การประเมินผลการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะโดยวิธีการมิกซ์วาริเอเบอร์เทสโชดิง ในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมสำหรับการฉายรังสี บริเวณศีรษะและลำคอ

The evaluation of metal artifacts reduction using mixed variable thresholding method on cone beam computed tomography images for head and neck cancer radiotherapy

ณฐพร บัวแก้ว[1], กิตติพล เดชะวรกุล[2], ฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก[3]

[1]สาขาฟิสิกส์การแพทย์ ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

[2]สาขาวิชาฟิสิกส์การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การแพทย์เจ้าฟ้าจุฬาภรณ์ ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์

[3]ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้นิพนธ์ประสานงาน

ณฐพร บัวแก้ว

สาขาฟิสิกส์การแพทย์ ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

อีเมล: Natapornb60@email.nu.ac.th

Nataporn Buakaew[1], Kittipol Dachaworakul[2], Titipong Kaewlek[3]

[1]Medical Physics Program, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Muang, Phisanulok, Thailand, 65000

[2]Medical Physics Program, Faculty of Medicine and Public Health, HRH Princess Chulabhorn College of Medical Science, Chulabhorn Royal Academy, Lak si, Bangkok, 10210

[3]Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Muang, Phisanulok, Thailand, 65000

Corresponding author

Nataporn Buakaew

Medical Physics Program, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Muang, Phisanulok, Thailand, 65000

E-mail: Natapornb60@email.nu.ac.th

Submitted: Dec 24,2019

Revised: Feb 24, 2020

Accepted: Mar 3, 2020

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมบริเวณศีรษะและลำคอในผู้ป่วยมีการอุดฟันหรือฝังรากฟันเทียมโดยมีส่วนผสมของโลหะ จะปรากฏสิ่งแปลกปลอมโลหะ ทำให้ภาพที่ได้มีคุณภาพลดลง ในปัจจุบันมีวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมชนิดนี้หลายวิธี การใช้ชุดคำสั่งด้วยวิธีการมิกซ์วาริเอเบอร์เทสโชดิงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นอีกวิธีหนึ่งในการลดสิ่งแปลกปลอมดังกล่าว

วัตถุประสงค์: เพื่อประเมินผลการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะโดยวิธีการมิกซ์วาริเอเบอร์เทสโชดิงของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมบริเวณศีรษะและลำคอที่มีสิ่งแปลกปลอมโลหะ

วัสดุและวิธีการ: นำข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมของหุ่นจำลองบริเวณศีรษะและลำคอที่มีสกรูโลหะจำนวน 1 และ 2 ชิ้น รวมทั้งภาพของผู้ป่วยที่มีสิ่งแปลกปลอมโลหะจำนวน 4 ราย มาผ่านการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะด้วยวิธีการมิกซ์วาริเอเบอร์เทสโชดิง เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ โดยคำนวณหาร้อยละการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณรบกวนในบริเวณที่มีสิ่งแปลกปลอมโลหะลักษณะเป็นแถบสีขาว แถบสีดำ และบริเวณที่ไม่มีสิ่งแปลกปลอม รวมทั้งวิเคราะห์โปรไฟล์ของภาพที่ได้

ผลการศึกษา: ภาพหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะมีคุณภาพที่ดีกว่าภาพเริ่มต้น โดยภาพหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะทั้งบริเวณที่เกิดเป็นแถบสีขาวและแถบสีดำจะพบร้อยละการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณรบกวนสูงกว่าภาพที่ไม่มีสิ่งแปลกปลอมโลหะ และลักษณะโปรไฟล์ที่มีความเรียบมากกว่า ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกันทั้งในภาพของหุ่นจำลองดังกล่าวและในภาพของผู้ป่วยทั้ง 4 ราย

ข้อสรุป: วิธีการมิกซ์วาริเอเบอร์เทสโชดิงสามารถลดสิ่งแปลกปลอมโลหะบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมบริเวณศีรษะและลำคอที่มีสิ่งแปลกปลอมโลหะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ, อุดฟัน, รากฟันเทียม, เอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีม

Abstract

Background: Cone beam computed tomography (CBCT) images in head and neck region of patient with metal component of dental fillings or implants has metal artifacts which degrading image quality. Recently, there are several methods to reduce these metal artifacts. Programming algorithms of Mixed Variable Thresholding (MixVT) method is one of those methods.

Objective: To evaluate results of metal artifacts reduction using MixVT method in CBCT images with metal artifacts of head and neck region.

Materials and methods: MixVT method was applied to CBCT images of the head and neck phantom, which had a single metal screw and two metal screws, and 4 patients with metal artifacts. The results of metal artifact reduction were evaluated by comparing of the percent noise change in the areas of hyperdense, hypodense and no artifacts, as well as the line profile between initial and artifact-reduced images.

Results: The artifact-reduced images had better image quality than the initial one. The percent noise change both in the areas of hypodense and hyperdense artifacts were higher than in the area of no artifacts, and more smoothness of the line profile than the initial images. The results were the same in all CBCT images of the phantom and the patients.

Conclusion: MixVT method can effectively reduce metal artifacts on CBCT images of the head and neck patients with metal artifacts.

