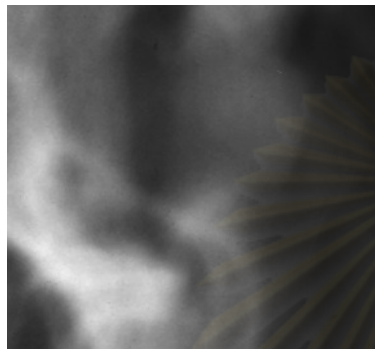
รูปที่ 3.25 ภาพผลลัพธ์การค้นหาตำแหน่งของจุด Nasion

- 6) กำหนดบริเวณของ Orbitale โดยอ้างอิงระหว่างตำแหน่งของจุดลึกที่สุดระหว่างบริเวณหน้าผากกับบริเวณจมูกและจุด Pronasion แสดงดังรูปที่ 3.26 และทำการค้นหาตำแหน่งของจุด Orbitale เฉพาะบริเวณที่กำหนด โดยมีขั้นตอนดังนี้

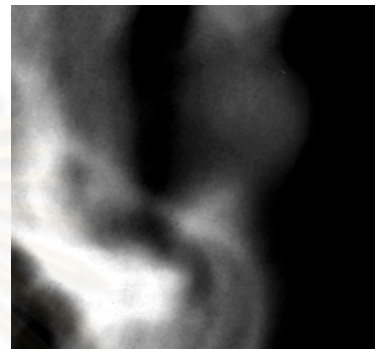


รูปที่ 3.26 ภาพผลลัพธ์การค้นหาบริเวณของจุด Orbitale

- 6.1) ปรับปรุงรูปภาพด้วยวิธีปรับค่าความเปรียบต่าง
- 6.2) ปรับภาพระดับเทาให้เป็นภาพลักษณะฐานสอง ด้วยวิธีการ Otsu
- 6.3) ประมวลผลภาพเชิงสัญญาณด้วยวิธีการกรอง
- 6.4) ค้นหาจุดภาพที่มีค่าสีขาว ที่อยู่ชิดทางขวาของภาพมากที่สุดเป็นตำแหน่งของ Orbitale ดังแสดงตัวอย่างรูปที่ 3.27



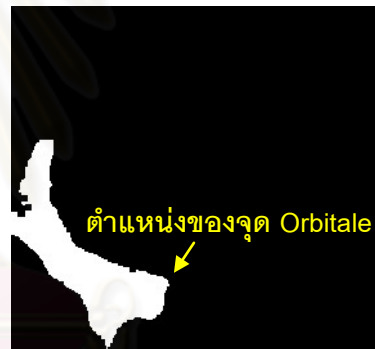
(ก) ภาพบริเวณที่สนใจของจุด Orbitale



(ข) ภาพจากการปรับปรุงค่าความเปรียบต่าง



(ค) ภาพหลังปรับเป็นภาพลักษณะฐานสอง

(ง) ภาพจากการประมวลผลภาพเชิงสัญญาณด้วยวิธีการกรอง
ตำแหน่งของจุด Orbitale

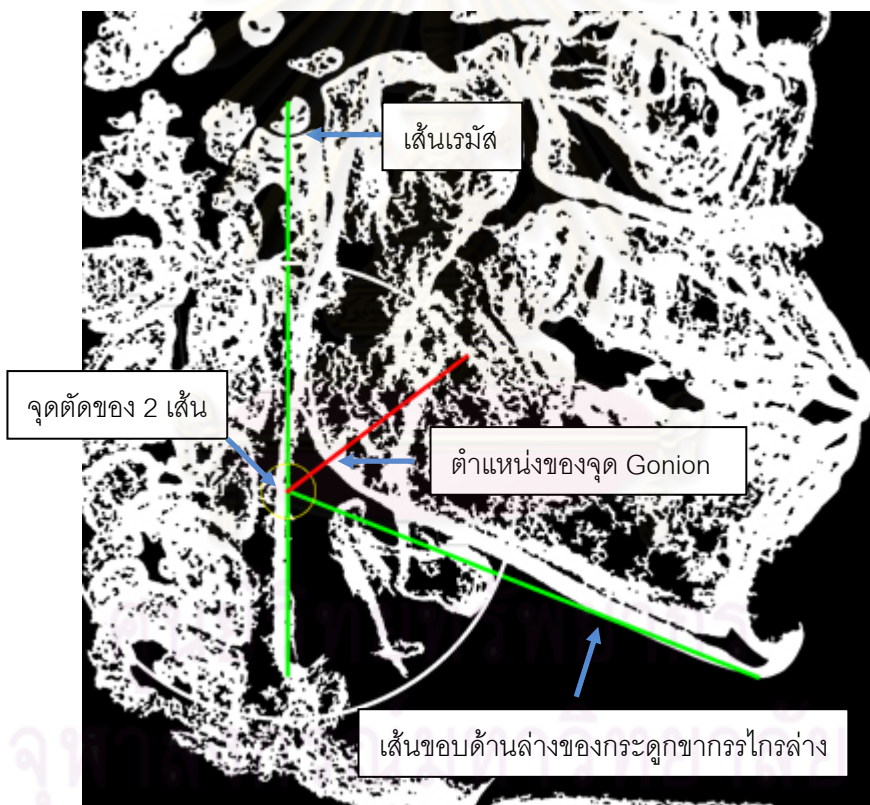
รูปที่ 3.27 ภาพตัวอย่างขั้นตอนการค้นหาตำแหน่งของจุด Orbitale

3.3.10 การค้นหาตำแหน่งของจุด Gonion

ตำแหน่งของจุด Gonion นิยามคือ จุดที่อยู่บนส่วนโค้งของมุมกระดูกขากรรไกรล่าง โดยใช้เส้นแบ่งครึ่งมุมของเส้นสัมผัสขอบด้านหลังของเรขาคณิตและขอบด้านล่างของกระดูกขากรรไกรล่าง การค้นหาตำแหน่งของจุด Gonion จึงได้สร้างเส้นตรง 2 เส้น เพื่อใช้ในการค้นหา โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) ปรับปรุงรูปภาพด้วยวิธีปรับค่าความเปรียบต่าง
- 2) หาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล
- 3) กำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้ Gaussian Filter

- 4) ปรับภาพระดับเท่าให้เป็นภาพลักษณะฐานสอง ด้วยวิธีการ Otsu
- 5) ประมวลผลภาพเชิงสีฐานด้วยวิธีการกร่อน
- 6) สร้างเส้นเรขาคณิต โดยอ้างอิงจากตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของแท่งรูป ลากเป็นเส้นตรง จนถึงระดับเดียวกับตำแหน่งของจุด Menton
- 7) สร้างเส้นขอบด้านล่างของกระดูกขากรรไกรล่าง โดยคำนวณหาความชันของขอบด้านล่างของกระดูกขากรรไกรล่าง
- 8) ทำการลากเส้น 2 เส้นเพื่อหาจุดตัด
- 9) ทำการคำนวณมุมของจุดตัด และทำการแบ่งครึ่งมุม
- 10) ทำการลากเส้นครึ่งมุม เพื่อค้นหาตำแหน่งของจุด Gonion โดยจะเป็นบริเวณกระดูกขากรรไกรล่าง ซึ่งเป็นจุดภาพที่มีค่าเป็นสีขาว ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ภาพแสดงการค้นหาตำแหน่งของจุด Gonion

3.3.11 การค้นหาตำแหน่งของจุด Pronasion, Labrale superius, Labrale Inferius และ Soft tissue Pogonion

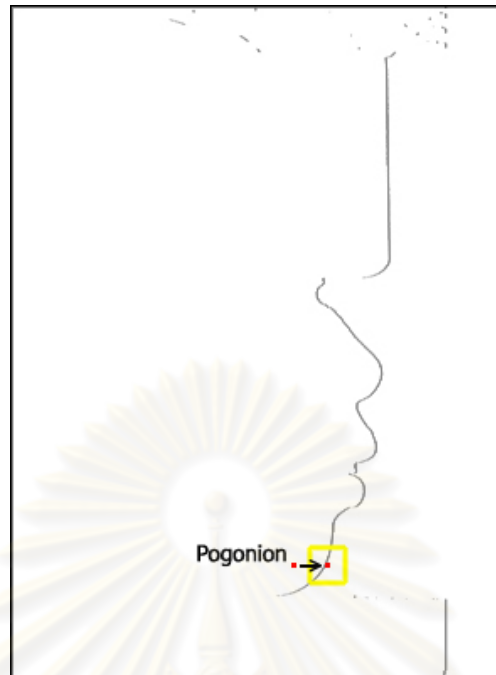
ลักษณะจุด Pronasion, Labrale superius, Labrale Inferius และ Soft tissue Pogonion จะเป็นบริเวณเนื้อเยื่ออ่อน ซึ่งมีค่าจุดภาพเป็นสีดำแต่ดำไม่มาก จะมีค่าจุดภาพต่างกับสีพื้นหลังไม่มาก โดยขั้นตอนการค้นหาบริเวณและตำแหน่งมีดังนี้

- 7) ปรับภาพระดับเทาให้เป็นภาพลักษณะฐานสอง ด้วยการหาค่าขีดแบ่งแบบ Otsu
- 8) ประมวลภาพเชิงสีฐานด้วยวิธี Closing Filter
- 9) ทำการค้นหาจุดภาพที่มีค่าสีมากกว่า 0 ที่อยู่ทางขวาสุดในแต่ละแถว จึงจะได้ข้อมูลลักษณะ ดังรูปที่ 3.29



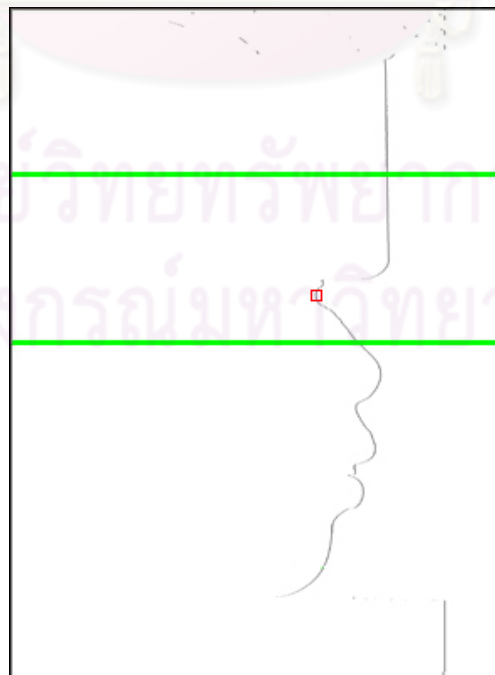
รูปที่ 3.29 ภาพตัวอย่างการค้นหาจุดภาพที่มีค่าสีมากกว่า 0 ที่อยู่ทางขวาสุดในแต่ละแถว

- 10) การค้นหาตำแหน่งของจุด Soft tissue Pogonion โดยอ้างอิงจากบริเวณของจุด Pogonion ทำการพิจารณาจุดภาพไปทิศทางขวาของภาพ เพื่อหาจุดภาพที่มีค่าเป็นสีดำ เมื่อเจอจุดภาพที่มีค่าสีดำแล้ว จะได้ตำแหน่งของจุด Soft tissue Pogonion แสดงในรูปที่ 3.30

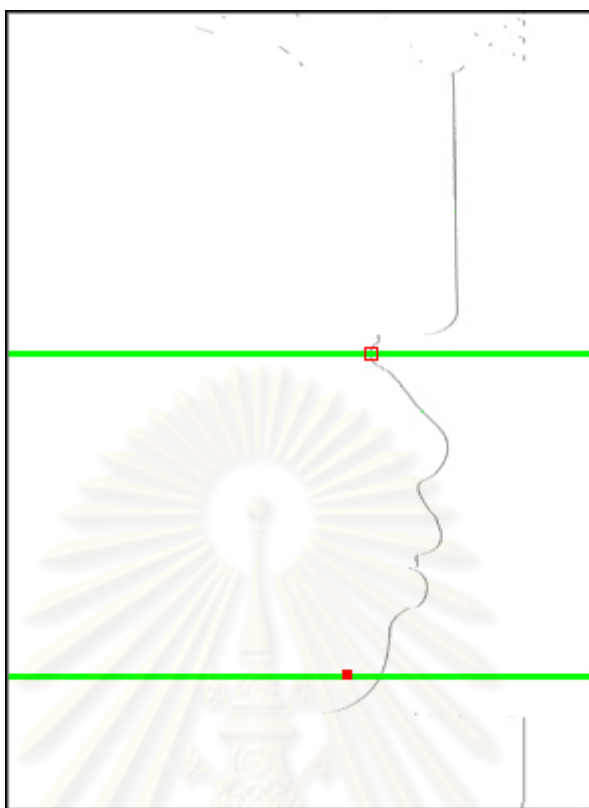


รูปที่ 3.30 ภาพตัวอย่างการค้นหาค้นหาบริเวณของจุด Soft tissue pogonion

- 11) กำหนดบริเวณที่สนใจ สำหรับการค้นหาตำแหน่งของจุด Pronasion, Labrale superius, Labrale Inferius โดยเริ่มทำการค้นหาจุดลึกสุดระหว่างบริเวณหน้าผากกับบริเวณจมูก แสดงดังรูปที่ 3.29 เป็นบริเวณที่ใกล้เคียงกับจุด Soft tissue nasion เมื่อได้จุดดังกล่าว จึงทำการกำหนดบริเวณที่สนใจสำหรับค้นหาค้นหาบริเวณของจุด Pronasion, Labrale superius และ Labrale Inferius ต่อไป แสดงดังรูปที่ 3.31



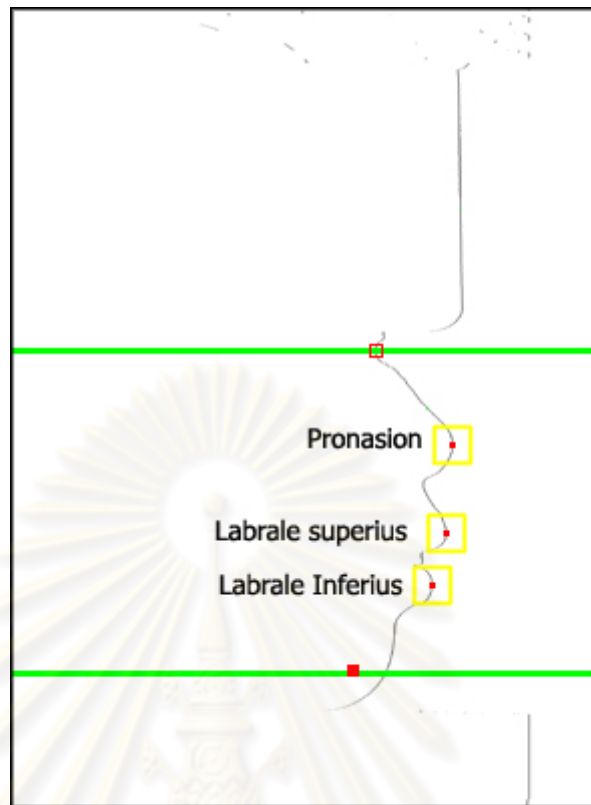
รูปที่ 3.31 ภาพตัวอย่างการค้นหาค้นหาจุดลึกสุดระหว่างบริเวณหน้าผากกับบริเวณจมูก



รูปที่ 3.32 ภาพตัวอย่างการกำหนดบริเวณที่สนใจสำหรับค้นหาบริเวณของจุด Pronasion, Labrale superius และ Labrale Inferius

- 12) การค้นหาตำแหน่งของจุด Pronasion, Labrale superius และ Labrale Inferius จากการกำหนดบริเวณที่สนใจในข้อที่ 5) จะพบลักษณะรูปแบบเป็นสมการพหุนามในแนวตั้ง (Polynomial Form) และมีดีกรีตั้งแต่ 7 ขึ้นไป โดยพิจารณาค้นหาจุดสูงสุดเฉพาะถิ่น (Local Maximum) ของสมการ โดยเรียงลำดับจากบนลงล่าง จะได้บริเวณของจุด Pronasion, Labrale superius และ Labrale Inferius ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 3.32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.33 ภาพตัวอย่างตำแหน่งของจุด Pronasion, Labrale superius และ Labrale Inferius

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

งานวิจัยนี้นำเสนอเครื่องมือประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับช่วยค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ โดยมีกระบวนการค้นหาบริเวณของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ เพื่อจำกัดบริเวณที่สนใจในการค้นหาตำแหน่งของจุด จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะเป็นจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะที่นำไปใช้วัดค่ามุม ระยะทาง หรืออัตราส่วนความยาวระหว่างจุดต่าง ๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และวินิจฉัยสำหรับวางแผนการรักษาการจัดฟัน วิธีการค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะโดยอัตโนมัติเริ่มจากการปรับภาพให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันแล้วจึงประยุกต์ใช้วิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลต่าง ๆ การค้นหาบริเวณและตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะอัตโนมัติ โดยในแต่ละส่วนได้ทำการอธิบายถึงข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง วิธีการทดลอง ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง ตามลำดับ

โปรแกรมต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio .NET และได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ Intel(R) Core(TM) 5i ความเร็ว 2.53 GHz หน่วยความจำ 4 GB ในการประมวลผล

การทดลองและผลการทดลองการค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ

การทดลองได้สแกนภาพรังสีวัดศีรษะ ความละเอียด 300dpi จำนวน 23 ภาพ ให้ทันตแพทย์ทำการกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะด้วยโปรแกรมที่เตรียมไว้ และวัดผลการทดลองด้วยเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างจุดที่กำหนดตำแหน่งของจุดโดยทันตแพทย์กับกระบวนการค้นหาตำแหน่งของจุดแบบอัตโนมัติ โดยการคำนวณระยะห่างระหว่างจุดใช้วิธี Euclidean Distance โดยการผลการทดลองของการค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ทันตแพทย์จัดฟันทำการกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ 17 จุด จำนวนภาพรังสีวัดศีรษะ 23 ภาพ ภาพละ 2 ครั้ง
- 2) การคำนวณหาค่าความผิดพลาดของการกำหนดตำแหน่งของจุดโดยทันตแพทย์ โดยคำนวณแบบ Dahlberg's Formula ดังสมการที่ 4.1 ซึ่งผู้ใช้ทำการกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะจำนวน 17 จุด ในเวลาที่ต่างกันมากกว่า 1 ครั้ง และคำนวณหาค่าความผิดพลาดของการวัด โดยค่าความผิดพลาดต้องมีค่าไม่เกิน 1