Keywords: metal artifacts reduction, dental filling, implants, cone-beam computed tomography

J Thai Assoc Radiat Oncol 2020; 26(1): R1-R12

บทนำ

ระบบถ่ายภาพนำวิถี (Image-guidance radiotherapy: IGRT)[1] ด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีม (Cone-beam computed tomography: CBCT)[2] ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากการฉายรังสีด้วยเทคนิคขั้นสูง เช่น การฉายรังสีปรับความเข้มหมุนรอบตัวผู้ป่วย (Volumetric Modulated Radiation Therapy: VMAT)[3] จำเป็นต้องมีความแม่นยำในการกำหนดตำแหน่งและตรวจสอบขนาดของก้อนมะเร็ง รวมถึงขนาดของผู้ป่วยที่เปลี่ยนแปลงไป สำหรับการใช้พลังงานระดับกิโลโวลต์ในการสร้างภาพ จะทำให้เห็นลักษณะของเนื้อเยื่อของอวัยวะต่างๆได้ชัดเจน ลักษณะสามมิติ คล้ายคลึงกับภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวางแผนการรักษาและคำนวณปริมาณรังสี จึงทำให้ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอที่มีความซับซ้อนของลักษณะทางกายวิภาค จำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งที่ฉายอยู่กับตำแหน่งที่ทำการจำลองการรักษา เพื่อหลีกเลี่ยงปริมาณรังสีต่ออวัยวะสำคัญข้างเคียงให้ได้มากที่สุด

เมื่อถ่ายภาพ CBCT ผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอที่มักจะมีการอุดฟันหรือฝังรากฟันเทียมซึ่งเป็นวัสดุที่มีเลขอะตอมสูง[4] จะทำให้เกิดสิ่งแปลกปลอมมีลักษณะเป็นแถบสีขาว (hyperdense) หรือสีดำ (hypodense)[5] บดบังตำแหน่งของก้อนมะเร็งหรืออวัยวะที่สำคัญ ส่งผลให้การติดตามตำแหน่งก้อนมะเร็งระหว่างการฉายรังสีเกิดความผิดพลาด และยังส่งผลต่อการคำนวณปริมาณรังสีทำให้การกระจายปริมาณรังสีที่ไม่ถูกต้องในบริเวณที่เกิดสิ่งแปลกปลอมดังกล่าวได้ วิธีการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะด้วยอัลกอริทึมจะสามารถช่วยลดสิ่งแปลกปลอมเหล่านั่นได้ ซึ่งวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท คือวิธีการการคำนวณแบบวนซ้ำ (Iterative)[6,7] ที่ให้คุณภาพของภาพที่ดีขึ้นแต่ใช้เวลาในการคำนวณที่ค่อนข้างนาน และวิธีการประมาณค่า (Interpolation) ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่า ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาผลการลดสิ่งแปลกปลอมโดยใช้อัลกอริทึมมิกซ์วาริเอเบอร์เทสโชดิง[8] ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการประมาณค่า บนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมบริเวณศีรษะและลำคอที่มีการอุดฟันหรือฝังรากฟันเทียม

วัสดุและวิธีการ

การเก็บข้อมูลภาพ

1. นำหุ่นจำลองศีรษะและลำคอ ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 เซนติเมตร หนา 3 เซนติเมตร ทำจากสบู่ที่เป็นกลีเซอรอล (Glycerol)[9]

ที่มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่น เป็นสารจำพวกโพลิไฮดริกแอลกอฮอล์ (Polyhydric alcohol) ที่มีสูตรโมเลกุล คือ C3H8O3 สำหรับเป็นวัสดุแทนเนื้อเยื่อ ใช้แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate; CaCO3) ผสมกับเรซิ่น (Resin) ในอัตราส่วน 1:1 สำหรับเป็นวัสดุแทนฟัน และใช้เหล็ก (Iron; Fe-26) สำหรับเป็นวัสดุแทนรากฟันเทียม แสดงดัง**ภาพที่ 1** มาถ่ายภาพด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีม

ข้อมูลภาพที่ได้จากเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมของหุ่นจำลองศีรษะบริเวณฟันบน ประกอบด้วยภาพจากหุ่นจำลองที่ไม่มีและมีโลหะรากฟันเทียม จำนวน 1 และ 2 ชิ้น ของเครื่องฉายรังสีย่ีห้อ Varian (Varian Medical System. Inc., Palo Alto, CA) รุ่น TrueBeam ที่มีอุปกรณ์รับภาพวางตัวในทิศตรงกันข้ามกัน (On-board imager: OBI)