มิลลิเมตร เพื่อนำไปใช้วัดผลกับเครื่องมือ โดยผลการทดลองการคำนวณหาค่าความผิดพลาดของการกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะโดยทันตแพทย์ แสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

$$\text{Dahlberg's Formula} = \sqrt{\sum d^2/2n} \quad \dots (4.1)$$

โดย d = ค่าแตกต่างระหว่างการวัดครั้งแรกและครั้งที่สอง

n = จำนวนของภาพที่นำมาวัดซ้ำ

ตารางที่ 4.1 ค่าความผิดพลาดของการกำหนดตำแหน่งของจุดโดยทันตแพทย์

จุดกำหนด ภาพรังสีวัดศีรษะ	ระยะทางระหว่างจุด			±SD	ค่าความผิดพลาด
	น้อยที่สุด	มากที่สุด	เฉลี่ย		
Sella	0.08	0.83	0.27	0.20	0.37
Nasion	0.12	1.67	0.49	0.43	0.49
Orbitale	0.08	2.48	0.78	0.80	0.62
Anterior nasal spine	0.12	1.76	0.76	0.55	0.62
Subspinale	0.34	1.19	0.72	0.26	0.60
Incision superius	0.08	0.85	0.43	0.21	0.47
Supramentale	0.08	2.09	0.80	0.64	0.63
Pogonion	0.00	1.90	0.67	0.54	0.58
Menton	0.19	1.01	0.43	0.24	0.46
Gonion	0.26	2.33	1.13	0.62	0.75
Point C or Capitulare	0.26	1.77	0.78	0.53	0.63
Porion	0.26	2.26	0.94	0.59	0.69
Pronasion	0.08	1.04	0.51	0.30	0.50
Labrale superius	0.08	0.90	0.42	0.25	0.46
Labrale Inferius	0.19	1.42	0.71	0.32	0.60
Soft tissue Pogonion	0.17	1.87	0.70	0.46	0.59
Ear Rod	0.08	0.26	0.17	0.07	0.29

ตารางที่ 4.2 ค่าความผิดพลาดแนวนอนและแนวตั้งของการกำหนดจุดโดยทันตแพทย์

จุดกำหนด ภาพรังสีวัดศีรษะ	ระยะทางในแนวนอน			ระยะทางในแนวตั้ง		
	น้อยที่สุด	มากที่สุด	เฉลี่ย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	เฉลี่ย
Sella	0.00	0.50	0.12	0.08	0.67	0.23
Nasion	0.08	0.58	0.29	0.00	1.67	0.28
Orbitale	0.00	2.33	0.72	0.00	0.83	0.21
Anterior nasal spine	0.00	1.75	0.58	0.00	1.42	0.33
Subspinale	0.00	1.08	0.43	0.17	0.92	0.49
Incision superius	0.08	0.42	0.20	0.00	0.83	0.36
Supramentale	0.00	0.92	0.27	0.00	1.92	0.73
Pogonion	0.00	0.75	0.20	0.00	1.75	0.63
Menton	0.00	1.00	0.36	0.00	0.33	0.13
Gonion	0.08	1.75	0.61	0.25	1.92	0.83
Point C or Capitulare	0.08	1.50	0.50	0.00	1.25	0.46
Porion	0.00	1.33	0.30	0.08	2.25	0.78
Pronasion	0.00	0.92	0.38	0.00	0.92	0.28
Labrale superius	0.00	0.75	0.28	0.00	0.58	0.25
Labrale Inferius	0.08	0.67	0.40	0.08	1.25	0.54
Soft tissue Pogonion	0.00	1.00	0.29	0.00	1.58	0.58
Ear Rod	0.00	0.25	0.10	0.00	0.25	0.08

- 3) การคำนวณหาค่าความผิดพลาดของการกำหนดตำแหน่งของจุดระหว่างการกำหนดตำแหน่งโดยทันตแพทย์กับการเครื่องมือ วิธีการหาค่าเฉลี่ยของการกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของทันตแพทย์ และคำนวณหาค่าความผิดพลาดของการกำหนดตำแหน่งระหว่างทันตแพทย์กับเครื่องมือ ผลการทดลองได้แสดงในตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบผลการทดลองระยะทางของการค้นหาตำแหน่งของจุด

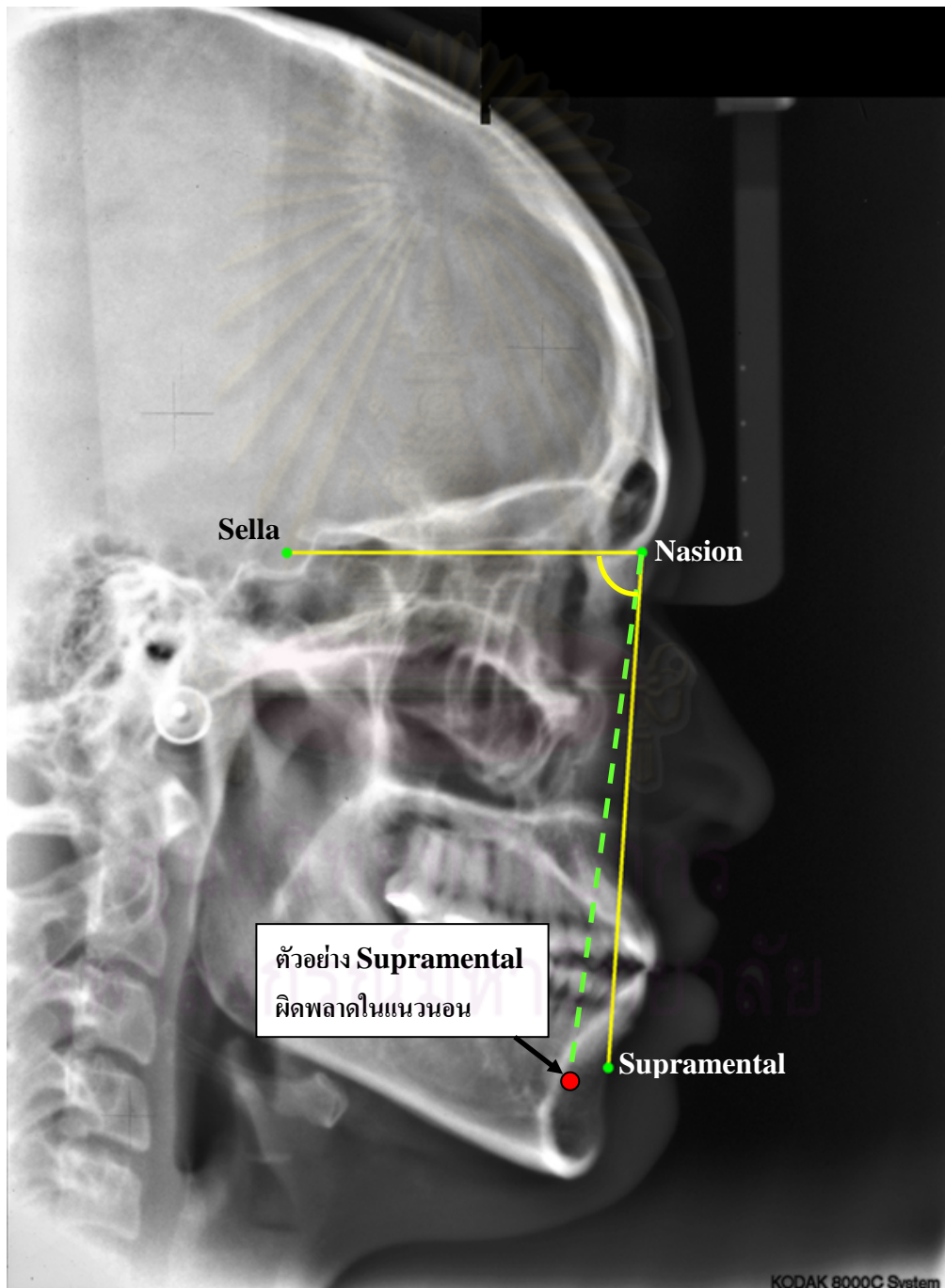
จุดกำหนด ภาพรังสีวัดศีรษะ	ระยะทางระหว่างจุด			±SD	จำนวนจุด		
	น้อยที่สุด	มากที่สุด	เฉลี่ย		>3mm	>5mm	>5mm
Sella	1.09	25.89	6.84	6.97	14	16	7
Nasion	0.26	8.55	2.84	2.32	17	21	2
Orbitale	0.53	20.76	5.17	3.97	10	15	8
Anterior nasal spine	0.12	17.27	4.56	4.39	13	18	5
Subspinale	0.59	10.18	3.32	2.56	19	20	3
Incision superius	0.82	6.16	2.18	1.24	21	22	1
Supramentale	0.37	13.86	6.51	3.34	5	8	15
Pogonion	0.90	20.05	3.90	4.55	19	20	3
Menton	0.90	27.68	5.28	7.02	16	16	7
Gonion	0.30	21.07	7.96	5.54	5	12	11
Point C or Capitulare	0.30	17.30	8.65	4.56	5	7	16
Porion	0.35	22.64	5.54	6.15	12	14	9
Pronasion	0.12	1.70	0.69	0.42	23	23	0
Labrale superius	0.19	26.07	1.72	5.20	22	22	1
Labrale Inferius	0.19	19.00	1.60	3.76	22	22	1
Soft tissue Pogonion	0.08	11.80	2.23	3.10	20	21	2
Ear Rod	0.17	17.36	1.49	3.79	21	21	2

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบผลการทดลองระยะทางในแนวนอนและแนวตั้งของการค้นหาตำแหน่งของจุด

จุดกำหนด ภาพรังสีวัดศีรษะ	ระยะทางในแนวนอน			ระยะทางในแนวตั้ง		
	น้อยที่สุด	มากที่สุด	เฉลี่ย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	เฉลี่ย
Sella	0.08	14.67	3.29	0.08	21.33	5.41
Nasion	0.00	3.42	0.83	0.08	8.42	2.58
Orbitale	0.33	8.83	3.74	0.17	20.42	2.84
Anterior nasal spine	0.00	7.00	2.74	0.08	16.17	3.08
Subspinale	0.08	5.25	2.05	0.00	9.25	2.17
Incision superius	0.25	3.92	1.57	0.08	5.67	1.31
Supramentale	0.17	13.25	3.42	0.33	9.33	4.89
Pogonion	0.25	19.50	2.28	0.83	13.17	2.65
Menton	0.75	27.42	5.19	0.00	3.92	0.73
Gonion	0.17	8.75	3.62	0.17	19.17	6.74
Point C or Capitulare	0.08	16.58	6.10	0.17	11.42	5.27
Porion	0.08	21.33	4.49	0.08	8.75	2.37
Pronasion	0.00	1.08	0.36	0.08	1.67	0.52
Labrale superius	0.08	20.58	1.22	0.08	16.00	1.12
Labrale Inferius	0.08	1.00	0.28	0.08	19.00	1.53
Soft tissue Pogonion	0.08	11.58	1.20	0.00	10.83	1.63
Ear Rod	0.00	17.00	1.00	0.08	8.67	0.78

จากผลการทดลองค้นหาตำแหน่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ จำนวน 17 จุดต่อ 1 ภาพโดยใช้ภาพรังสีวัดศีรษะทดสอบจำนวน 23 ภาพ ประเมินด้วยเกณฑ์ความถูกต้องที่เป็นที่ยอมรับกันคือระยะทางไม่เกิน 5 มิลลิเมตรจากจุดที่เป็นตำแหน่งที่ต้องการที่กำหนดโดยทันตแพทย์ โดยสามารถค้นหาจุดที่มีระยะทางน้อยกว่า 5 มิลลิเมตรคิดเป็นร้อยละ 76.21 ระยะทางน้อยกว่า 3 มิลลิเมตรคิดเป็นร้อยละ 67.52 และระยะทางมากกว่า 5 มิลลิเมตรคิดเป็นร้อยละ 23.79 ซึ่งจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะในบางจุด จะมีความสำคัญของระยะทางในแนวนอนและแนวตั้งแตกต่างกันออกไป กล่าวคือ ในบางจุดนั้น มีการค้นหาในระยะทางผิดพลาดในแนวตั้งมากเกินไปเกินกว่า 5 มิลลิเมตร ก็ไม่มีกระทบผลกับนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ต่อไป เช่น การหามุมองศาจาก

ตำแหน่งของจุด Sella, Nasion และ Supramentale โดยการลากเส้นผ่าน 3 จุดดังกล่าวตามลำดับ จะพบว่าตำแหน่งของจุด Supramentale จะมีความสำคัญในแนวนอนมากกว่าแนวตั้ง หากมีการค้นหาตำแหน่งผิดพลาดในแนวตั้งมากกว่า 5 มิลลิเมตร ก็ไม่มีผลกระทบทำให้มุมมองสาคที่วัดได้ แต่ในทางกลับกัน หากผิดพลาดในแนวนอนเพียง 1 มิลลิเมตร จะทำให้มุมมองสาคดังกล่าวผิดไปมากเช่นกัน ตัวอย่างในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างความสำคัญของระยะทางในแนวนอนและแนวตั้ง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทนี้กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยการค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ รวมถึงข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ การทดลองวิธีการค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ ที่ได้ นำเสนอในงานวิจัยนี้พบว่ายังมีส่วนที่ควรปรับปรุงเพื่อให้การค้นหามีความแม่นยำและมี ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในส่วนของพัฒนาโปรแกรมที่ใช้สำหรับการกำหนดตำแหน่งของจุดภาพรังสีวัดศีรษะ ผู้วิจัยได้พัฒนาฟังก์ชันต่าง ๆ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ทันตแพทย์ในการกำหนด ตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ และข้อมูลการกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสี วัดศีรษะจากทันตแพทย์ถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล โดยคาดว่าข้อมูลดังกล่าวจะมีประโยชน์ให้แก่ผู้ที่ สนใจจะทำการวิจัยในเรื่องของการกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ หรือนำข้อมูล ตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะไปใช้ประโยชน์ในด้านงานวิจัย หรือในส่วนของงานทาง ทันตกรรมจัดฟันต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การค้นหาตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ ยังมีตำแหน่งของจุด อื่น ๆ ที่ยังไม่ได้ทำการพัฒนาอีกจำนวนมาก
2. การทดลองในงานวิจัยนี้ ยังไม่ได้ทำการปรับภาพให้ภาพรังสีวัดศีรษะให้อยู่ในระนาบ Frankfurt horizontal plane เป็นระนาบที่ทางทันตแพทย์ใช้อ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งของ จุดภาพกำหนดรังสีวัดศีรษะ ซึ่งจะมีผลในการเก็บข้อมูลการกำหนดตำแหน่งของจุดโดยทันตแพทย์
3. ภาพรังสีวัดศีรษะที่ได้ทำการทดลอง พบว่าบางภาพมีการซ้อนกันเช่น บริเวณตำแหน่ง ของจุด Sella ซ้าย-ขวา , บริเวณของกระดูกขากรรไกรล่างซ้าย-ขวา เป็นต้น ซึ่งเกิดจากการ ถ่ายภาพเอ็กซ์เรย์ในแนวระนาบ โดยทางปฏิบัติ ทันตแพทย์จะใช้วิธีการเฉลี่ยระยะระหว่าง โครงสร้างกะโหลกศีรษะทั้ง 2 ข้างเพื่อทำการกำหนดตำแหน่งจุด จึงคิดว่าต้องมีวิธีการในการ ปรับปรุงภาพเพื่อลดการซ้อนกันระหว่างโครงสร้างกะโหลกซ้าย-ขวา เพื่อการค้นหาตำแหน่งมี ความแม่นยำมากขึ้น

4. ตำแหน่งของจุด Gonion ค้นหาโดยอ้างอิงจากเส้นเรมัสและเส้นขอบล่างของกระดูกขากรรไกรล่าง ในงานวิจัย ไม่ได้มีการค้นหาเส้นเรมัส ถ้ามีการค้นหาเส้นเรมัส เพื่อให้ในการอ้างอิง คาดว่าจะทำให้ความแม่นยำในการค้นหาตำแหน่งของจุด Gonion แม่นยำมากขึ้น

5. ตำแหน่งของจุด Incision Superius ที่ได้นำเสนอ จะใช้ได้ดีกับภาพรังสีวัดศีรษะที่มีการสบฟันใน Class I และ II ในส่วนการสบฟันใน Class III นั้น จะพบว่าฟันบนมักจะถูกฟันล่างบดบังไว้ ทำให้การค้นหาจุดดังกล่าวมีความผิดพลาดมากในการสบฟัน Class III ฉะนั้นในการค้นหาตำแหน่งของจุด Incision Superius อาจจะต้องมีการตรวจสอบลักษณะของการสบฟันก่อน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาหาตำแหน่งของจุด Incision Superius และจะเป็นประโยชน์ในการหาตำแหน่งของจุด Incision Inferius ในส่วนของฟันล่าง เช่นกัน

6. พัฒนาในส่วนการนำข้อมูลตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะไปใช้ประโยชน์ต่อไป เช่น การกำหนดเส้นระหว่างจุดและวัดค่ามุมต่าง ๆ ในรูปแบบการวิเคราะห์ต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญให้กับทันตแพทย์ในการวิเคราะห์วินิจฉัยการรักษาการจัดฟัน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- [1] Krissada Raungarreerat. "Design And Development of Cephalometric Analysis Software", Chulalongkorn University, 1995.
- [2] Rahele, K. and Alireza, M., "Automatic Landmark Detection in Cephalometry Using a Modified Active Shape Model with Sub Image Matching", IEEE, 2007.
- [3] Jia-Kuang Liu, Yen-Ting Chen and Kuo-Sheng Cheng, "Accuracy of computerized automatic identification of cephalometric landmarks", NCBI, 2000.
- [4] Chatree Chayochaichana, "A Comparative Study Of Cephalometric Analysis By Computer Programs And Manual Method", Chulalongkorn University, 2002.
- [5] Paiboon Techalertpaisarn and Sanchai Nilsuwankosit, "A Comparison of Cephalometric Measurements between Computerized Cephalometric Analysis and Manual Method", Journal of the Thai Association of Orthodontists, 2005.
- [6] N. Otsu. A Threshold Selection Method From Gray-scale Histogram. IEEE Transaction System 8 (1978): 62-66.
- [7] L. Hong, Y. Wan, and A.K. Jain. Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation. IEEE Transaction Pattern Analysis and Machine Intelligence 20 (1998) : 777-789.
- [8] R.O. Duda, and P.E. Hart. Use of Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures. Communications of ACM 15 (1972): 11-15.
- [9] L. G. Shapiro, and G. C. Stockman. Computer Vision. U.S.A.: Prentice-Hall, Inc., 2001.
- [10] R. Jain, R. Kasturi, and B. G. Schunck. Machine Vision. Singapore: McGraw-Hill, Inc., 1995.
- [11] Sylvia, R. and Mariano, A., "An Approach for the Automatic Cephalometric Landmark Detection Using Mathematical Morphology and Active Appearance Models", Springer, 2006.

- [12] Darryl, D.N., Mackay, "Reliability of Cephalometric analysis Using Manual and Interactive Computer Methods", British Journal of Orthodontics: pp. 105-109, 1991.
- [13] Associate Professor Montien Manosudprasit, "Textbook of Orthodontics", 2006.
- [14] D.J. Rudolph, P.M. Sinclair and J.M. Coggins, "Automatic computerized radiographic identification of cephalometric landmarks", NCBI, 1998.
- [15] J. Cardillo and M.A. Sid-Ahmed M.A. An Image Processing System for Locating Craniofacial Landmarks, IEEE transaction on Medical Imaging, 13(2):275-289, June 1994.
- [16] V. Grau, M. Alcaniz, M. C. Juan, C. Monserrat, and C. Knoll. Automatic Localization of Cephalometric Landmarks, Journal of Biomedical Informatics, Vol. 34, 2001, pp. 146–156.



ศูนย์วิทยุทันตวิทยา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

รูปภาพและผลลัพธ์ที่ใช้ในการทดลองค้นหาจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ

สัญลักษณ์



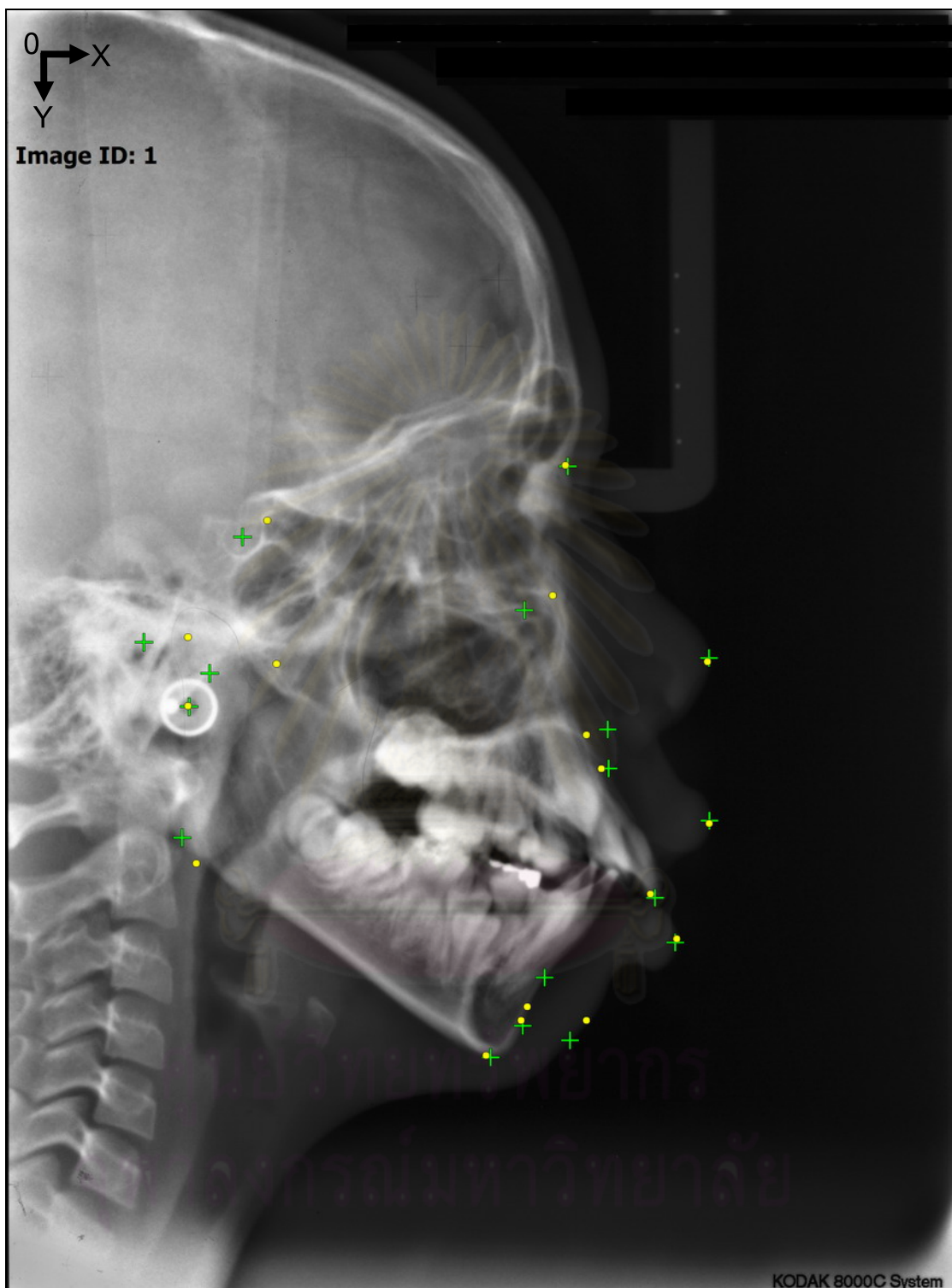
แทนการกำหนดตำแหน่งของจุดโดยทันตแพทย์



แทนการค้นหาตำแหน่งของจุดแบบอัตโนมัติ



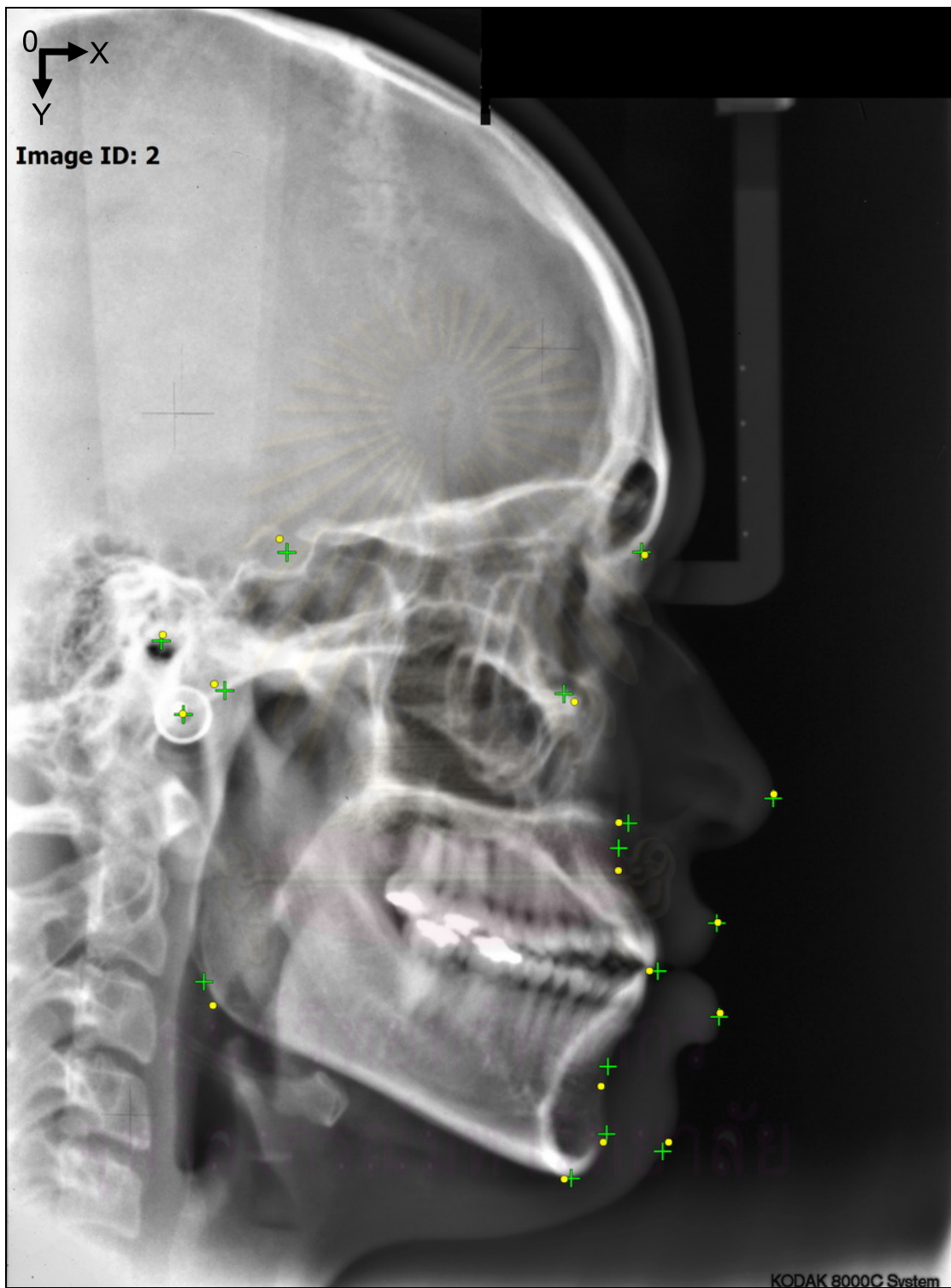
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.1 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 1

ตารางที่ ก.1 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ ของ Image ID: 1

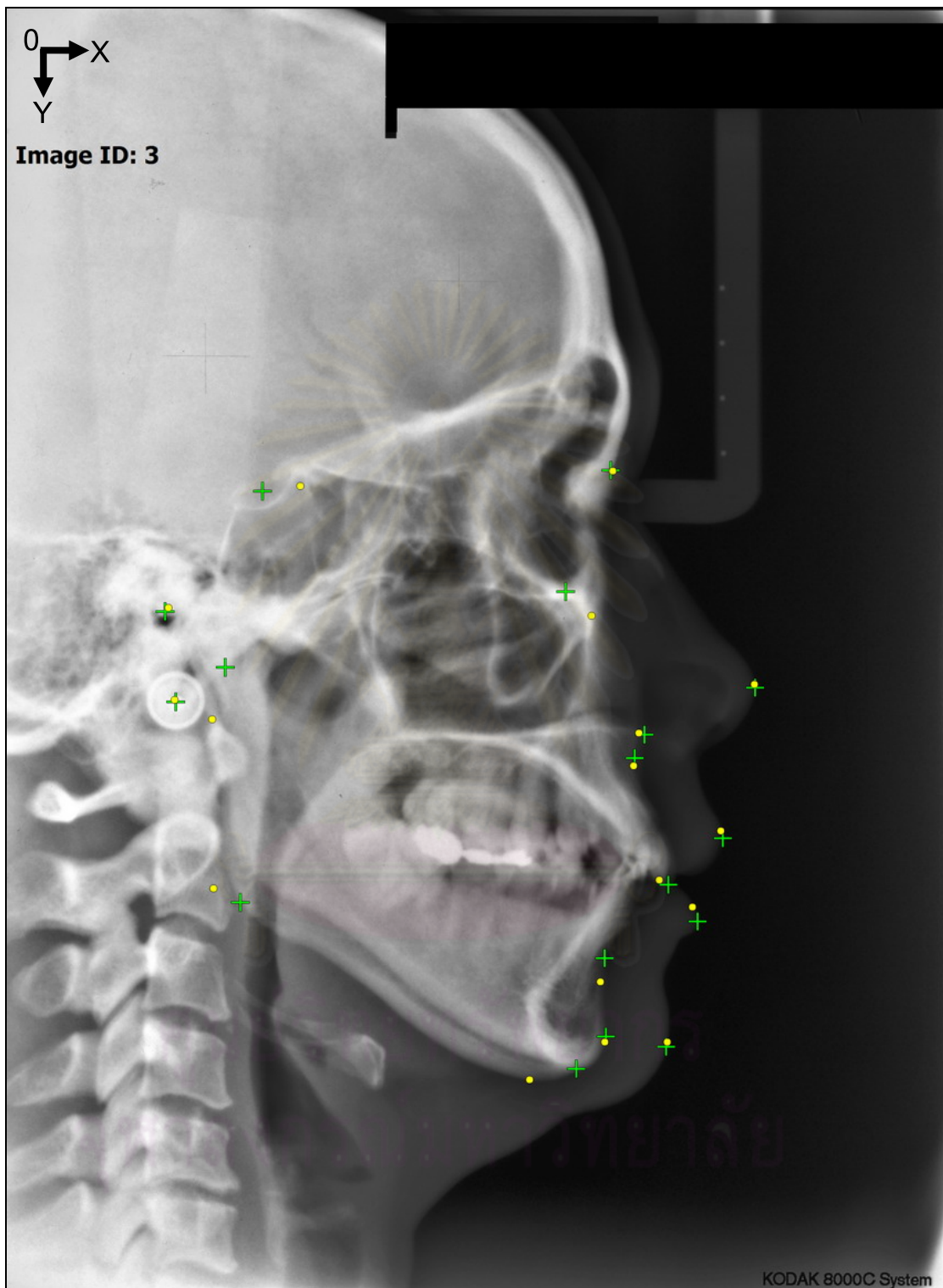
Image ID: 1					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	537	1204	593	1166
2.	Nasion	1279	1043	1273	1040
3.	Orbitale	1180	1371	1244	1337
4.	Anterior nasal spine	1370	1643	1321	1655
5.	Subspinale	1372	1732	1355	1732
6.	Incision superius	1478	2027	1467	2018
7.	Supramentale	1226	2209	1186	2275
8.	Pogonion	1176	2319	1172	2306
9.	Menton	1103	2391	1092	2386
10.	Gonion	399	1890	431	1948
11.	Point C or Capitulare	462	1515	614	1493
12.	Porion	312	1444	412	1432
13.	Pronasion	1601	1480	1597	1488
14.	Labrale superius	1602	1851	1601	1857
15.	Labrale Inferius	1524	2129	1527	2120
16.	Soft tissue Pogonion	1284	2352	1321	2306
17.	Ear Rod	415	1591	412	1589



รูปที่ ก.2 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 2

ตารางที่ ก.2 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 2

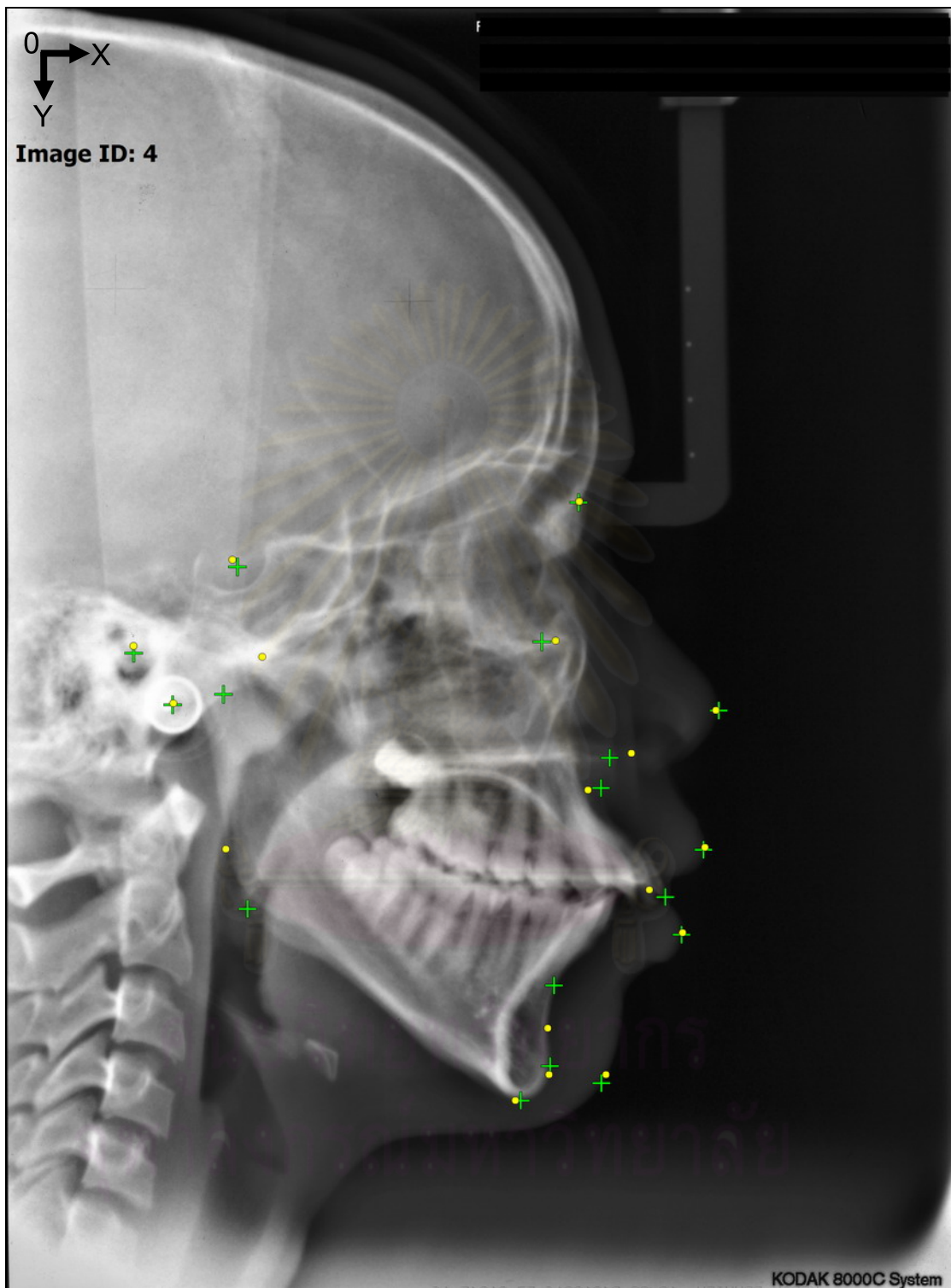
Image ID: 2					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	630	1228	613	1197
2.	Nasion	1429	1227	1435	1233
3.	Orbitale	1254	1546	1277	1564
4.	Anterior nasal spine	1399	1838	1377	1836
5.	Subspinale	1377	1894	1376	1944
6.	Incision superius	1465	2171	1446	2170
7.	Supramentale	1353	2386	1337	2430
8.	Pogonion	1350	2538	1342	2556
9.	Menton	1270	2638	1254	2639
10.	Gonion	443	2195	463	2248
11.	Point C or Capitulare	490	1539	466	1524
12.	Porion	347	1427	350	1413
13.	Pronasion	1725	1782	1726	1772
14.	Labrale superius	1598	2063	1600	2061
15.	Labrele Inferius	1603	2274	1605	2265
16.	Soft tissue Pogonion	1476	2577	1489	2556
17.	Ear Rod	397	1593	395	1591