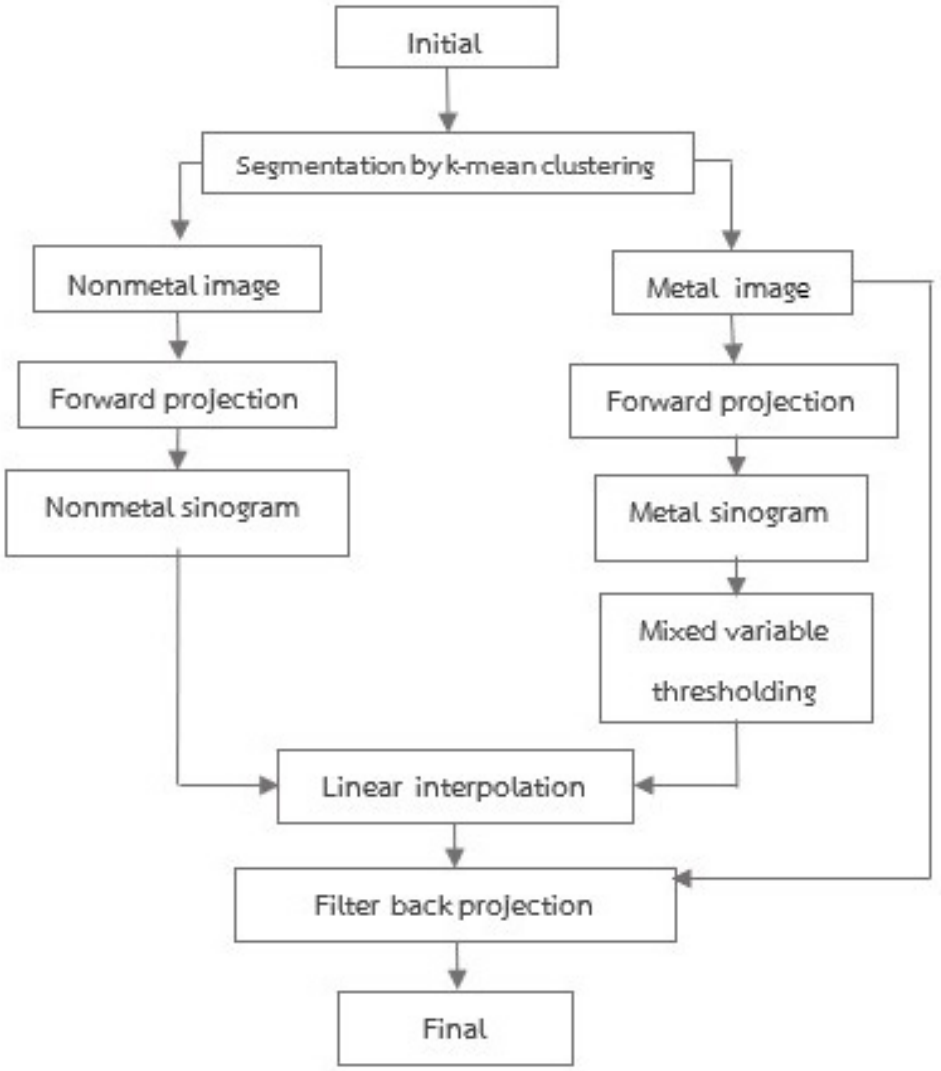
ภาพที่ 1 ก) และ ข) หุ่นจำลองที่มีฟันปลอมและโลหะจำนวน 1 ชิ้น และ 2 ชิ้น ตามลำดับ

2. ข้อมูลภาพถ่ายเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมของผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอที่มีการอุดฟันหรือฝังรากฟันเทียม โดยมีโลหะ 1 ชิ้น จำนวน 2 ราย และมีโลหะ 2 ชิ้น จำนวน 2 ราย รวมทั้งหมดทั้งหมด 4 ราย จากแผนกรังสีวิทยา หน่วยงานรังสีรักษา โรงพยาบาลจุฬาภรณ์

วิธีการศึกษา

การลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ[8]

จากข้อมูลภาพในข้างต้น นำมาลดสิ่งแปลกปลอมโลหะผ่านการใช้ชุดคำสั่งด้วยวิธีการมิกซ์วาริเอเบอร์เทสโชดิงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยขั้นตอนแรกจะทำการแยกส่วนที่เป็นโลหะและไม่ใช่โลหะในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมออกจากกันโดยวิธีการ k-mean clustering หลังจากนั้นจะแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปไซโนแกรม นำไซโนแกรมส่วนโลหะมาทำการหาขอบเขตของแนวเส้นโลหะ โดยวิธีการ Mixed variable thresholding หลังจากนั้นนำไซโนแกรมส่วนโลหะและไม่ใช่โลหะมาทำการประมาณค่าแบบเชิงเส้น (Linear Interpolation) เพื่อประมาณค่าข้อมูลตามที่กำหนดขอบเขตส่วนของโลหะไว้ จากนั้นทำการสร้างภาพใหม่โดยวิธี Filter back projection แล้วใส่ข้อมูลภาพชิ้นส่วนโลหะที่ตัดออกมาในขั้นตอนแรก เพื่อให้ได้ภาพที่สมบูรณ์และลดสิ่งแปลกปลอมโลหะออกไป แสดงดัง**ภาพที่ 2**



ภาพที่ 2 วิธีการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะด้วยวิธี Mixed-variable thresholding

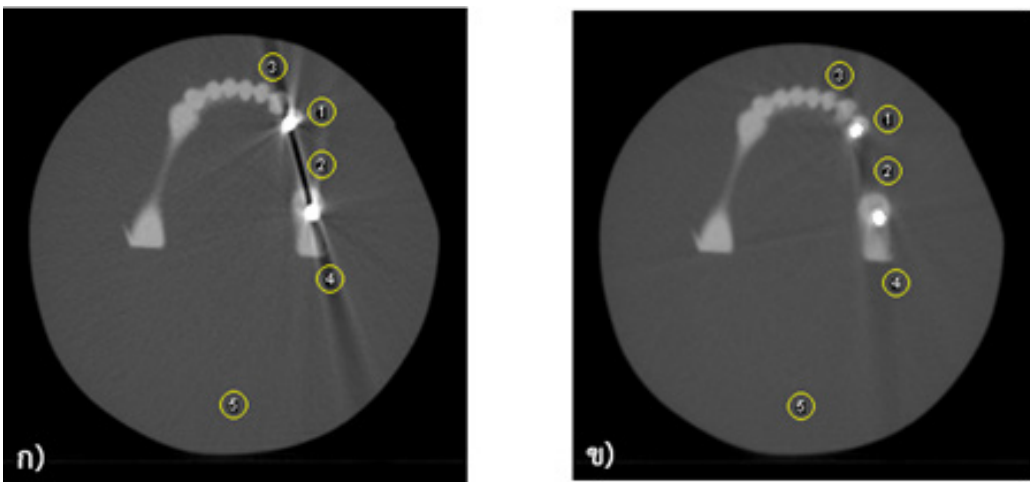
วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินคุณภาพของภาพ

1) ประเมินค่าสัญญาณรบกวนของภาพ (Noise) การประเมินจะทำการกำหนดพื้นที่ที่สนใจ (Region of interest :ROI) จำนวน 5 ตำแหน่ง ขนาด 0.8 x 0.8 ตารางเซนติเมตร โดยวางให้ ROI 1 และ 2 อยู่บริเวณที่มีสิ่งแปลกปลอมสีขาว ส่วน ROI 3 และ 4 อยู่บริเวณที่มีสิ่งแปลกปลอมสีดำ และ ROI 5 คือบริเวณที่ไม่มีสิ่งแปลกปลอม การวางตำแหน่งการประเมินค่าสัญญาณรบกวนของภาพ แสดงดังภาพที่ 3 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) ของภาพในหน่วย HU มาคำนวณหาร้อยละการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณรบกวน (% Noise change)[10] แสดงใน**สมการที่ 1**

% Noise Change= SDb-SDaSDbx 100 (1)

เมื่อ SDb คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากภาพก่อนการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ
SDa คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากภาพหลังการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ

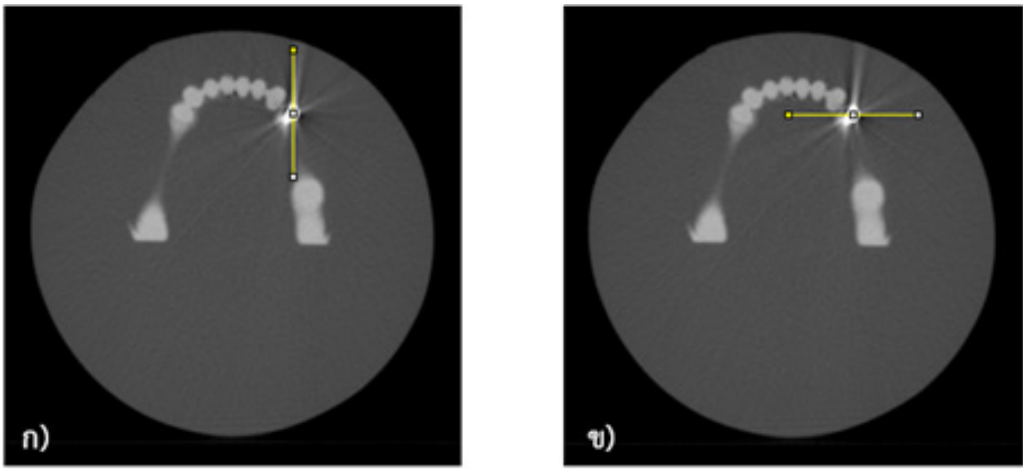


ภาพที่ 3 กำหนดพื้นที่ที่สนใจ (region of interest) ของภาพ ก) ภาพก่อนลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ ข) ภาพหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ

2) พิจารณาค่าโปรไฟล์ในแนวตั้งและแนวนอนของภาพก่อนการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะเปรียบเทียบกับภาพหลังการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ แสดงดัง**ภาพที่ 4**

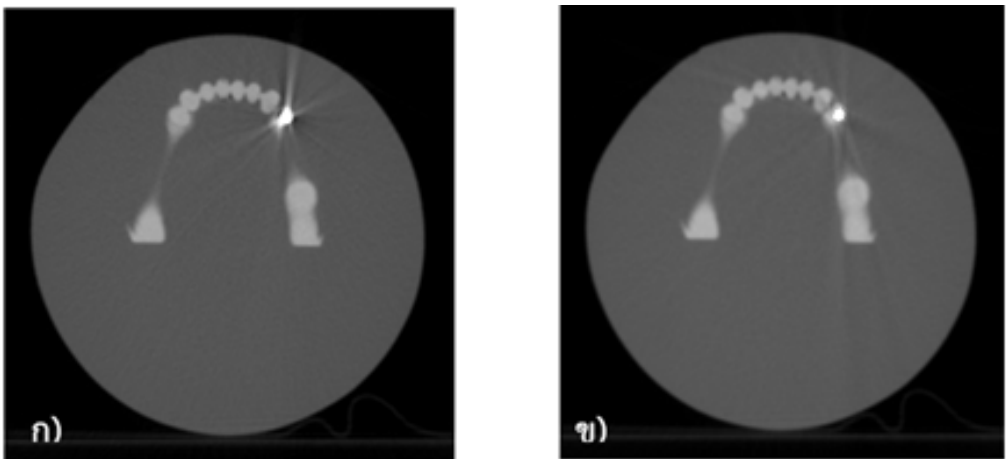
ผลการศึกษา

การลดสิ่งแปลกปลอมโลหะบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ด้วยวิธีการ Mixed-Variable Thresholding