รูปที่ ก.3 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 3

ตารางที่ ก.3 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 3

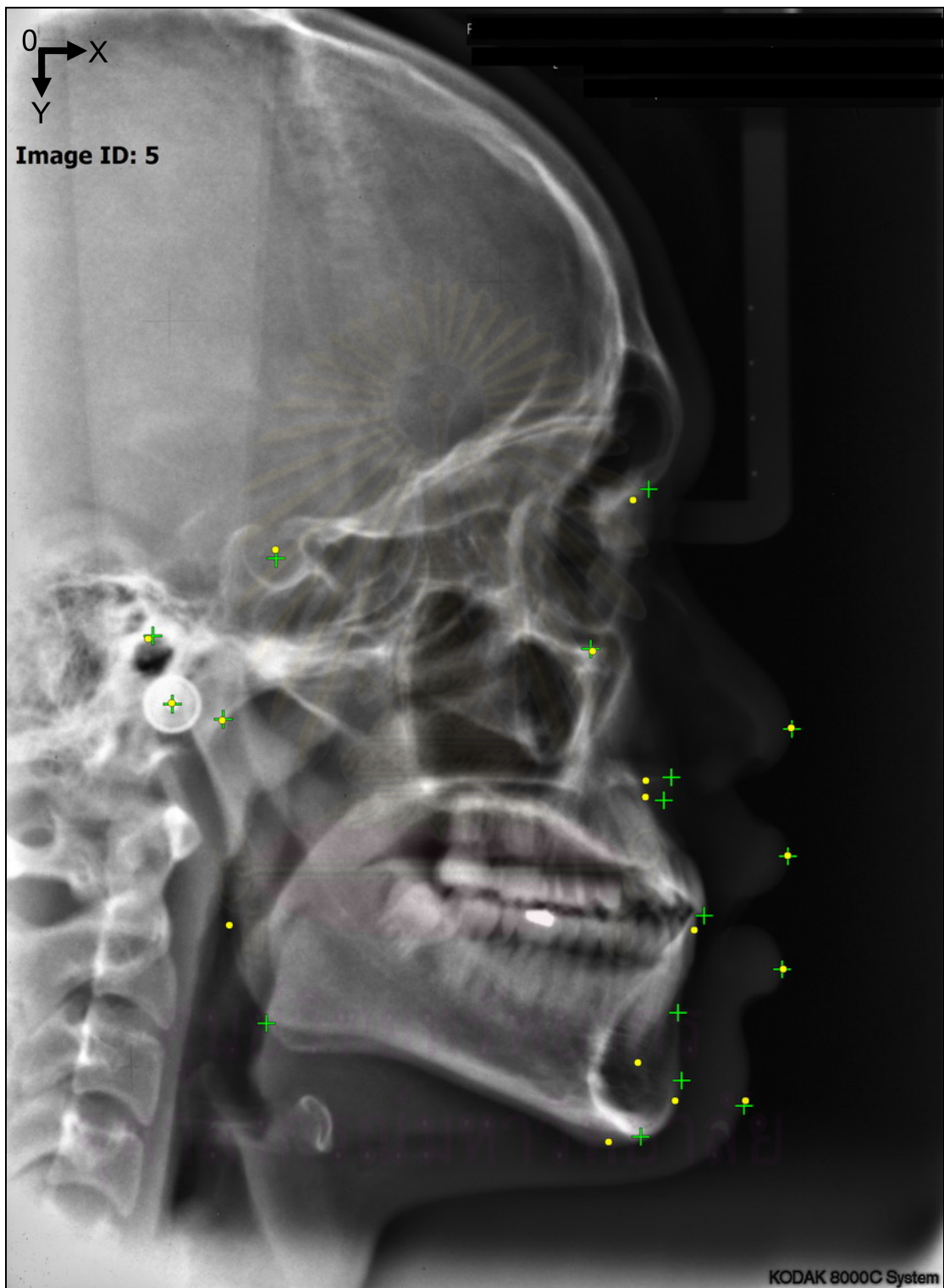
Image ID: 3					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	577	1093	662	1081
2.	Nasion	1364	1046	1368	1047
3.	Orbitale	1262	1320	1320	1374
4.	Anterior nasal spine	1440	1643	1427	1639
5.	Subspinale	1418	1696	1415	1713
6.	Incision superius	1494	1982	1473	1971
7.	Supramentale	1350	2148	1340	2201
8.	Pogonion	1353	2325	1350	2337
9.	Menton	1286	2398	1180	2422
10.	Gonion	527	2022	466	1990
11.	Point C or Capitulare	493	1491	463	1608
12.	Porion	357	1365	364	1356
13.	Pronasion	1690	1537	1688	1529
14.	Labrale superius	1617	1877	1612	1860
15.	Labrale Inferius	1560	2065	1548	2032
16.	Soft tissue Pogonion	1489	2348	1491	2337
17.	Ear Rod	381	1569	378	1564



รูปที่ ก.4 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 4

ตารางที่ ก.4 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 4

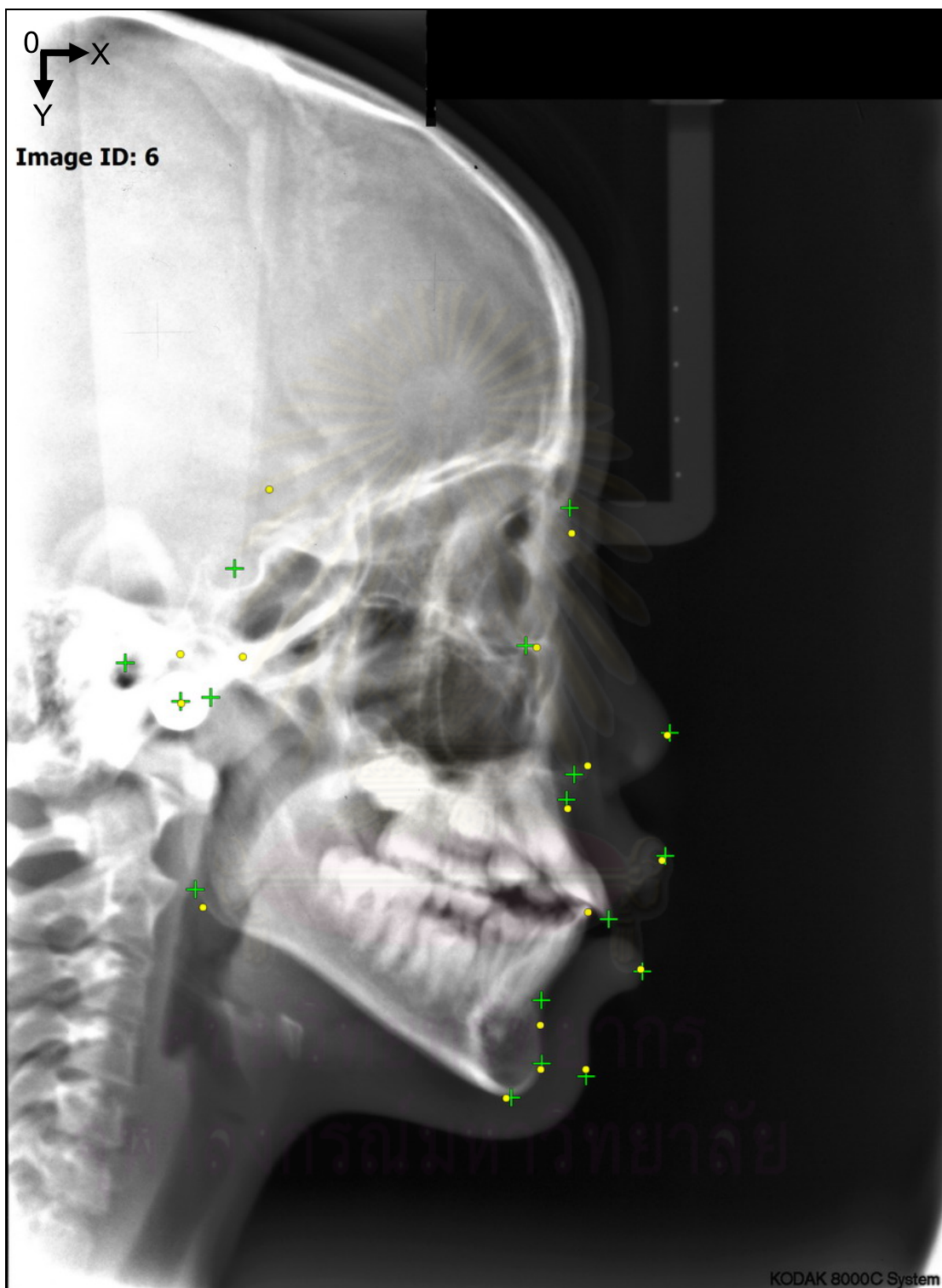
Image ID: 4					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	526	1278	514	1261
2.	Nasion	1305	1131	1306	1128
3.	Orbitale	1221	1449	1252	1446
4.	Anterior nasal spine	1376	1714	1425	1703
5.	Subspinale	1356	1783	1326	1787
6.	Incision superius	1503	2032	1466	2015
7.	Supramentale	1249	2234	1234	2331
8.	Pogonion	1240	2418	1237	2437
9.	Menton	1173	2497	1160	2496
10.	Gonion	549	2059	499	1922
11.	Point C or Capitulare	494	1569	582	1483
12.	Porion	289	1475	288	1458
13.	Pronasion	1625	1606	1618	1605
14.	Labrale superius	1590	1924	1593	1918
15.	Labrale Inferius	1540	2118	1542	2113
16.	Soft tissue Pogonion	1357	2457	1367	2437
17.	Ear Rod	378	1593	379	1589



รูปที่ ก.5 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 5

ตารางที่ ก.5 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 5

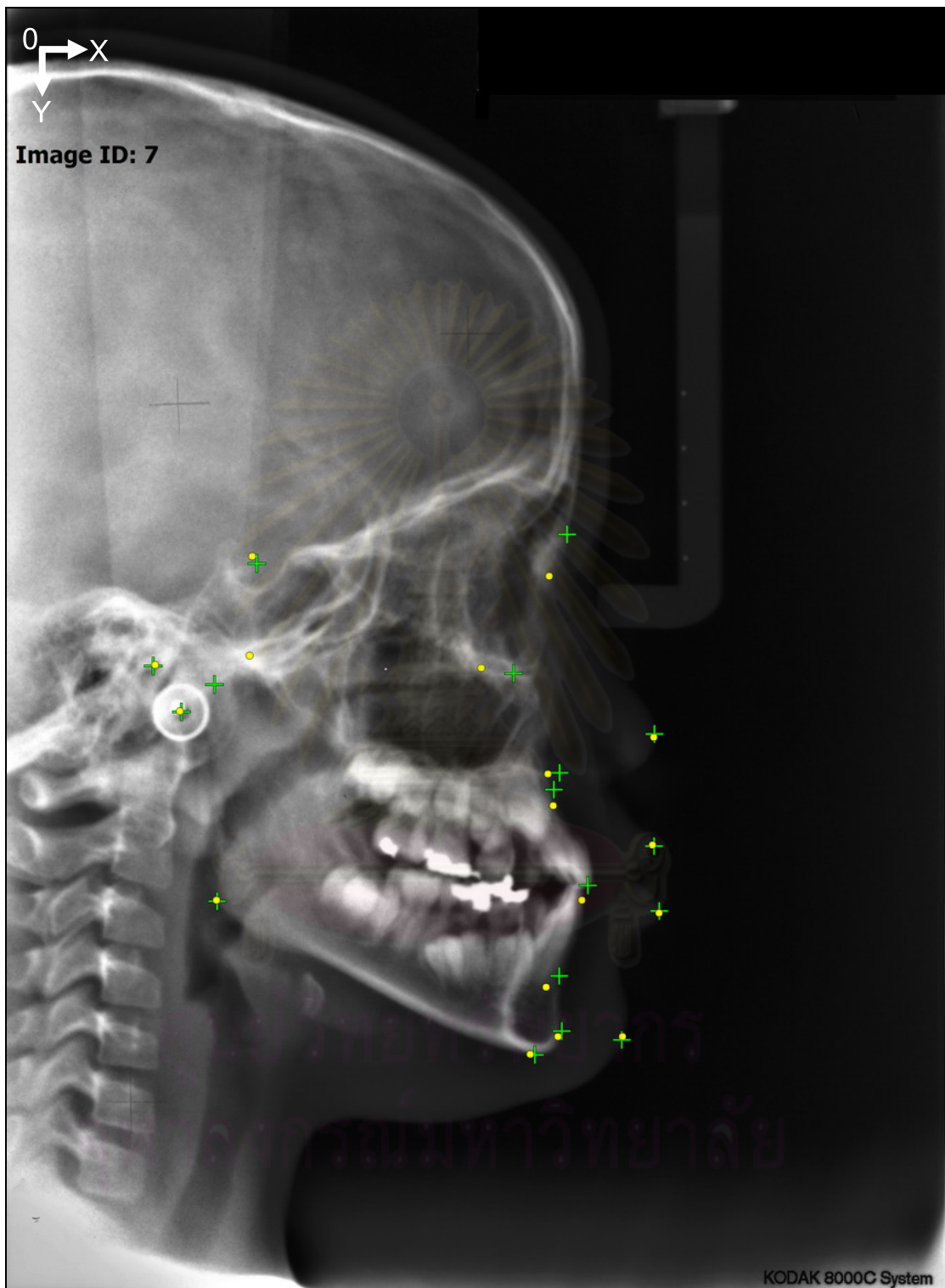
Image ID: 5					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	607	1243	605	1223
2.	Nasion	1448	1087	1412	1111
3.	Orbitale	1317	1447	1321	1452
4.	Anterior nasal spine	1499	1737	1441	1744
5.	Subspinale	1482	1789	1440	1781
6.	Incision superius	1573	2049	1550	2081
7.	Supramentale	1514	2268	1423	2380
8.	Pogonion	1522	2421	1507	2466
9.	Menton	1430	2548	1357	2559
10.	Gonion	585	2292	501	2070
11.	Point C or Capitulare	488	1606	485	1608
12.	Porion	329	1418	318	1424
13.	Pronasion	1771	1628	1769	1625
14.	Labrale superius	1762	1915	1761	1913
15.	Labrale Inferius	1749	2170	1751	2169
16.	Soft tissue Pogonion	1663	2478	1666	2466
17.	Ear Rod	373	1572	371	1569



รูปที่ ก.6 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 6

ตารางที่ ก.6 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 6

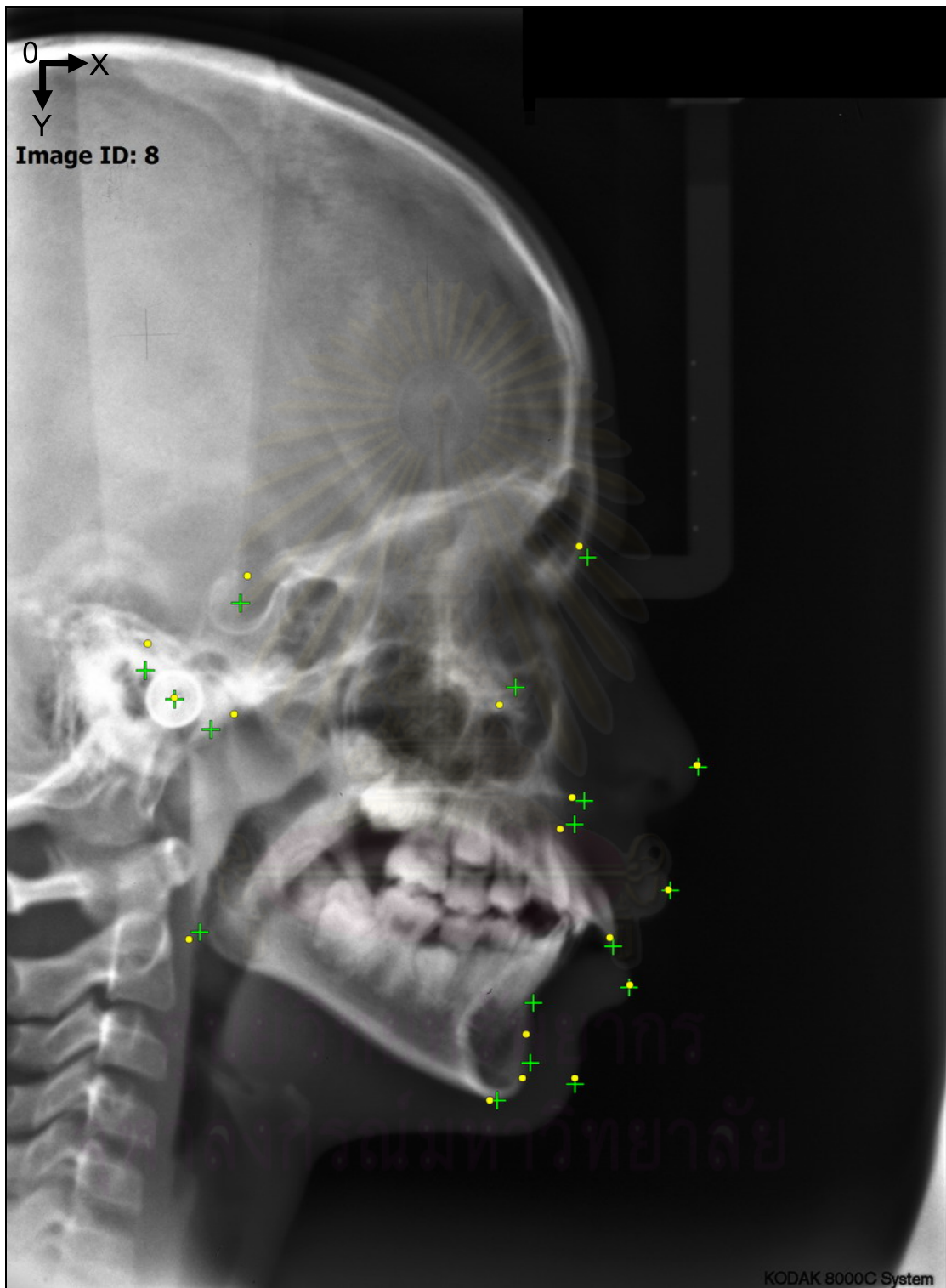
Image ID: 6					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	514	1264	592	1085
2.	Nasion	1271	1127	1275	1184
3.	Orbitale	1172	1438	1196	1442
4.	Anterior nasal spine	1281	1729	1311	1709
5.	Subspinale	1264	1786	1266	1806
6.	Incision superius	1359	2056	1312	2040
7.	Supramentale	1207	2239	1204	2295
8.	Pogonion	1208	2382	1205	2395
9.	Menton	1139	2459	1127	2460
10.	Gonion	425	1989	442	2029
11.	Point C or Capitulare	460	1555	532	1463
12.	Porion	267	1477	391	1457
13.	Pronasion	1497	1635	1491	1640
14.	Labrale superius	1487	1913	1479	1923
15.	Labrale Inferius	1435	2174	1431	2169
16.	Soft tissue Pogonion	1308	2411	1307	2395
17.	Ear Rod	392	1564	393	1568



รูปที่ ก.7 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 7

ตารางที่ ก.7 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 7

Image ID: 7					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	566	1260	555	1243
2.	Nasion	1269	1194	1228	1288
3.	Orbitale	1148	1509	1074	1496
4.	Anterior nasal spine	1252	1734	1237	1808
5.	Subspinale	1239	1772	1225	1736
6.	Incision superius	1316	1989	1302	2022
7.	Supramentale	1251	2194	1221	2219
8.	Pogonion	1257	2319	1248	2331
9.	Menton	1196	2373	1185	2371
10.	Gonion	476	2025	474	2022
11.	Point C or Capitulare	470	1534	549	1468
12.	Porion	331	1492	335	1489
13.	Pronasion	1467	1646	1465	1653
14.	Labrale superius	1466	1900	1462	1897
15.	Labrale Inferius	1478	2047	1477	2051
16.	Soft tissue Pogonion	1393	2339	1394	2331
17.	Ear Rod	395	1596	391	1594

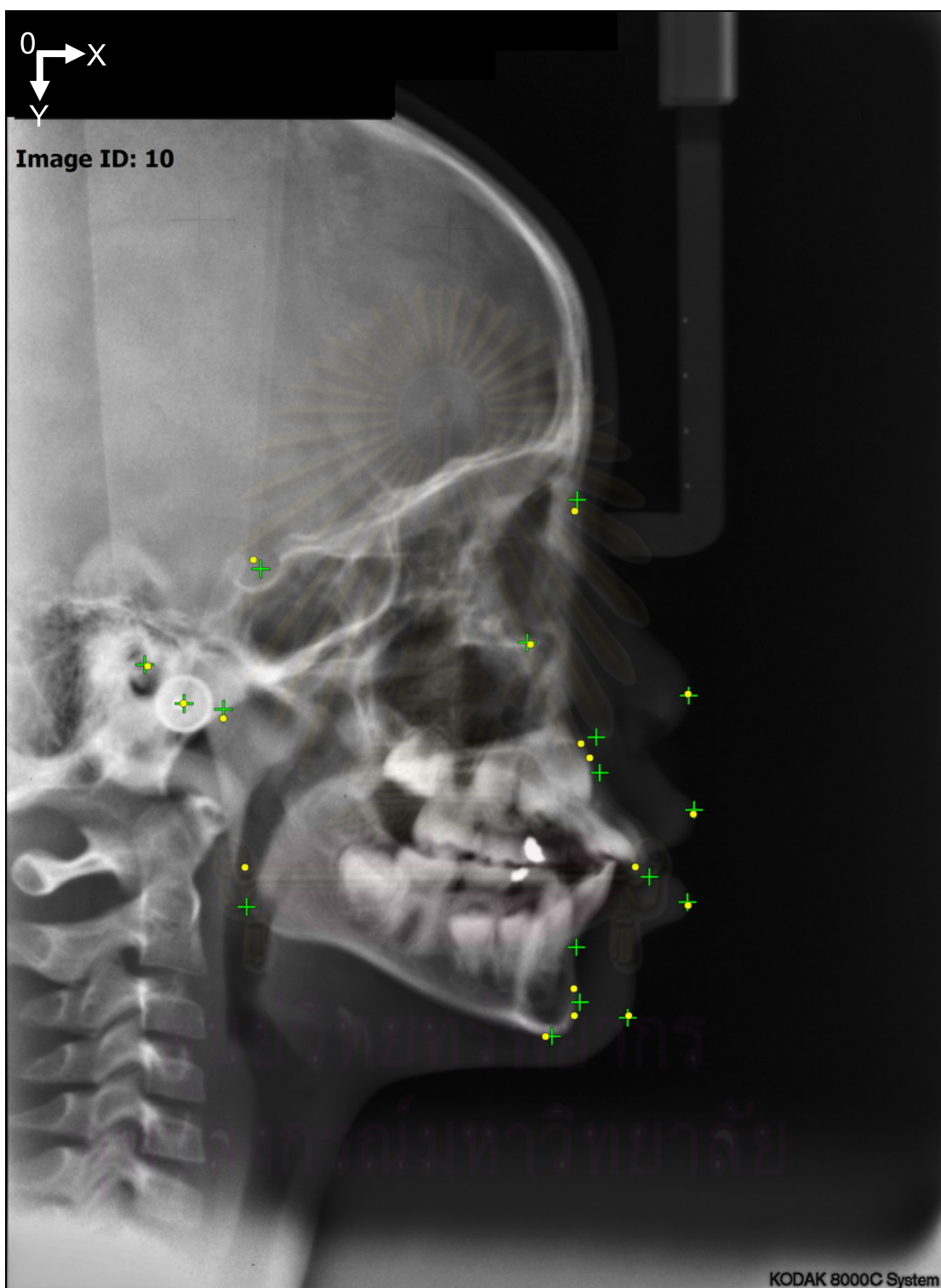


รูปที่ ก.8 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 8

ตารางที่ ก.8 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 8

Image ID: 8					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	527	1344	542	1282
2.	Nasion	1310	1241	1291	1215
3.	Orbitale	1148	1534	1111	1573
4.	Anterior nasal spine	1303	1790	1275	1782
5.	Subspinale	1281	1843	1248	1853
6.	Incision superius	1368	2118	1360	2098
7.	Supramentale	1188	2246	1171	2316
8.	Pogonion	1181	2381	1163	2415
9.	Menton	1106	2466	1089	2465
10.	Gonion	435	2086	410	2102
11.	Point C or Capitulare	460	1629	512	1594
12.	Porion	312	1496	317	1435
13.	Pronasion	1560	1714	1557	1709
14.	Labrale superius	1497	1992	1492	1990
15.	Labrale Inferius	1404	2211	1405	2205
16.	Soft tissue Pogonion	1282	2429	1281	2415
17.	Ear Rod	378	1561	377	1557

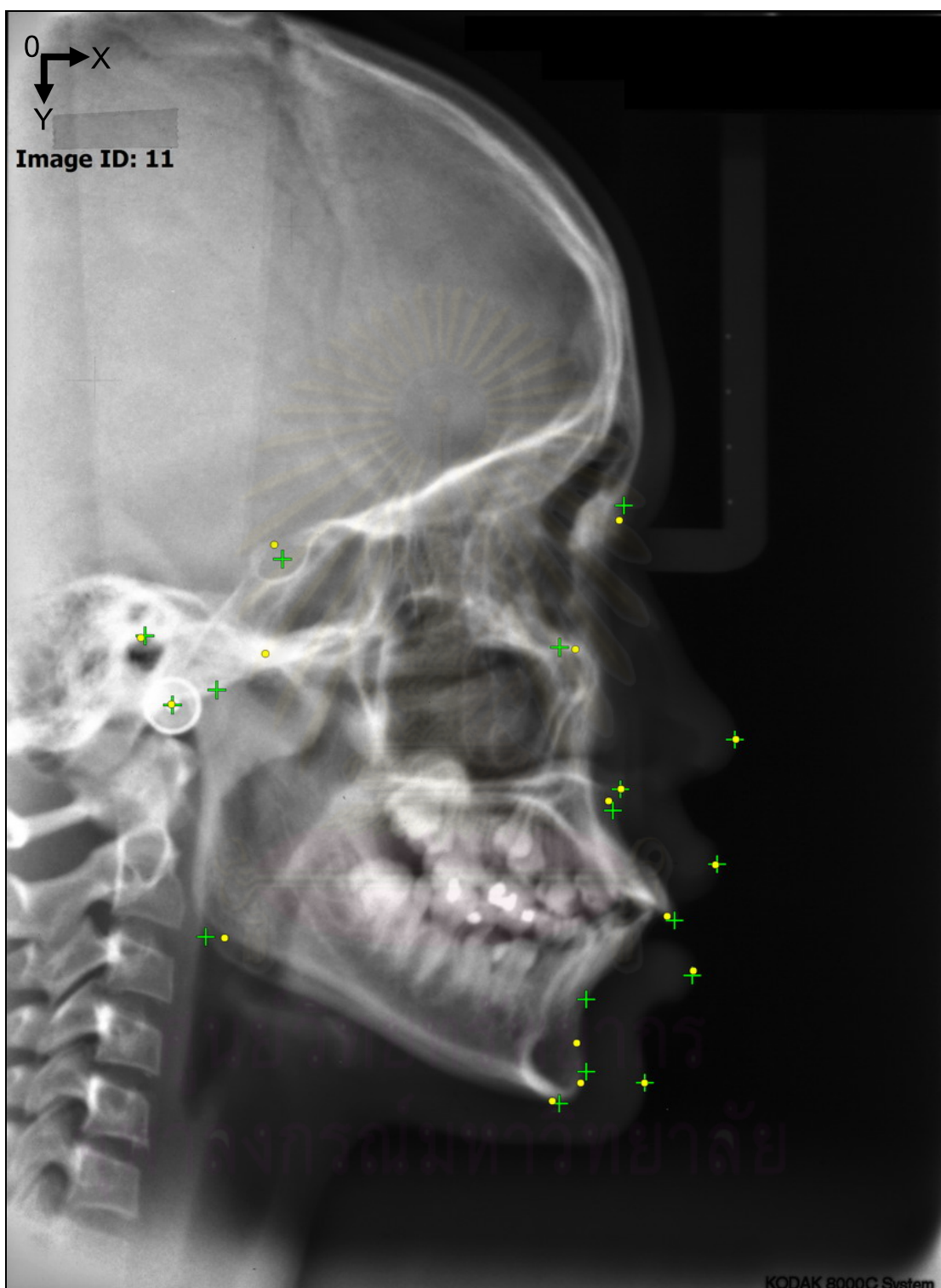
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.9 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 10

ตารางที่ ก.9 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID: 10

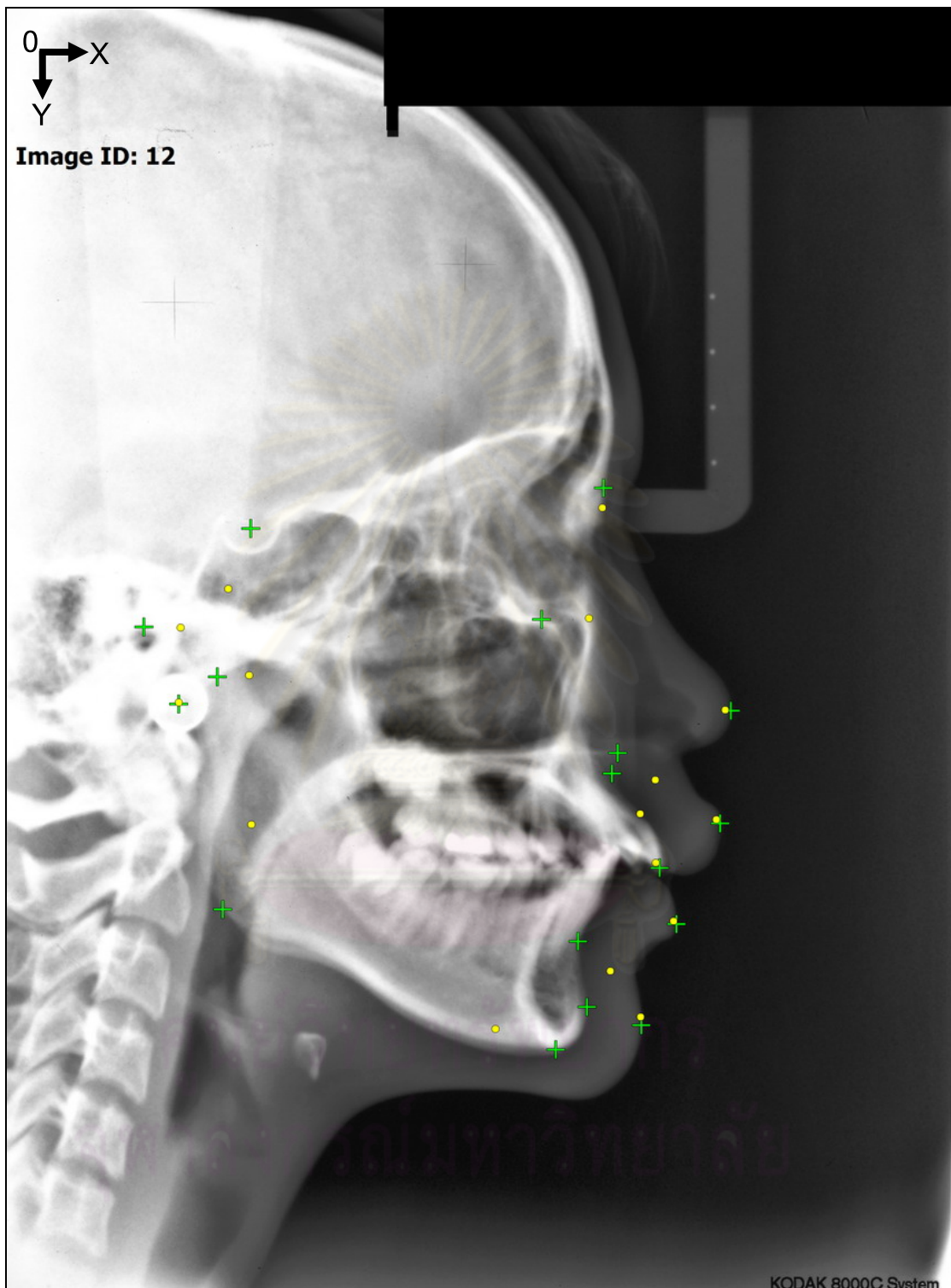
Image ID: 10					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	573	1260	556	1239
2.	Nasion	1288	1104	1282	1129
3.	Orbitale	1175	1426	1182	1430
4.	Anterior nasal spine	1331	1640	1296	1654
5.	Subspinale	1339	1720	1316	1686
6.	Incision superius	1451	1955	1419	1932
7.	Supramentale	1286	2114	1280	2207
8.	Pogonion	1294	2238	1281	2268
9.	Menton	1231	2315	1216	2315
10.	Gonion	541	2023	537	1933
11.	Point C or Capitulare	489	1577	488	1597
12.	Porion	311	1476	317	1479
13.	Pronasion	1540	1546	1538	1542
14.	Labrale superius	1552	1804	1550	1813
15.	Labrale Inferius	1537	2012	1538	2019
16.	Soft tissue Pogonion	1402	2273	1404	2268
17.	Ear Rod	400	1564	398	1563



รูปที่ ก.10 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:11

ตารางที่ ก.10 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:11

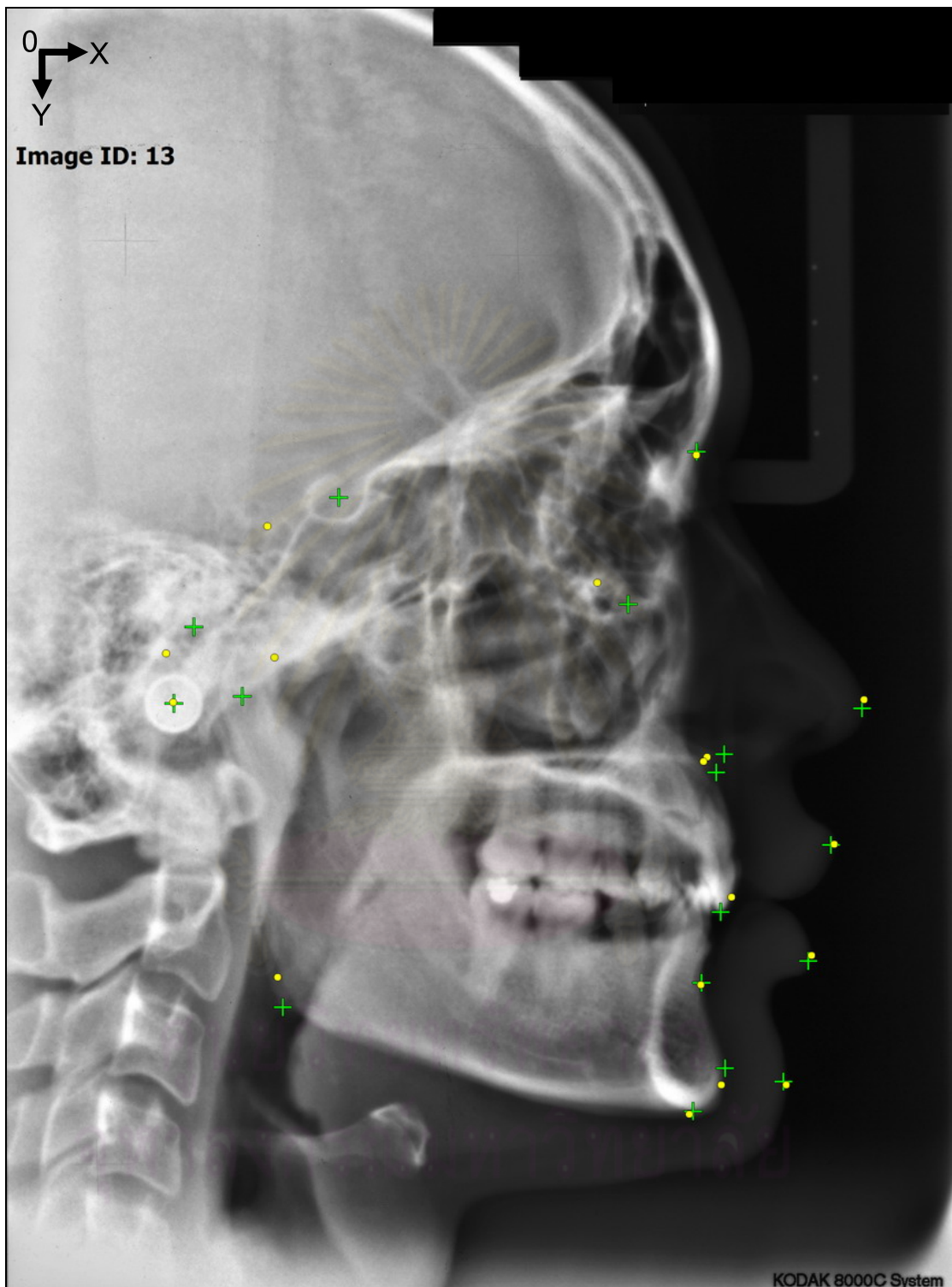
Image ID: 11					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	621	1237	602	1204
2.	Nasion	1391	1116	1380	1149
3.	Orbitale	1246	1436	1281	1440
4.	Anterior nasal spine	1383	1756	1384	1755
5.	Subspinale	1366	1804	1356	1782
6.	Incision superius	1505	2052	1488	2042
7.	Supramentale	1306	2230	1284	2328
8.	Pogonion	1306	2393	1293	2418
9.	Menton	1245	2465	1229	2459
10.	Gonion	448	2089	490	2091
11.	Point C or Capitulare	473	1532	582	1450
12.	Porion	311	1410	301	1414
13.	Pronasion	1641	1644	1643	1643
14.	Labrale superius	1601	1925	1597	1926
15.	Labrale Inferius	1545	2176	1547	2165
16.	Soft tissue Pogonion	1438	2418	1437	2418
17.	Ear Rod	373	1566	370	1564