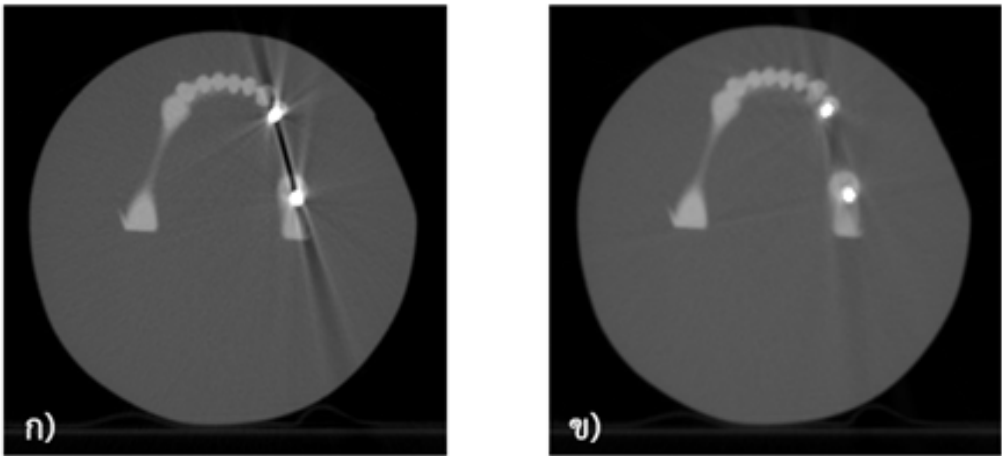


ภาพที่ 4 แสดงแนวการวัดค่าโปรไฟล์ใน ก) แนวตั้ง และ ข) แนวนอน

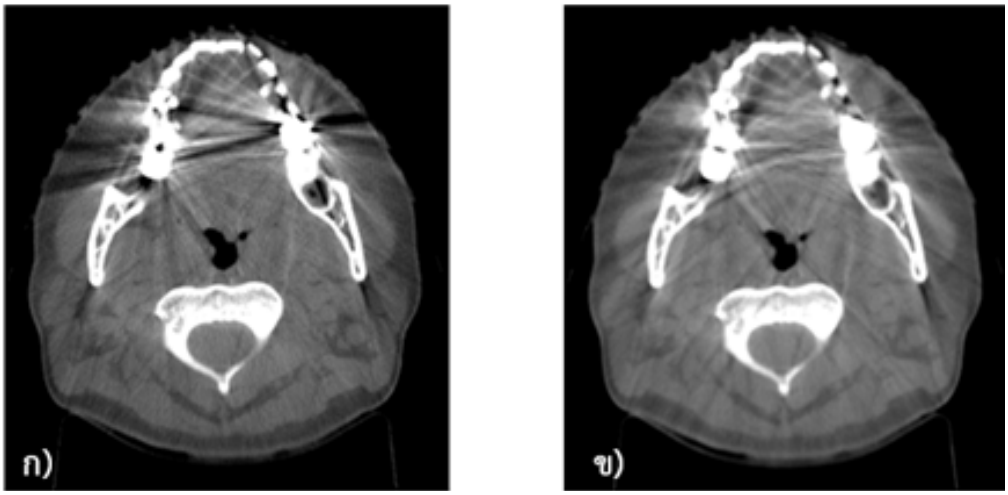
เปรียบเทียบกันระหว่างภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมของหุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีโลหะจำนวน 1 และ 2 ชิ้น แสดงดัง**ภาพที่ 5 และ 6** ตามลำดับ พบว่าภาพหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะมีคุณภาพที่ดีกว่าภาพเริ่มต้น โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณรบกวนที่มากกว่าในบริเวณที่มีสิ่งแปลกปลอมโลหะลักษณะเป็นแถบสีขาวและสีดำ มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณรบกวนที่น้อยกว่าในบริเวณที่ไม่มีสิ่งแปลกปลอมโลหะ สัญญาณรบกวนของภาพวัดได้จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในพื้นที่ที่สนใจ เมื่อสัญญาณรบกวนมีค่าลดลงนั่นคือภายในพื้นที่ที่สนใจมีค่าเลขซีที (CT Number) ใกล้เคียงกันมากขึ้น ทำให้คุณภาพของภาพดีขึ้น เช่นเดียวกับในภาพผู้ป่วยที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แสดงดัง**ภาพที่ 7** ซึ่งร้อยละความแตกต่างระหว่างสัญญาณรบกวนของภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมแสดงดัง**ภาพที่ 8** แนวเส้นค่าโปรไฟล์ของภาพหุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีโลหะจำนวน 1 ชิ้น 2 ชิ้น และภาพผู้ป่วย หลังลดสิ่งแปลกปลอมมีค่าใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อมากขึ้น แสดงดัง**ภาพที่ 9, 10 และ 11** ตามลำดับ



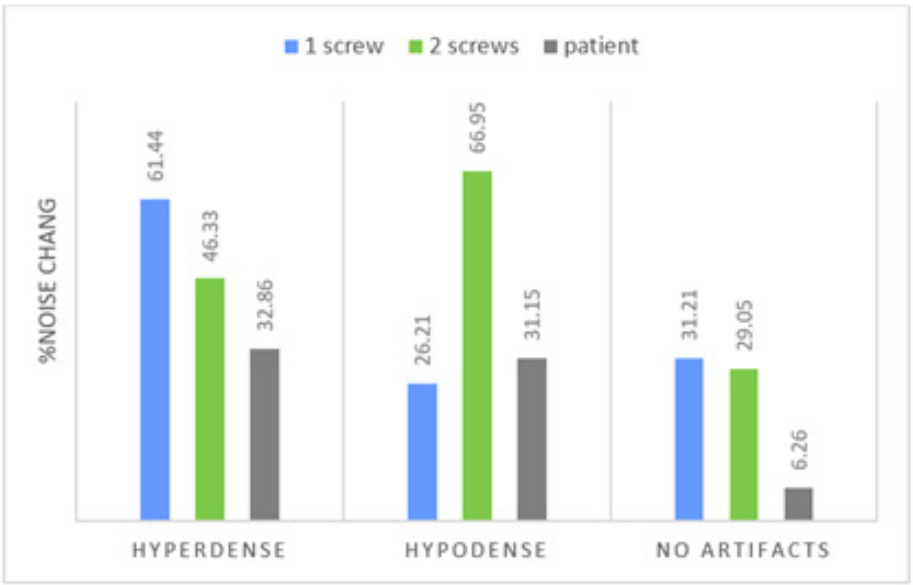
ภาพที่ 5 แสดงภาพหุ่นจำลองที่มีโลหะจำนวน 1 ชิ้น ก) ภาพก่อนลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ ข) ภาพหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ



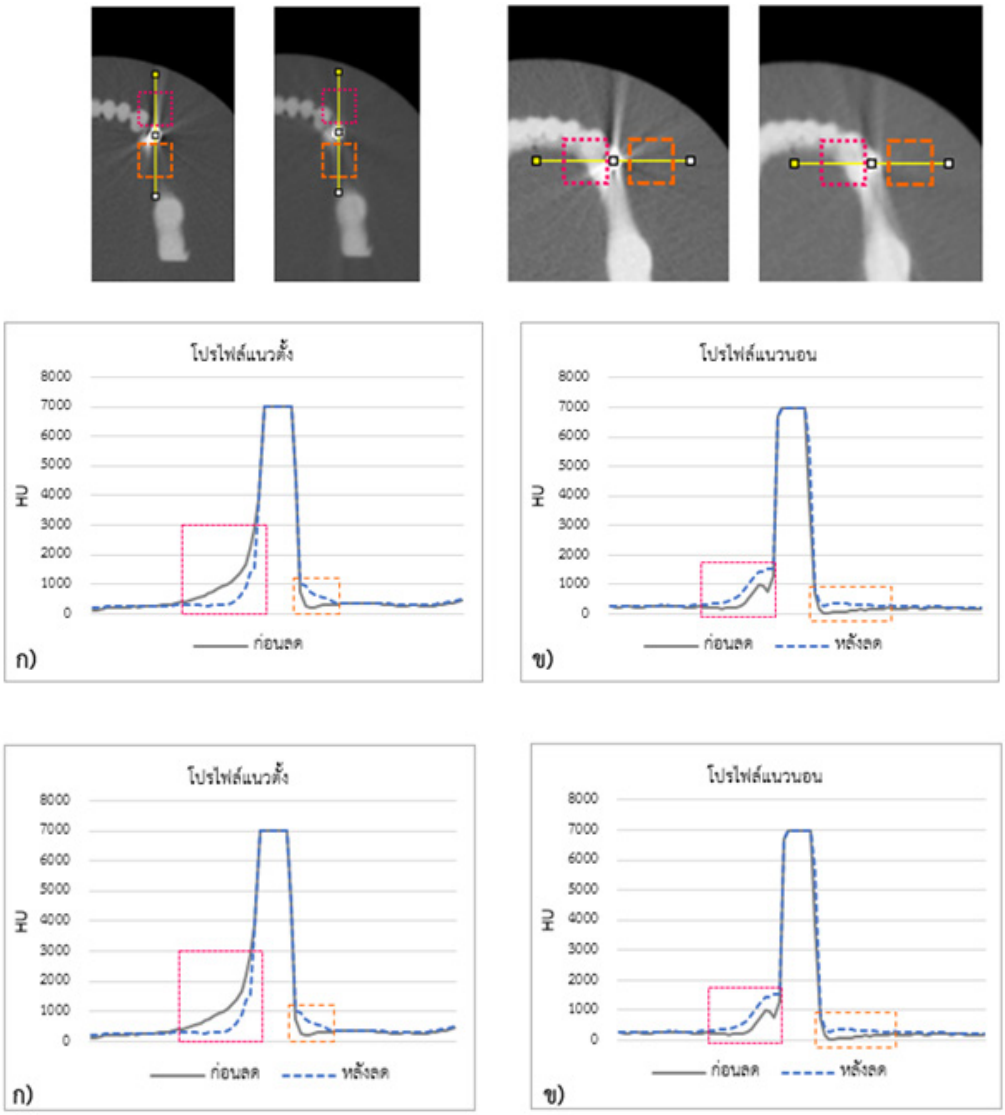
ภาพที่ 6 แสดงภาพหุ่นจำลองที่มีโลหะจำนวน 2 ชิ้น ก) ภาพก่อนลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ ข) ภาพหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ



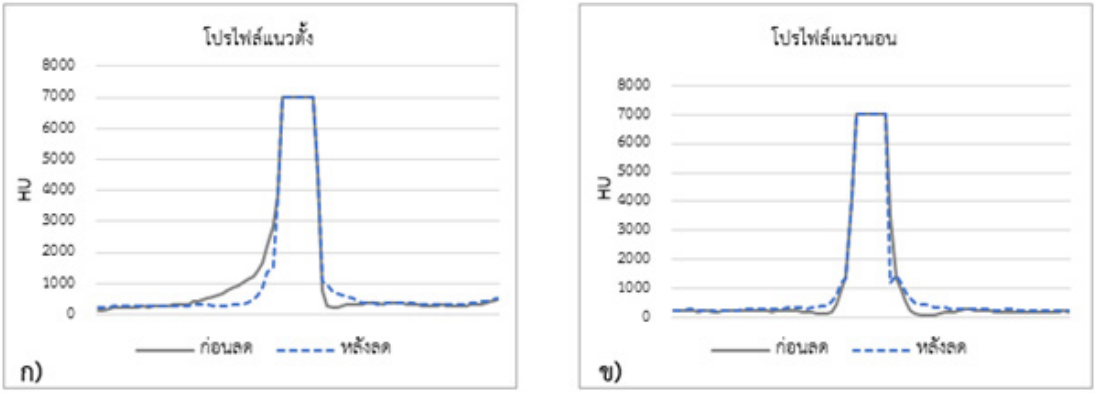
ภาพที่ 7 แสดงภาพผู้ป่วยที่มีการอุดฟัน ก) ภาพก่อนลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ ข) ภาพหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ



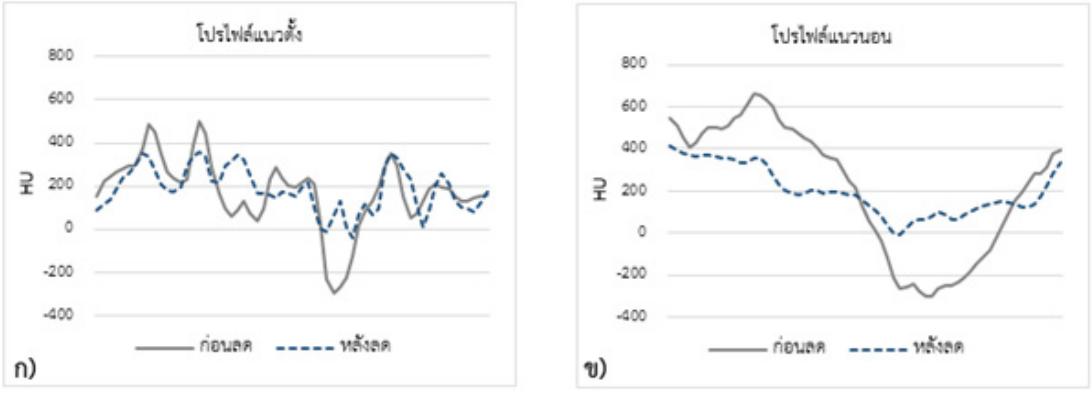
ภาพที่ 8 แสดงความแตกต่างระหว่างสัญญาณรบกวนของภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะในภาพหุ่นจำลองศีรษะและลำคอ ที่มีโลหะ 1 ชิ้น และ 2 ชิ้น และในภาพผู้ป่วย



ภาพที่ 9 แสดงโปรไฟล์ของภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะในภาพหุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีโลหะ 1 ชิ้น ก) โปรไฟล์แนวตั้ง ข) โปรไฟล์แนวนอน เมื่อเส้น คือบริเวณก่อนถึงโลหะ และเส้น คือบริเวณหลังจากโลหะ



ภาพที่ 10 แสดงโปรไฟล์ของภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะในภาพหุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีโลหะ 2 ชิ้น
ก) โปรไฟล์แนวตั้ง ข) โปรไฟล์แนวนอน



ภาพที่ 11 แสดงโปรไฟล์ของภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะในภาพผู้ป่วย
ก) โปรไฟล์แนวตั้ง ข) โปรไฟล์แนวนอน

บทวิจารณ์

การลดสิ่งแปลกปลอมโลหะด้วยวิธีการ Mixed-Variable Thresholding ในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมสามารถลดแถบสีดำและแถบสีขาวได้ดีทั้งในภาพหุ่นจำลองและภาพผู้ป่วย สำหรับภาพหุ่นจำลองที่มีโลหะจำนวน 1 ชิ้น สิ่งแปลกปลอมที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นสีขาว ทำให้ค่าร้อยละความแตกต่างระหว่างสัญญาณรบกวนของภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมบริเวณ hyperdense มีค่าสูง เท่ากับร้อยละ 61.44 ในส่วนของภาพหุ่นจำลองที่มีโลหะจำนวน 2 ชิ้น ซึ่งแถบสีดำจะปรากฏเป็นแถบยาว และมีแถบสีขาวรอบๆโลหะ ค่าร้อยละความแตกต่างระหว่างสัญญาณรบกวนของภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมบริเวณ hypodense จึงมีค่าสูงถึงร้อยละ 66.95 แสดงดัง**ภาพที่ 8** ในส่วนของภาพผู้ป่วยที่มีแถบสีขาวและสีดำเกิดขึ้นเป็นแถบรอบๆบริเวณที่มีการอุดฟัน เมื่อลดสิ่งแปลกปลอมแล้วค่าร้อยละ