รูปที่ ก.11 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:12

ตารางที่ ก.11 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:12

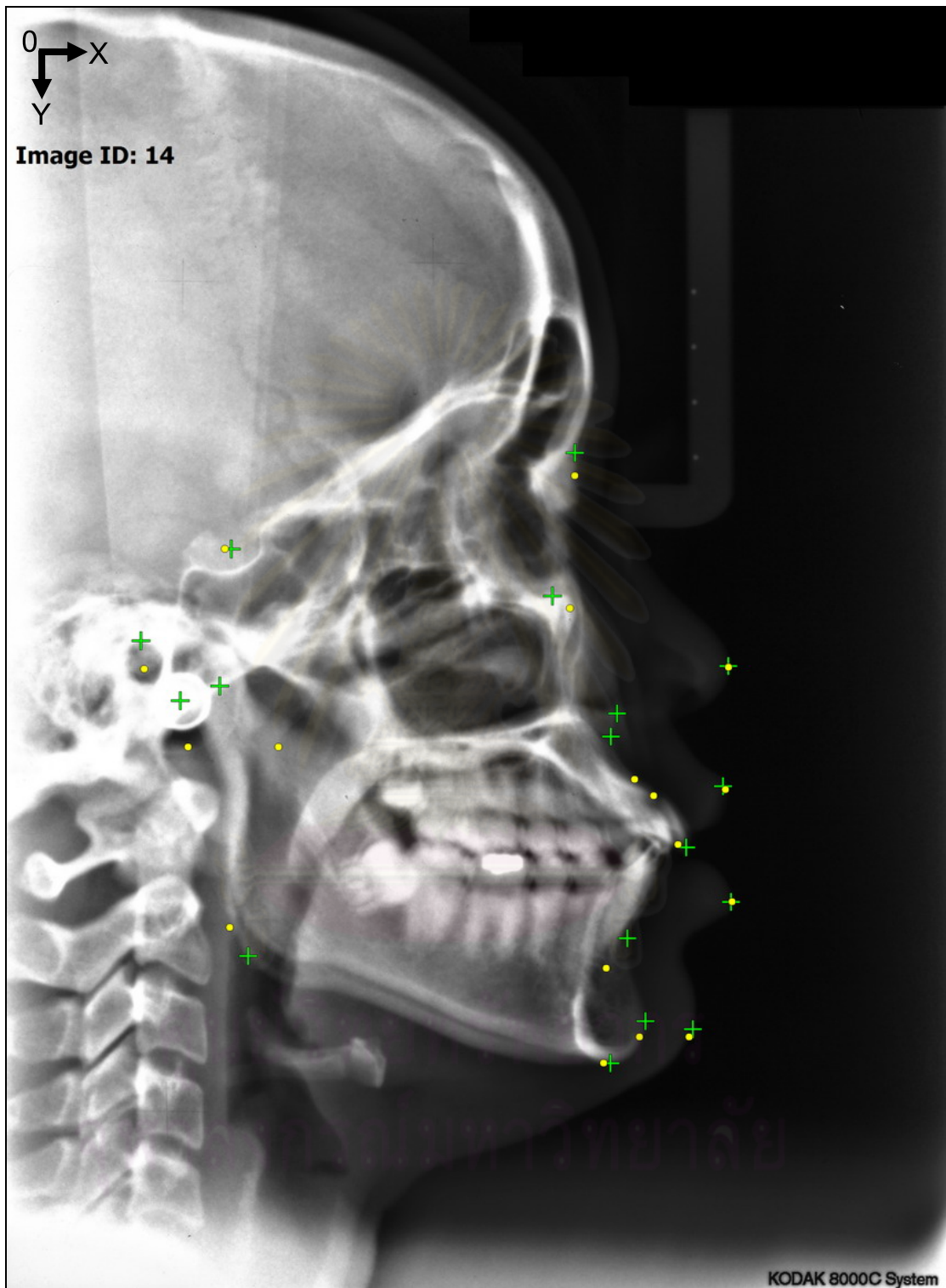
Image ID: 12					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	547	1170	496	1305
2.	Nasion	1339	1079	1336	1123
3.	Orbitale	1200	1374	1306	1371
4.	Anterior nasal spine	1371	1674	1455	1734
5.	Subspinale	1358	1720	1421	1810
6.	Incision superius	1465	1932	1456	1920
7.	Supramentale	1282	2097	1354	2163
8.	Pogonion	1302	2244	1422	2266
9.	Menton	1232	2340	1096	2293
10.	Gonion	484	2025	548	1834
11.	Point C or Capitulare	472	1503	543	1499
12.	Porion	307	1391	389	1392
13.	Pronasion	1625	1579	1612	1577
14.	Labrale superius	1601	1832	1592	1823
15.	Labrale Inferius	1503	2058	1496	2051
16.	Soft tissue Pogonion	1424	2285	1422	2266
17.	Ear Rod	385	1564	385	1560



รูปที่ ก.12 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:13

ตารางที่ ก.12 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:13

Image ID: 13					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	746	1102	585	1166
2.	Nasion	1551	999	1550	1006
3.	Orbitale	1397	1342	1327	1293
4.	Anterior nasal spine	1613	1679	1574	1685
5.	Subspinale	1595	1720	1566	1695
6.	Incision superius	1605	2034	1629	2000
7.	Supramentale	1562	2193	1560	2197
8.	Pogonion	1615	2385	1606	2422
9.	Menton	1543	2482	1534	2488
10.	Gonion	620	2248	608	2180
11.	Point C or Capitulare	529	1549	601	1461
12.	Porion	420	1393	357	1452
13.	Pronasion	1923	1576	1927	1556
14.	Labrale superius	1853	1883	1860	1881
15.	Labrale Inferius	1802	2144	1809	2131
16.	Soft tissue Pogonion	1746	2415	1752	2422
17.	Ear Rod	375	1565	373	1562

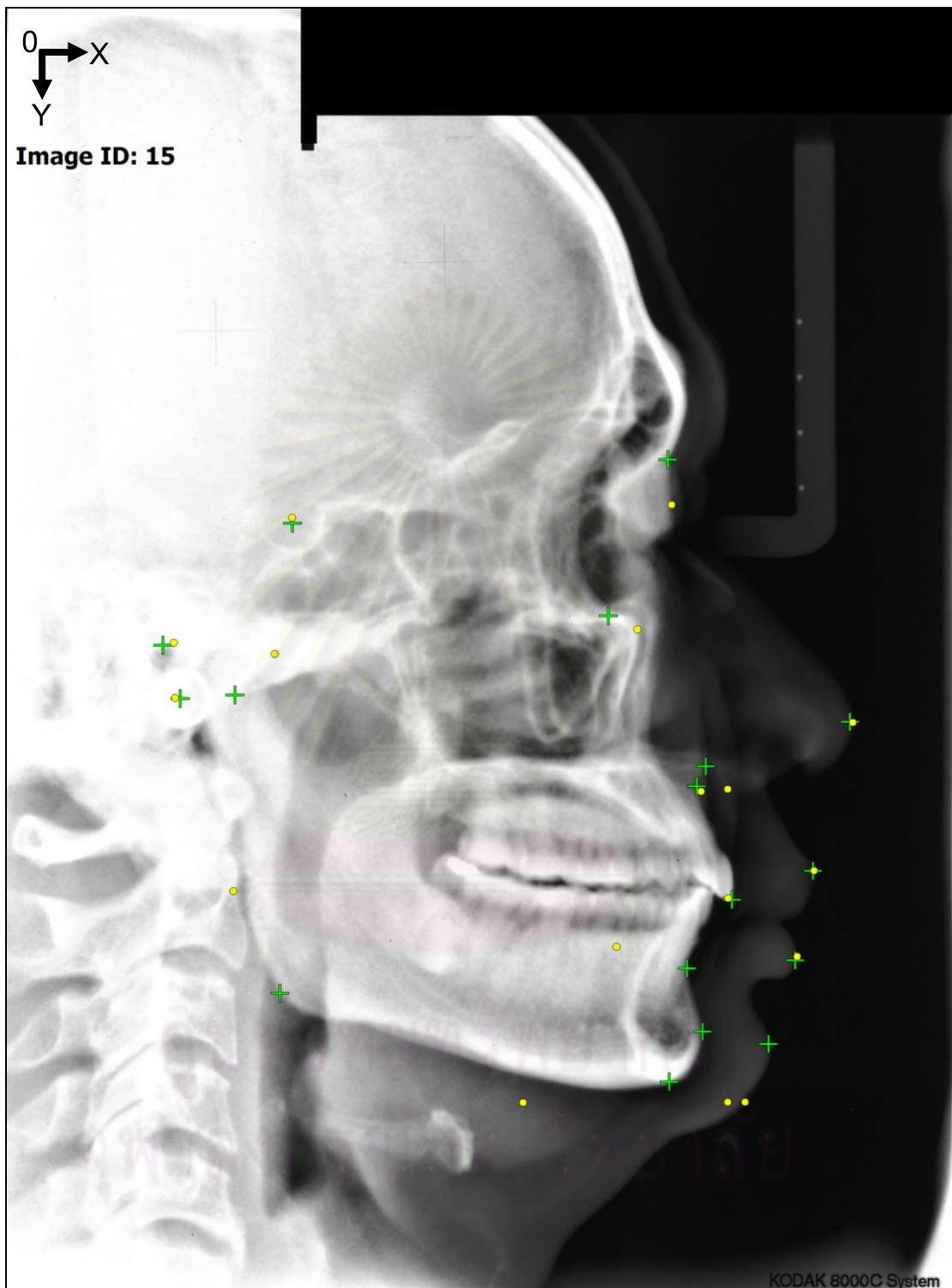


รูปที่ ก.13 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:14

ตารางที่ ก.13 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:14

Image ID: 14					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	506	1222	491	1221
2.	Nasion	1282	1005	1281	1056
3.	Orbitale	1231	1328	1270	1355
4.	Anterior nasal spine	1377	1593	1459	1778
5.	Subspinale	1363	1645	1416	1741
6.	Incision superius	1533	1895	1514	1888
7.	Supramentale	1400	2100	1352	2167
8.	Pogonion	1441	2287	1427	2322
9.	Menton	1362	2382	1346	2381
10.	Gonion	544	2140	502	2075
11.	Point C or Capitulare	480	1531	612	1668
12.	Porion	302	1429	309	1492
13.	Pronasion	1628	1486	1628	1488
14.	Labrale superius	1616	1757	1621	1764
15.	Labrele Inferius	1634	2018	1636	2017
16.	Soft tissue Pogonion	1548	2305	1539	2322
17.	Ear Rod	391	1564	408	1668

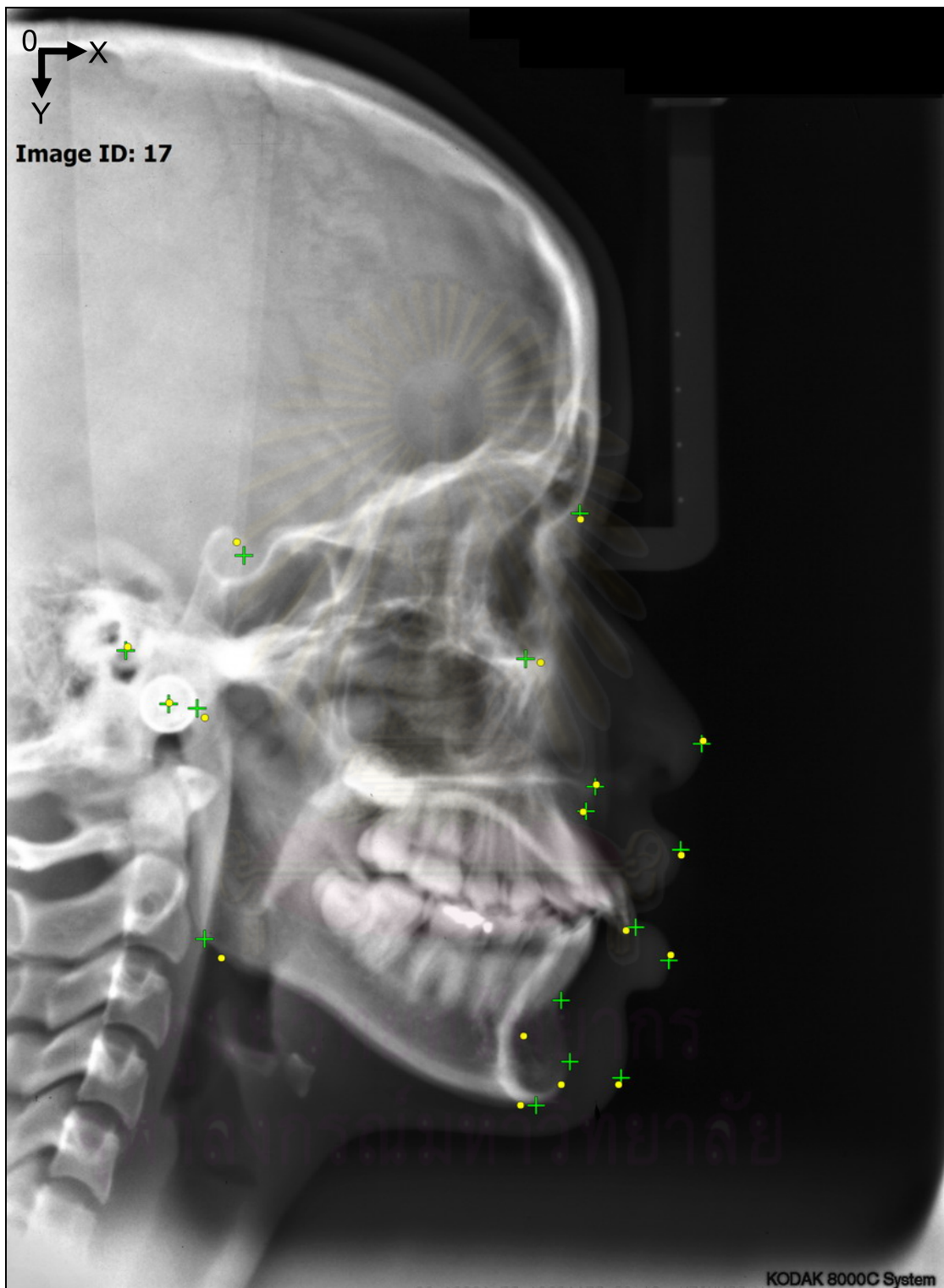
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.14 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:15

ตารางที่ ก.14 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:15

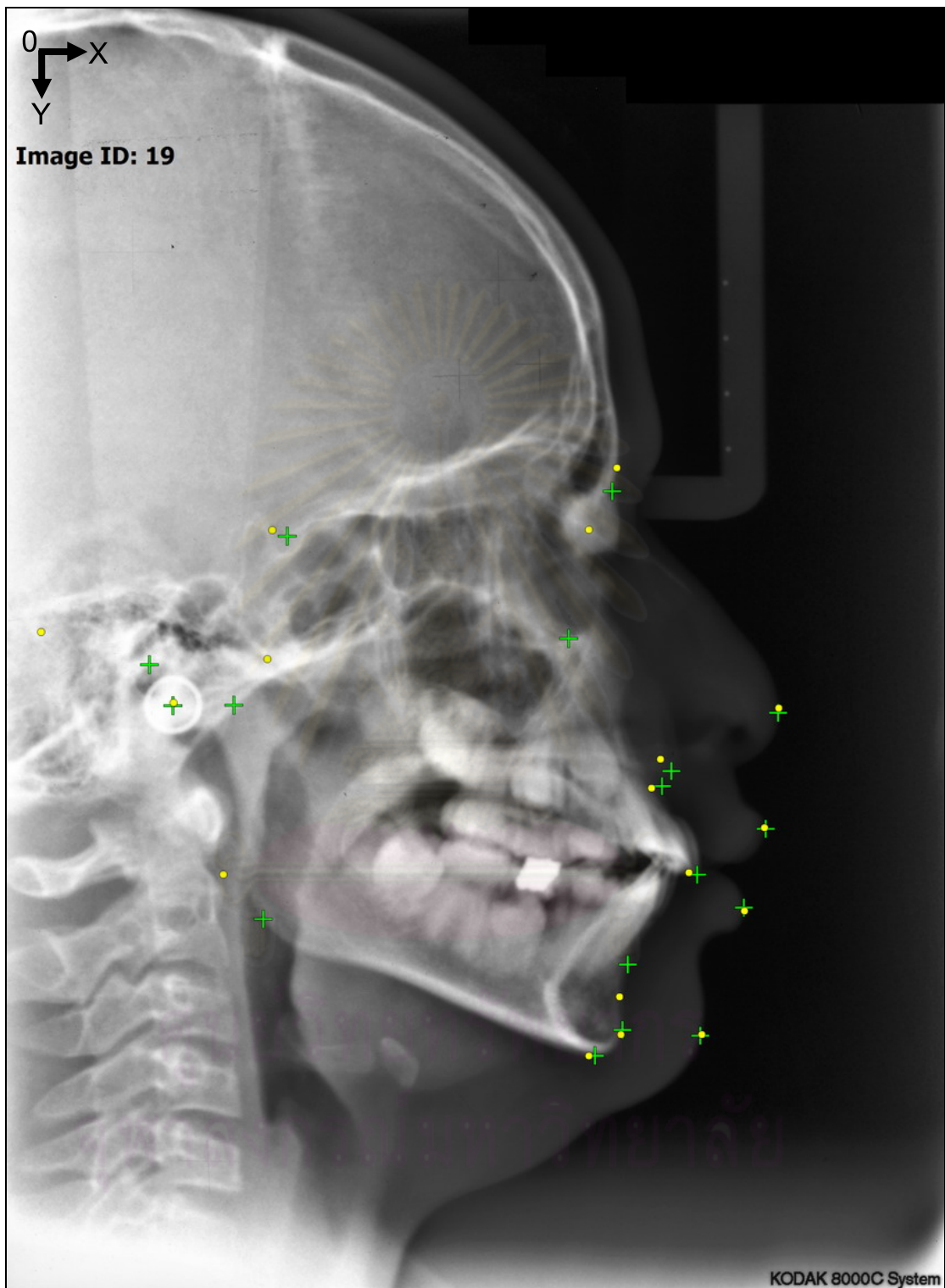
Image ID: 15					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	641	1159	640	1146
2.	Nasion	1485	1016	1493	1117
3.	Orbitale	1351	1367	1416	1397
4.	Anterior nasal spine	1570	1705	1619	1756
5.	Subspinale	1550	1750	1559	1761
6.	Incision superius	1629	2005	1620	2001
7.	Supramentale	1528	2159	1369	2110
8.	Pogonion	1563	2301	1619	2459
9.	Menton	1488	2414	1159	2460
10.	Gonion	613	2215	508	1985
11.	Point C or Capitulare	512	1545	601	1452
12.	Porion	350	1433	374	1427
13.	Pronasion	1894	1605	1900	1606
14.	Labrale superius	1811	1940	1813	1939
15.	Labrale Inferius	1771	2141	1775	2132
16.	Soft tissue Pogonion	1711	2329	1658	2459
17.	Ear Rod	389	1553	377	1551



รูปที่ ก.15 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:17

ตารางที่ ก.15 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:17

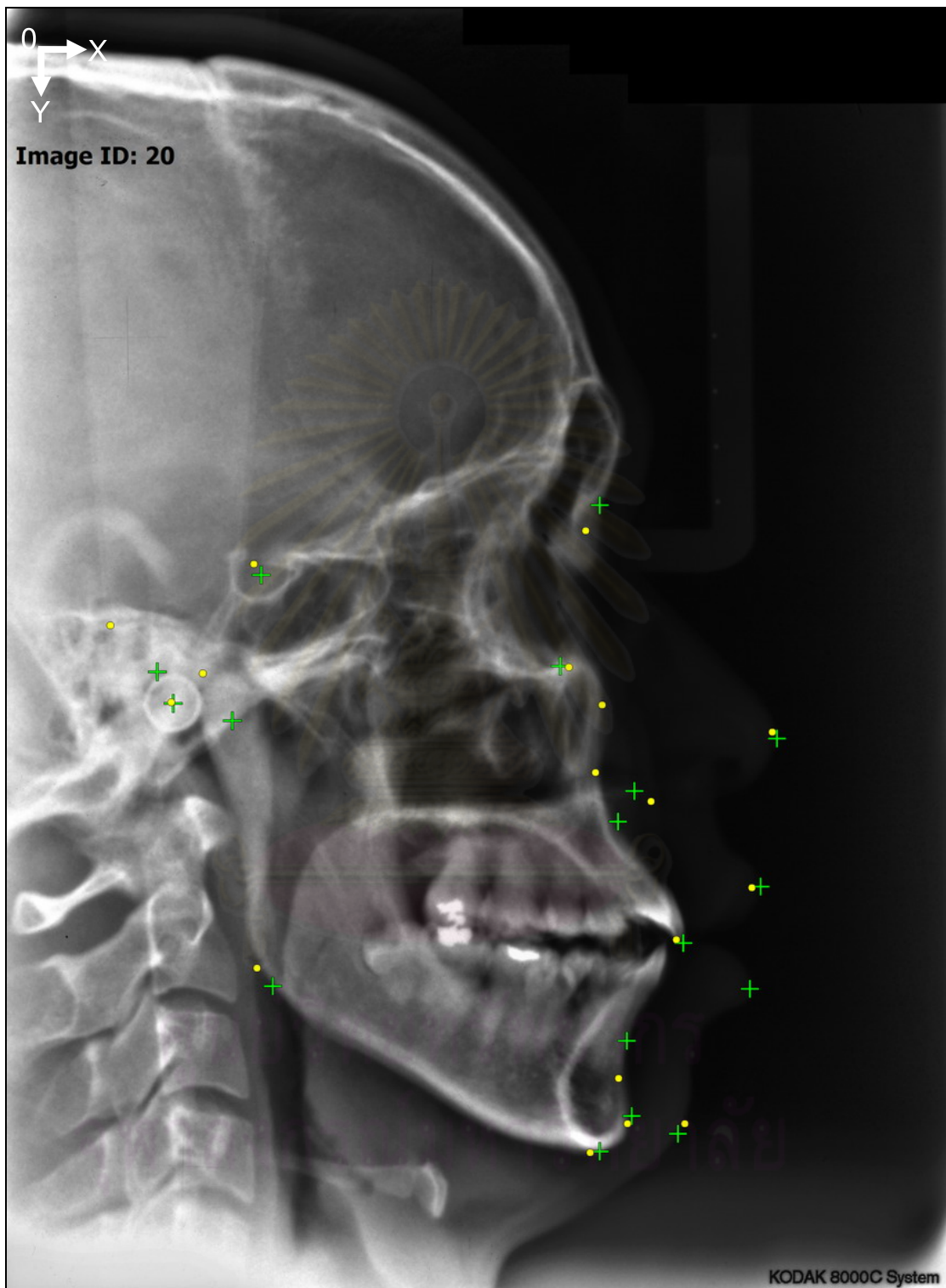
Image ID: 17					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	541	1252	524	1221
2.	Nasion	1308	1156	1309	1169
3.	Orbitale	1184	1488	1218	1496
4.	Anterior nasal spine	1343	1780	1345	1775
5.	Subspinale	1322	1836	1315	1837
6.	Incision superius	1435	2101	1413	2108
7.	Supramentale	1265	2268	1179	2349
8.	Pogonion	1285	2408	1265	2460
9.	Menton	1208	2508	1172	2507
10.	Gonion	451	2128	489	2171
11.	Point C or Capitulare	434	1601	451	1622
12.	Porion	271	1469	275	1460
13.	Pronasion	1586	1682	1589	1675
14.	Labrale superius	1538	1924	1539	1936
15.	Labrale Inferius	1511	2177	1515	2164
16.	Soft tissue Pogonion	1402	2445	1396	2460
17.	Ear Rod	369	1591	370	1588



รูปที่ ก.16 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:19

ตารางที่ ก.16 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:19

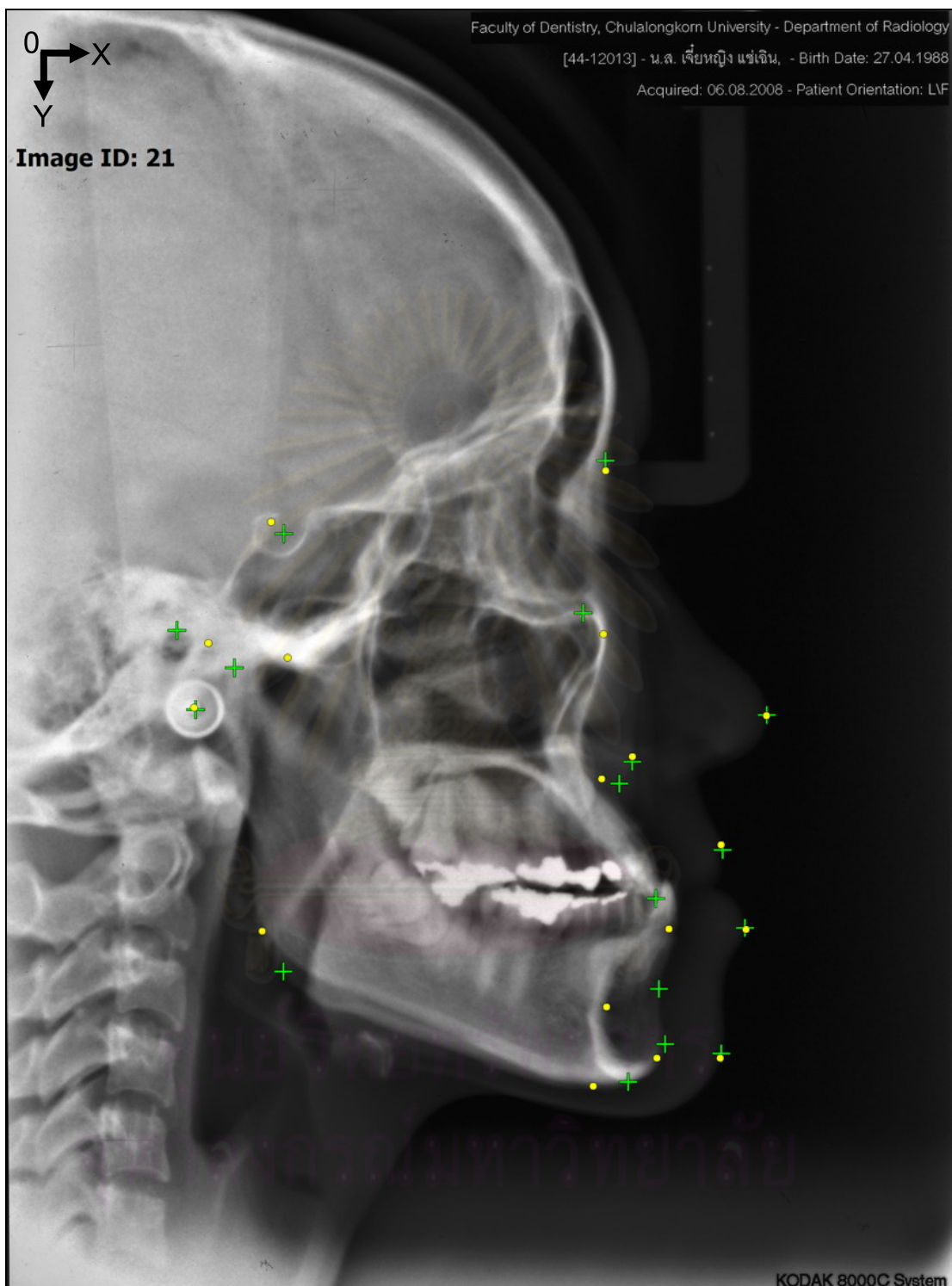
Image ID: 19					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	630	1189	596	1175
2.	Nasion	1361	1088	1371	1035
3.	Orbitale	1263	1419	1308	1174
4.	Anterior nasal spine	1494	1717	1469	1690
5.	Subspinale	1473	1751	1449	1755
6.	Incision superius	1552	1950	1533	1945
7.	Supramentale	1396	2152	1377	2224
8.	Pogonion	1384	2299	1380	2309
9.	Menton	1322	2357	1308	2357
10.	Gonion	576	2050	486	1949
11.	Point C or Capitulare	510	1569	585	1465
12.	Porion	320	1478	76	1404
13.	Pronasion	1734	1586	1735	1575
14.	Labrale superius	1706	1847	1703	1844
15.	Labrale Inferius	1657	2024	1658	2031
16.	Soft tissue Pogonion	1559	2312	1562	2309
17.	Ear Rod	373	1570	374	1563



รูปที่ ก.17 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:20

ตารางที่ ก.17 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:20

Image ID: 20					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	572	1277	555	1252
2.	Nasion	1334	1120	1302	1177
3.	Orbitale	1245	1482	1264	1484
4.	Anterior nasal spine	1412	1763	1339	1569
5.	Subspinale	1375	1832	1324	1721
6.	Incision superius	1522	2105	1506	2097
7.	Supramentale	1395	2325	1376	2409
8.	Pogonion	1406	2494	1396	2511
9.	Menton	1334	2574	1312	2576
10.	Gonion	598	2202	562	2161
11.	Point C or Capitulare	507	1605	440	1498
12.	Porion	338	1495	232	1390
13.	Pronasion	1733	1645	1722	1630
14.	Labrale superius	1696	1978	1449	1786
15.	Labrele Inferius	1672	2208	1676	1980
16.	Soft tissue Pogonion	1510	2534	1525	2511
17.	Ear Rod	374	1566	369	1563

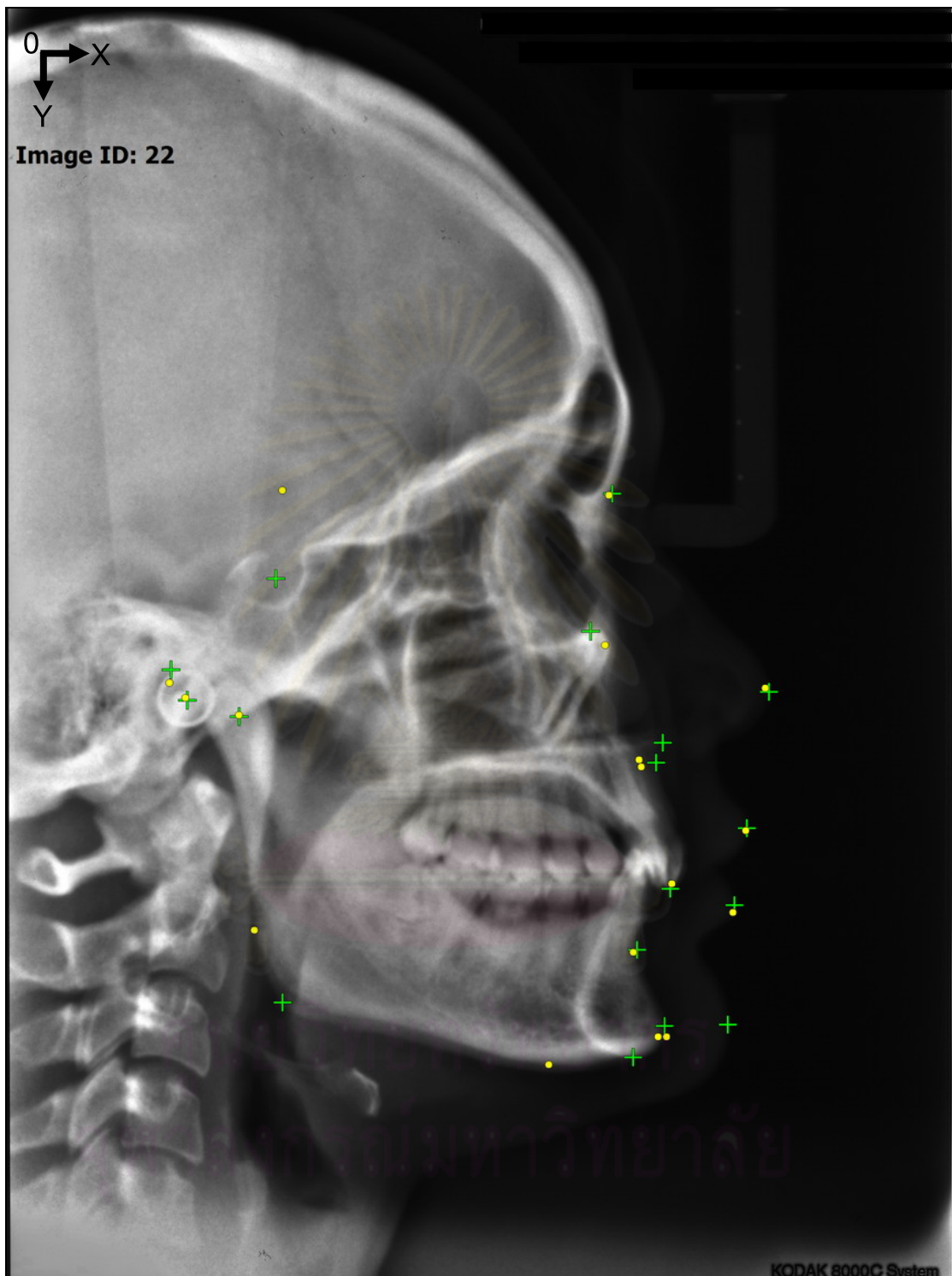


รูปที่ ก.18 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:21

ตารางที่ ก.18 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:21

Image ID: 21					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	621	1178	592	1151
2.	Nasion	1343	1014	1343	1036
3.	Orbitale	1293	1356	1338	1403
4.	Anterior nasal spine	1403	1690	1403	1678
5.	Subspinale	1374	1739	1334	1728
6.	Incision superius	1456	1997	1485	2065
7.	Supramentale	1463	2200	1345	2240
8.	Pogonion	1477	2324	1458	2355
9.	Menton	1394	2409	1315	2418
10.	Gonion	620	2161	572	2070
11.	Point C or Capitulare	510	1479	629	1456
12.	Porion	381	1395	451	1423
13.	Pronasion	1705	1585	1704	1586
14.	Labrale superius	1606	1888	1602	1876
15.	Labrale Inferius	1656	2063	1658	2066
16.	Soft tissue Pogonion	1603	2345	1600	2355
17.	Ear Rod	423	1573	419	1568

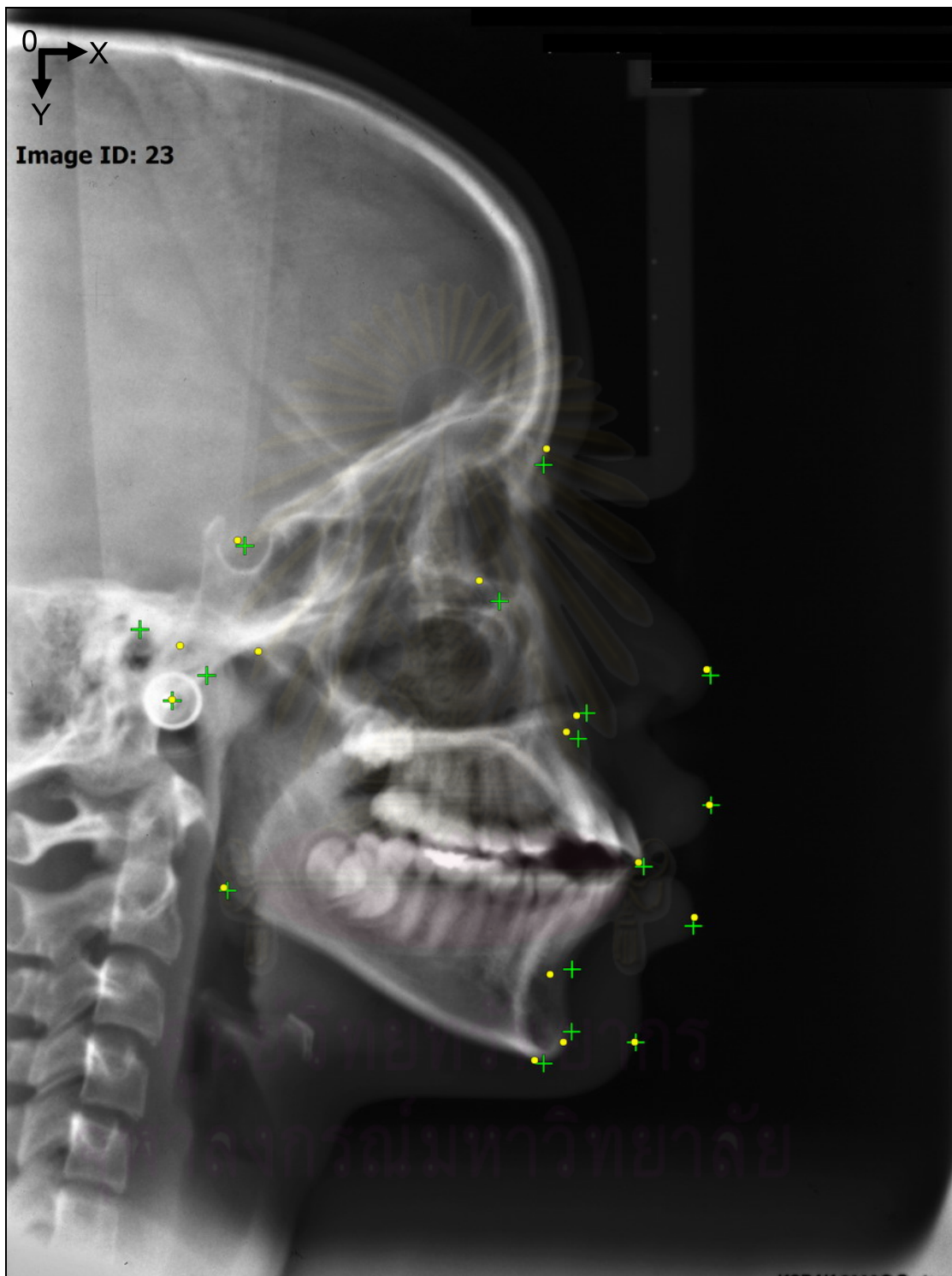
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.19 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:22