ความแตกต่างระหว่างสัญญาณรบกวนของภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมทั้งบริเวณ hyperdense และ hypodense มีการลดลงเท่าๆกัน ซึ่งค่าร้อยละความแตกต่างระหว่างสัญญาณรบกวนของภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมขึ้นกับความรุนแรงของสิ่งแปลกปลอมที่เกิดและตำแหน่งที่วาง ROI เพื่อวัดสัญญาณรบกวน

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เหล็กสำหรับเป็นวัสดุแทนรากฟันเทียมใส่ในหุ่นจำลองเนื่องจากเหล็กมีค่าเลขอะตอมที่สูง เมื่อทำการถ่ายภาพ CBCT ทำให้เกิดแถบของสิ่งแปลกปลอมที่มีลักษณะเช่นเดียวกันกับอะมัลกัมที่ใช้เป็นวัสดุในการอุดฟัน เพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ

สำหรับการประเมินคุณภาพของภาพด้วยค่าโปรไฟล์จะเห็นได้ว่าบริเวณแถบสีขาวและสีดำรอบๆโลหะมีค่าลดลง ดังใน**ภาพที่ 9** ซึ่งบริเวณ hyperdense หรือ แถบสีขาว มีค่าเลขซีทีสูงกว่าเนื้อเยื่อที่มีค่าอยู่ในช่วง +10 ถึง +40 HU[11] ส่วนบริเวณ hypodense หรือแถบสีดำ จะมีค่าน้อยกว่าเนื้อเยื่อ ลักษณะของกราฟค่าโปรไฟล์หลังลดสิ่งแปลกปลอมทั้ง hyperdense และ hypodense มีความราบเรียบมากขึ้นซึ่งใกล้เคียงกับค่าของเนื้อเยื่อโดยรอบที่ไม่มีสิ่งแปลกปลอมรบกวน ทั้งในภาพหุ่นจำลองและภาพผู้ป่วย แสดงดัง**ภาพที่ 9 10 และ 11** ตามลำดับ

วิธีการของอัลกอรึทึมในการศึกษาครั้งนี้หลังจากทำการลดสิ่งแปลกปลอมแล้ว จะต้องทำการสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการ Filter Back Projection ซึ่งมักจะทำให้เกิดสิ่งแปลกปลอมใหม่ขึ้นได้ เมื่อแนวการกำหนดลำรังสีของสร้างภาพใหม่ผ่านบริเวณอวัยวะที่มีเลขอะตอมสูง[12] เช่นกระดูก เป็นต้น

ข้อสรุป

การลดสิ่งแปลกปลอมโลหะบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมของหุ่นจำลองที่มีโลหะจำนวน 1 และ 2 ชิ้น รวมถึงภาพผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอที่มีการอุดฟันหรือฝังรากฟันเทียมด้วยวิธีการ Mixed-Variable Thresholding สามารถทำให้ภาพมีคุณภาพดีขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. ศรีชัย ครุสันธิ์. วิทยาการใหม่ของรังสีรักษา. Srinagarind Med J 2011;26:35-42.
2. ทวีป แสงแห่งธรรม. ระบบภาพในงานรังสีรักษา. มะเร็งวิวัฒน์ วารสารสมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย 2559;22:16-23.
3. ภัทรา จันทวรรณโณ, สมวิไล จักรพันธุ์, สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์. การเปรียบเทียบเชิงรังสีคณิตของแผนรังสีปรับความเข้มเชิงปริมาตรกับแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนในมะเร็งหลังโพรงจมูก. ธรรมศาสตร์เวชสาร 2019;19:18-24.
4. Shilpa S, Uma M. Artifacts in Cone Beam Computed Tomography – A Retrospective study. J Pharm Sci Res 2019; 11:1914-1917.
5. Korpics M, Johnson P, Patel R, Surucu M, Choi M, Emami B, et al.Artifact Reduction in Cone-Beam Computed Tomography for Head and Neck Radiotherapy. Technol Cancer Res Treat. 2016;15:NP88-NP94.

6. Wang G, Vannier MW, Cheng PC. Iterative x-ray cone-beam tomography for metal artifact reduction and local region reconstruction. Microsc Microanal 1999; 5:58-65.
7. Christoffersen CP, Hansen D, Poulsen P, Sorensen TS. Registration-based reconstruction of four-dimensional cone beam computed tomography. IEEE Trans Med Imaging 2013; 32:2064-2077.
8. Kaewlek T, Koolpiruck D, Thongvigitmanee S, Mongkolsuk M, Thammakittiphan S, Tritrakarn SO, et al. Metal artifact reduction and image quality evaluation of lumbar spine CT images using metal sinogram segmentation. J Xray Sci Technol. 2015;23:649-66.
9. ภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร. กลีเซอรอล : การใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตแก๊สสไฮโดรเจน. วารสารวิทยาศาสตร์ ลาดกระบัง 2014; 23:140-159.
10. ฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก และคณะ. ประสิทธิภาพของโปรแกรมลดสิ่งแปลกปนโลหะสำหรับภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมทางทันตกรรม. ธรรมศาสตร์เวชสาร 2015; 15:567-574.
11. D.R. Dance et al. Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students. 1st ed. Austria: International Atomic Energy Agency, 2014.
12. Mouton A, Megherbi N, Van Slambrouck K, Nuyts J, Breckon TP. An experimental survey of metal artefact reduction in computed tomography. J Xray Sci Technol. 2013;21:193-226.