ตารางที่ ก.19 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:22

Image ID: 22					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	607	1291	621	1091
2.	Nasion	1367	1099	1359	1102
3.	Orbitale	1318	1410	1350	1441
4.	Anterior nasal spine	1481	1662	1432	1716
5.	Subspinale	1466	1707	1427	1700
6.	Incision superius	1498	1992	1501	1980
7.	Supramentale	1423	2130	1414	2135
8.	Pogonion	1485	2302	1470	2326
9.	Menton	1414	2373	1223	2389
10.	Gonion	622	2249	558	2085
11.	Point C or Capitulare	524	1603	523	1599
12.	Porion	370	1497	366	1526
13.	Pronasion	1721	1547	1712	1538
14.	Labrale superius	1671	1855	1668	1860
15.	Labrale Inferius	1643	2029	1639	2045
16.	Soft tissue Pogonion	1628	2299	1489	2326
17.	Ear Rod	407	1566	402	1560

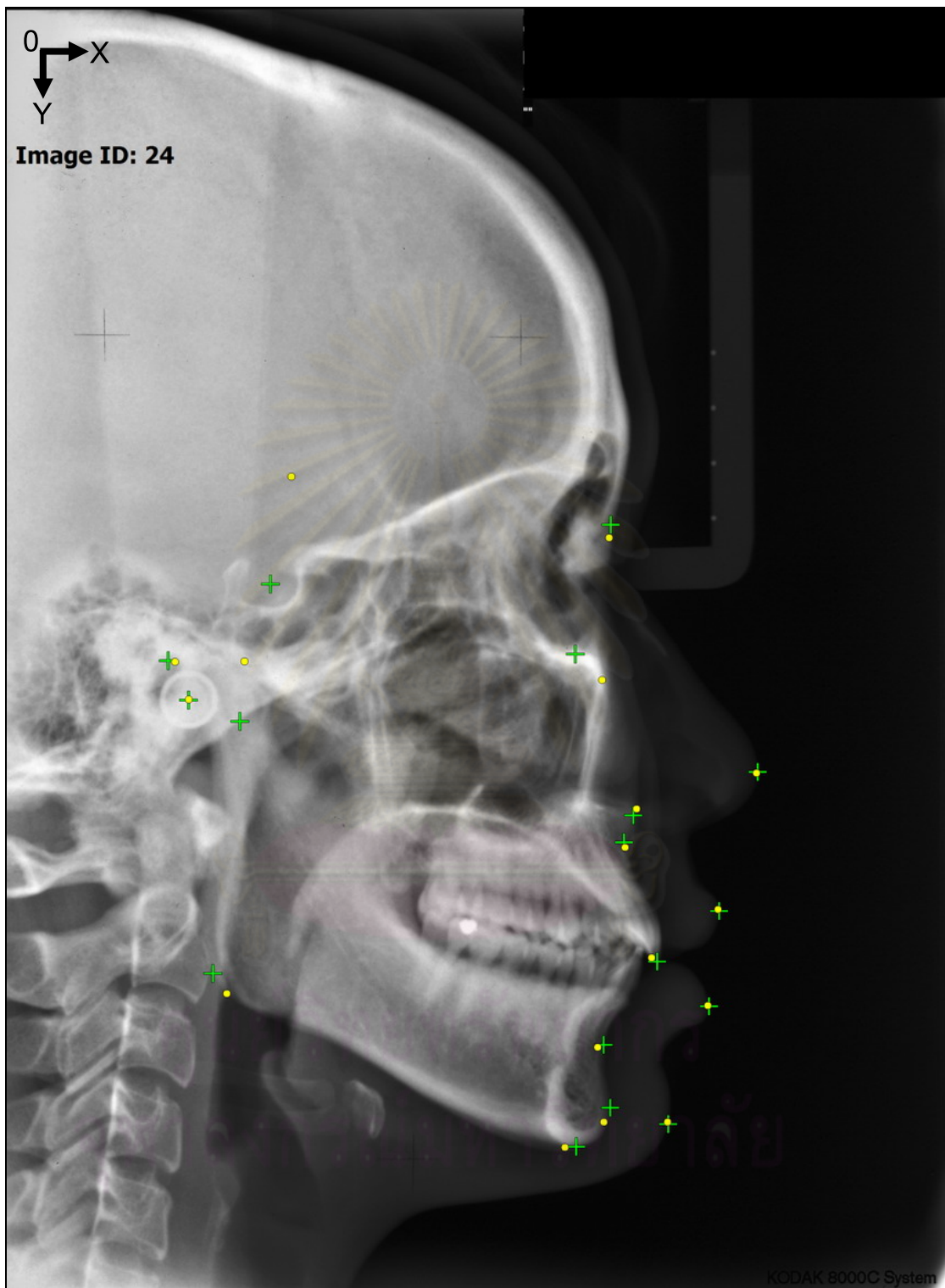


รูปที่ ก.20 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:23

ตารางที่ ก.20 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:23

Image ID: 23					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	537	1217	520	1204
2.	Nasion	1212	1034	1218	997
3.	Orbitale	1112	1342	1066	1295
4.	Anterior nasal spine	1309	1595	1286	1600
5.	Subspinale	1290	1653	1263	1637
6.	Incision superius	1438	1942	1426	1932
7.	Supramentale	1276	2174	1226	2185
8.	Pogonion	1275	2315	1256	2338
9.	Menton	1212	2387	1191	2379
10.	Gonion	498	1996	489	1989
11.	Point C or Capitulare	451	1510	567	1455
12.	Porion	300	1406	390	1442
13.	Pronasion	1589	1510	1580	1496
14.	Labrale superius	1590	1803	1586	1802
15.	Labrale Inferius	1550	2076	1552	2056
16.	Soft tissue Pogonion	1420	2339	1417	2338
17.	Ear Rod	373	1567	372	1564

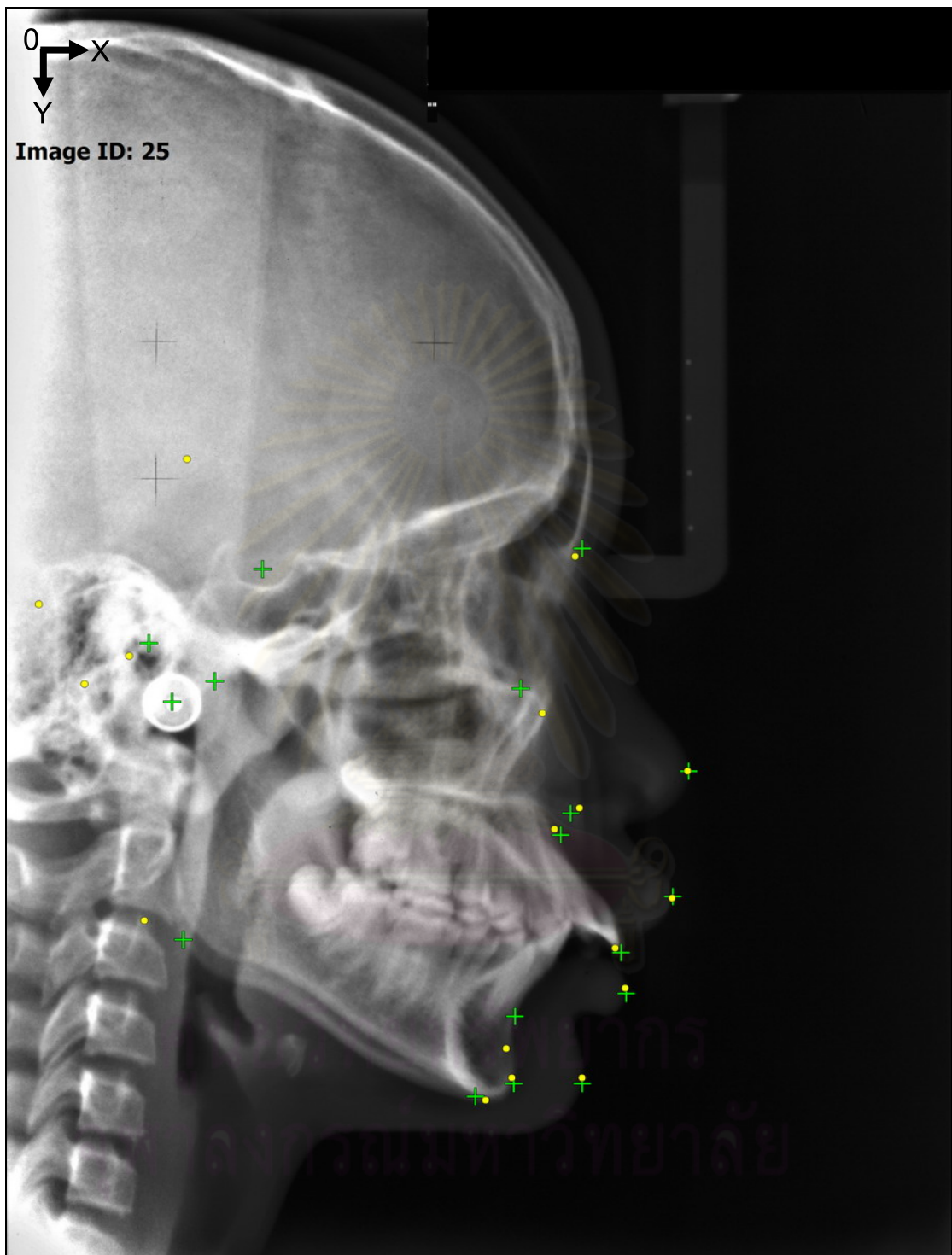
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.21 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:24

ตารางที่ ก.21 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:24

Image ID: 24					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	595	1302	642	1059
2.	Nasion	1364	1168	1360	1197
3.	Orbitale	1284	1460	1344	1518
4.	Anterior nasal spine	1415	1824	1422	1809
5.	Subspinale	1394	1885	1396	1896
6.	Incision superius	1469	2154	1456	2145
7.	Supramentale	1348	2342	1334	2347
8.	Pogonion	1363	2484	1348	2516
9.	Menton	1286	2572	1260	2573
10.	Gonion	465	2181	496	2226
11.	Point C or Capitulare	526	1612	536	1476
12.	Porion	364	1475	379	1477
13.	Pronasion	1696	1726	1693	1728
14.	Labrale superius	1609	2040	1606	2036
15.	Labrale Inferius	1586	2255	1583	2253
16.	Soft tissue Pogonion	1494	2521	1492	2516
17.	Ear Rod	410	1564	410	1562

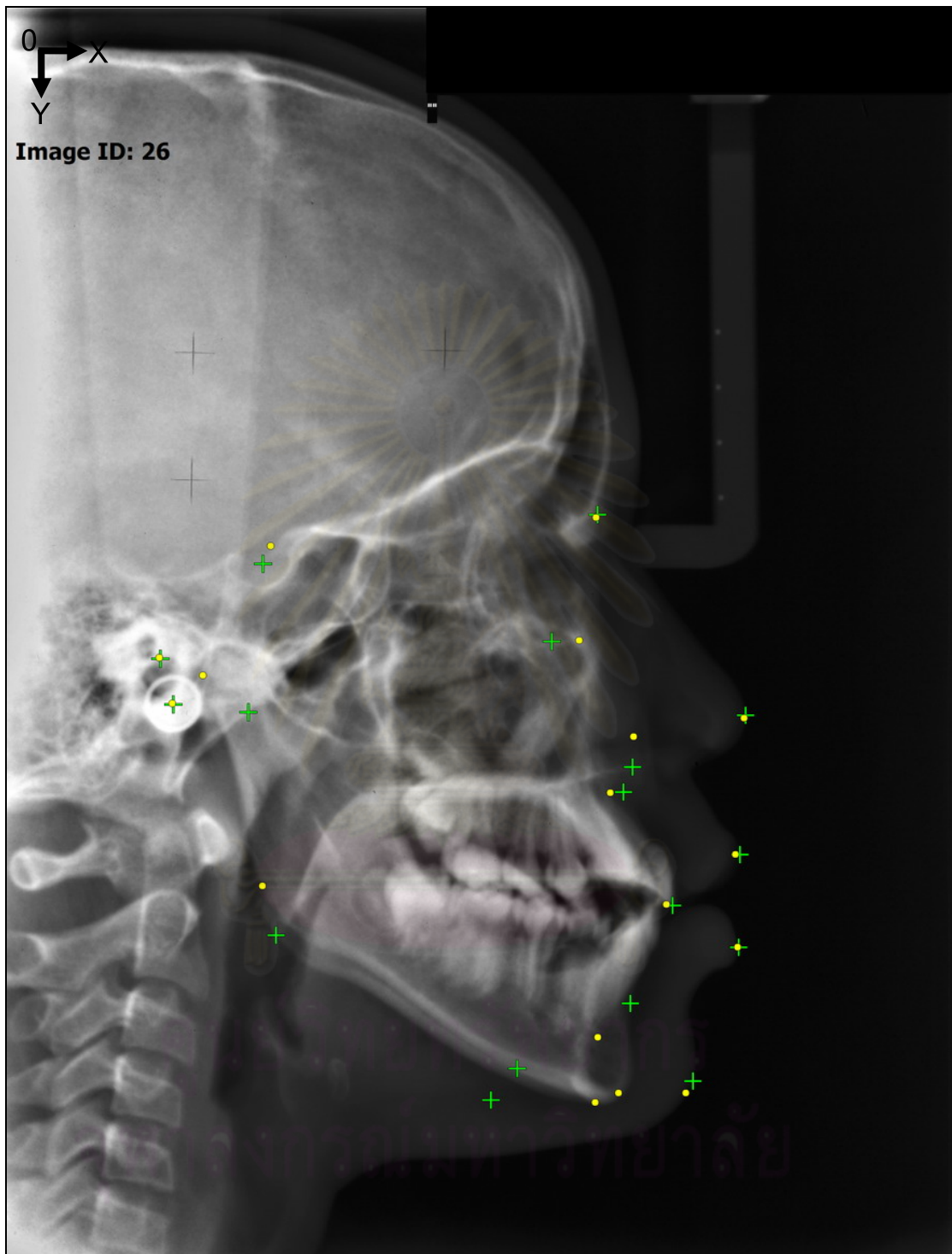


รูปที่ ก.22 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:25

ตารางที่ ก.22 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:25

Image ID: 25					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	593	1304	417	1048
2.	Nasion	1335	1256	1318	1274
3.	Orbitale	1192	1581	1242	1638
4.	Anterior nasal spine	1308	1871	1328	1858
5.	Subspinale	1285	1921	1270	1907
6.	Incision superius	1425	2194	1411	2183
7.	Supramentale	1179	2342	1158	2416
8.	Pogonion	1176	2498	1171	2484
9.	Menton	1087	2528	1110	2536
10.	Gonion	409	2164	318	2119
11.	Point C or Capitulare	482	1564	283	1505
12.	Porion	329	1476	73	1385
13.	Pronasion	1582	1773	1579	1772
14.	Labrale superius	1545	2064	1543	2067
15.	Labrale Inferius	1437	2289	1434	2276
16.	Soft tissue Pogonion	1335	2498	1334	2484
17.	Ear Rod	383	1612	179	1570

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.23 ผลลัพธ์การกำหนดตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:26

ตารางที่ ก.23 เปรียบเทียบตำแหน่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะของ Image ID:26

Image ID: 26					
ลำดับ	จุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะ	ทันตแพทย์		ระบบ	
		X	Y	X	Y
1.	Sella	593	1290	610	1248
2.	Nasion	1368	1176	1364	1182
3.	Orbitale	1262	1470	1325	1467
4.	Anterior nasal spine	1449	1761	1451	1690
5.	Subspinale	1428	1819	1397	1820
6.	Incision superius	1542	2082	1527	2079
7.	Supramentale	1444	2309	1368	2387
8.	Pogonion	1182	2460	1416	2516
9.	Menton	1121	2533	1362	2538
10.	Gonion	623	2151	591	2036
11.	Point C or Capitulare	559	1634	453	1548
12.	Porion	355	1510	352	1507
13.	Pronasion	1711	1641	1707	1647
14.	Labrale superius	1698	1964	1687	1963
15.	Labrale Inferius	1695	2179	1692	2178
16.	Soft tissue Pogonion	1589	2489	1572	2516
17.	Ear Rod	385	1616	382	1613

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเอกรัชต์ ปฏิภากรมณฑล เกิดวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2525 กรุงเทพมหานคร สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2547 หลังจากนั้นได้เข้ามาศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550 และได้นำบทความในงานประชุม วิชาการ 2 บทความได้แก่

บทความเรื่อง “การค้นหาค่าแห่งของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ” นำเสนอในงานประชุมวิชาการ The 7th National Conference on Computing and Information Technology จัดที่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ระหว่างวันที่ 11 - 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2554 บทความนี้ตีพิมพ์ไว้ใน Proceedings of The 7th National Conference on Computing and Information Technology

บทความเรื่อง “การค้นหาวรรณของจุดกำหนดภาพรังสีวัดศีรษะแบบอัตโนมัติ” นำเสนอ ในงานประชุมวิชาการ The 8th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering จัดที่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหิดล ระหว่างวันที่ 11 – 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2554 บทความนี้ตีพิมพ์ไว้ใน The International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย