โปรแกรมสำหรับการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์แบบอัตโนมัติด้วยเทคนิคการตรวจนับมุมแบบฮาร์ริส

Automatic stitching program of x-ray images using the Harris corner detection

ธนกฤต ชาญชญานนท์ • อัฟฟาน บือราเฮง • จงวัฒน์ ชีวกุล* • นัที อินา

หลักสูตรรังสีเทคนิค ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Thanakrit Chanchayanon • Affan Bueraheng • Jongwat Cheewakul* • Natee Ina

Radiological Technology Program, Faculty of Medicine, Prince Songkla University, Thailand

*Correspondence to: jongwat.c@psu.ac.th (Jongwat Cheewakul)

Received: 21 December 2020 | Revised: 12 January 2021 | Accepted: 13 January 2021

Thai J Rad Tech 2020;45(1):13-21

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมที่สามารถเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์โดยใช้เทคนิคการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส และเปรียบเทียบการเชื่อมต่อภาพทั้ง 3 เทคนิค คือ เทคนิคตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส วิธีสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ และการเชื่อมต่อภาพที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ของเครื่องเอกซเรย์ซัมซุง ได้ทำการศึกษาโดยใช้ภาพถ่ายทางรังสีจากหุ่นจำลองรยางค์ล่าง 2 ส่วน คือ กระดูกต้นขาส่วนปลายจนถึงปลายเท้า สร้างโปรแกรมเชื่อมต่อการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส และทดสอบความถูกต้องของการเชื่อมต่อภาพโดยเปรียบเทียบกับการเชื่อมต่อภาพ ด้วยวิธีสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์และภาพที่เชื่อมต่อด้วยซอฟต์แวร์ของเครื่องเอกซเรย์ซัมซุงเป็นค่ามาตรฐาน ซึ่งผลการทดสอบพบว่าภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อด้วยวิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริสมีความยาวผิดพลาดร้อยละ 1.14 และมีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 99.43 โดยใช้เวลาในการเชื่อมต่อภาพ 58.39 วินาที ส่วนภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อโดยวิธีสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์มีความยาวผิดพลาดร้อยละ 3.90 และมีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 61.27 เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานโดยใช้เวลาในการเชื่อมต่อภาพ 12.67 วินาที

คำสำคัญ: การตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส, การเชื่อมต่อภาพ, ภาพเอกซเรย์

Abstract

The purposes of this research were to develop a new method of x-ray images stitching by Harris corner detection, and to compare the proposed methods with the correlation coefficient method and the commercial software of the SAMSUNG x-ray machine. We studied using two parts of the lower limb anthropomorphic phantoms. The image stitching accuracy test was then performed and compared with the correlation coefficient method. We used the images that were stitched by the software of the SAMSUNG x-ray machine as the gold standard. The experimental results were compared with previous methods by analyzing based on the same database. It was demonstrated that the error length of 1.14% and the accuracy of 99.43% with 58.39 seconds of image stitching time was found for the images stitched by Harris corner detection. The error length of 3.90% and the accuracy of 61.27% with 12.67 seconds of image stitching time was found for the correlation coefficient method.

Keywords: Harris corner detection, images stitching, x-ray images

บทนำ

การใช้เทคโนโลยีการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์หรือเทคนิค Stitching[1,2] ในการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์หลายๆ ภาพเข้าด้วยกัน เข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้น เนื่องด้วยข้อจำกัดจากขอบเขตของตัวรับภาพเอกซเรย์และการถ่ายภาพเอกซเรย์เพียงครั้งเดียวไม่ครอบคลุมอวัยวะทั้งหมดเพื่อนำไปใช้ประกอบการวินิจฉัยโรครวมถึงการวางแผนการรักษา โดยเฉพาะผู้ป่วยที่เป็นโรคกลุ่ม Varus deformity[3] จะมีการวัดความยาวขาของผู้ป่วยว่ามีความยาวเท่ากันหรือไม่ หรือในกรณีที่ผู้ป่วยไม่สามารถยืนถ่ายภาพเอกซเรย์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานได้ เช่น ผู้ป่วยบนวอร์ด หรือผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ในการติดตามอาการของผู้ป่วยทั้งในระหว่างการผ่าตัดและหลังผ่าตัดเช่นกัน[4,5] นอกจากนี้โปรแกรมสำหรับการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์ยังเป็นซอฟต์แวร์เสริมที่มีนอกเหนือไปจากตัวเครื่องเอกซเรย์โดยการพัฒนาของบริษัท ด้วยต้นทุนที่มีราคาแพงจึงทำให้หลายๆ โรงพยาบาลเลือกที่จะใช้การเชื่อมต่อภาพโดยวิธีดั้งเดิมหรือการเชื่อมต่อภาพด้วยมือซึ่งมีข้อเสียคือใช้เวลานาน ไม่สะดวกสบายและเพิ่มการใช้ทรัพยากรบุคคลมากขึ้น อีกทั้งเทคโนโลยีการเชื่อมต่อภาพมีหลากหลายวิธี เช่น วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ วิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส ฯลฯ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาโดยใช้โปรแกรมการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์ด้วยเทคนิคการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริสในการเชื่อมต่อภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการสร้างโปรแกรมสำหรับการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์แบบอัตโนมัติด้วยเทคนิคการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส ที่สร้างโดยโปรแกรม MATLAB และทดสอบความถูกต้องของการเชื่อมต่อภาพโดยนำไปเปรียบเทียบกับการเชื่อมต่อภาพด้วยเทคนิค Correlation Coefficient โดยที่มีภาพที่เชื่อมต่อด้วยซอฟต์แวร์ของเครื่องเอกซเรย์ยี่ห้อ SAMSUNG เป็นค่ามาตรฐาน (gold standard)

การหามุมของภาพด้วยวิธีฮาร์ริส (The Harris Corner Detector)[8,9,10]

The Harris Corner Detector เป็นเทคนิคการหาจุดที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีจุดเด่นในเรื่องของ ความแม่นยำของการหมุนสเกล ลดความแปรปรวนของภาพลง หลักการของ Harris Corner Detector มาจากการค้นหาจุดมุมของภาพ[4] โดยมุมของภาพจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณทั้งสองแนว ดังภาพที่ 1

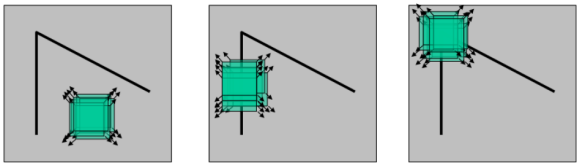
จากภาพที่ 1 (A) จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของภาพที่ไม่มีมุมหรือภาพมีลักษณะแบนราบ ที่เรียกว่า Flat จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณทั้งในแนวตั้งและแนวนอน เช่นเดียวกันกับภาพที่ 1 (B) ที่มีองค์ประกอบของภาพที่ไม่มีมุมหรือภาพมีลักษณะเป็นขอบ ที่เรียกว่า Edge จะมีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณเพียงแค่แนวเดียวเท่านั้น แต่ในภาพที่ 3 องค์ประกอบของภาพที่มีมุมหรือภาพมีลักษณะเป็นมุม ที่เรียกว่า Corner จะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณทั้งในแนวตั้งและแนวนอน

และจากหลักการดังกล่าวสามารถเขียนเป็นสมการการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ 3 (Change of intensity) เมื่อกำหนดให้การเลื่อน [u, v] ได้ดังสมการที่ (1)

$$E(u,v) = \sum_{x,y} w(x,y)[I(x+u, y+v) - I(x,y)]^2 \quad (1)$$

Window function | Shifted intensity | Intensity

จากสมการ window function จะแสดงถึงอาณาเขตที่เราจะให้อัลกอริทึมการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริสจะเข้าไปจับกับมุมของภาพ, Shifted intensity จะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มทั้งแกน x และ y ,Intensity จะแสดงถึงค่าความเข้มของภาพ ณ พิกัด x, y ใดๆ



(A) Flat (B) Edge (C) Corner

ภาพที่ 1 (A, B, C) แนวคิดการหามุมตามหลักการ Harris

การแยกลักษณะเฉพาะของภาพ (Image Feature Extraction)[5]

การแยกลักษณะเฉพาะของภาพเป็นการแยกหรือสกัดเอาข้อมูลที่สำคัญของภาพออกมาซึ่งลักษณะเฉพาะของภาพเป็นคุณสมบัติที่สามารถหาได้โดยใช้ขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยที่ลักษณะเฉพาะพื้นฐานของภาพประกอบด้วย 3 ส่วนคือสี รูปร่างและพื้นผิว

- สี (Color) เป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่มีบทบาทสำคัญในระบบค้นคืนภาพ เช่น ฮิสโตแกรมสีซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสีที่ถูกนำมาใช้บ่อย ๆ เนื่องจากสีเป็นสิ่งที่สามารถมองเห็นได้ง่ายและเป็นสิ่งแรกที่สามารถสังเกตเห็นได้จากการมองภาพ นอกจากนี้สียังสามารถใช้ในการแยกแยะกลุ่มของภาพออกตามเนื้อหาได้เป็นอย่างดี เช่น สีฟ้าของน้ำทะเล สีแดงของดอกไม้ สีเขียวของต้นไม้ เป็นต้น

- รูปร่าง (Shape) เป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่ใช้อธิบายถึงรูปร่างและลักษณะรวมถึงขนาดของวัตถุภายในภาพซึ่งทำให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังหรือแยกแยะระหว่างวัตถุที่มีรูปร่างแตกต่างกันออกจากกันได้

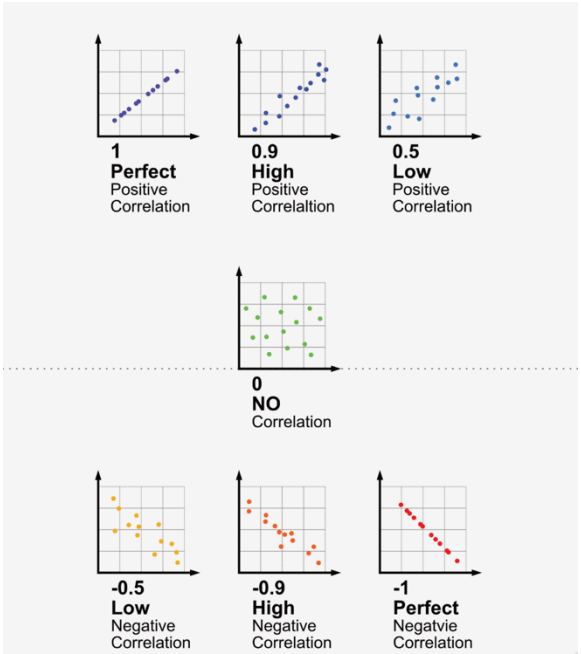
- พื้นผิว (Texture) เป็นลักษณะเฉพาะที่ใช้อธิบายความหยาบ ความละเอียด หรือความซับซ้อนของวัตถุภายในภาพซึ่งแต่ละภาพอาจจะประกอบด้วยวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกันออกไป การวิเคราะห์พื้นผิวจะช่วยให้สามารถแยกแยะความแตกต่างของวัตถุได้ ดียิ่งขึ้น การค้นคืนภาพที่ใช้พื้นผิวเป็นลักษณะเฉพาะของภาพส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการค้นหาภาพจากกลุ่มภาพพื้นผิว เช่น ชุดภาพพื้นผิวของหิน ชุดภาพพื้นผิวของใบไม้ เป็นต้น[6]

การจับคู่ของภาพ (Image Feature Matching)[6]

เป็นขั้นตอนถัดไปหลังจากขั้นตอนการแยกลักษณะเฉพาะของภาพ โดยการจับคู่กันของภาพจะอาศัยการแยกลักษณะเฉพาะของภาพ ภาพจะถูกเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะกันระหว่างภาพ หลักๆ คือจะเน้นภาพที่มีระยะห่างที่ใกล้ที่สุด (nearest-neighborhood based algorithms) เพียงแต่ว่าวิธีการนี้จะใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างนาน แบ่งประเภทเป็นวิธีการหลักๆ 2 แบบ ได้แก่ k-nearest-neighborhood (kNN) method และ approximate nearest neighborhood (ANN) method[7]

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)[7]

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: CC) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับความสัมพันธ์ของตัวแปร ซึ่งในที่นี่คือความสัมพันธ์ของพิกเซล โดยระดับความสัมพันธ์นี้จะเป็นแบบเชิงเส้นมีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งหมายความมาช่วยในการสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็น 1 ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์แบบตามกัน และหากมีค่าเป็น 0 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองต้องไม่มีความสัมพันธ์กันเลย หลักๆในการเชื่อมต่อภาพ คือ จะนำวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มาหาค่าความสัมพันธ์ของค่าพิกเซลจุดที่เราต้องการนำมาใช้ในการเชื่อมต่อภาพ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในค่าต่างๆที่มีผลต่อลักษณะของกราฟ เช่น ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 1, 0.9, 0.5 แสดงว่ามีความสัมพันธ์แบบตามกัน ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ -0.5, -0.9, -1 แสดงความสัมพันธ์แบบสวนทางกัน

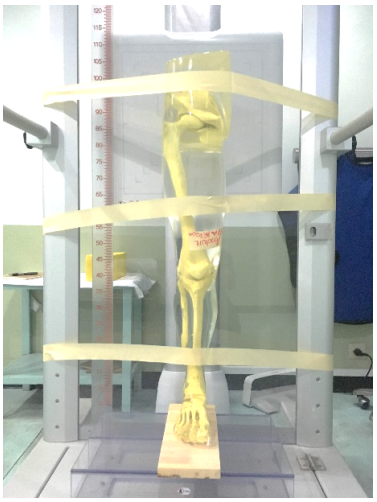
วัสดุอุปกรณ์

1) เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปแบบดิจิทัล รุ่น XGEO-GC85A ยี่ห้อซัมซุง ณ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์
2) หุ่นจำลองรยางค์ล่าง ส่วนสะโพกจนถึงปลายเท้า ดังภาพที่ 3
3) โปรแกรม MATLAB version 2017a
4) คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค Acer; Processor: Intel(R) Core(TM) i7-7500U CPU @ 2.70 GHz 2.90 GHz RAM 8.00 GB System type: 64-bit Operating System, x64-based processor

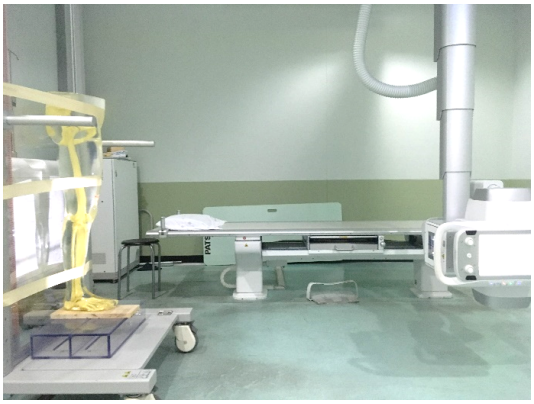
ขั้นตอนการสร้างภาพ (Image acquisition)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์ โดยใช้ไฟล์นามสกุล “Dicom” ซึ่งเป็นมาตรฐานภาพทางการแพทย์ได้มาจากการถ่ายเอกซเรย์จริง โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ที่มีตัวรับภาพขนาด 14 x 17 นิ้ว และใช้ภาพถ่ายจากหุ่นจำลองรยางค์ล่าง ส่วนสะโพกจนถึง

ปลายเท้า (Complete Leg/Hip Phantom) จัดให้อยู่ในท่า Anteroposterior (AP) ดังภาพที่4 โดยเป้าหมายในการเชื่อมต่อภาพคือ ต้องการใช้ภาพเอกซเรย์อย่างน้อย 2 ภาพในการเชื่อมต่อกัน และมีการเชื่อมต่อของอวัยวะที่ถูกต้องและไม่ทำให้ส่วนของข้อมูลขาดหายจนไม่สามารถวินิจฉัยได้ จากนั้นจะทำการดึงไฟล์ภาพเอกซเรย์ที่ถ่ายจากหุ่นจำลองจากระบบ PACS เพื่อนำไปใช้ในการเชื่อมต่อภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 3 แสดงหุ่นจำลองรยางค์ล่าง Complete Leg/Hip, RS 123T



ภาพที่ 4 แสดงการจัดท่า Anteroposterior (AP) ในการถ่ายภาพเอกซเรย์หุ่นจำลองรยางค์ล่าง ส่วนสะโพกจนถึงปลายเท้า

ขั้นตอนการประมวลผลภาพของระบบการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์แบบอัตโนมัติด้วยเทคนิคการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส

จะเป็นส่วนของการประมวลผลภาพของระบบโดยรวม มีการทำงานดังนี้

1) อ่านไฟล์ภาพเอกซเรย์ (DICOM images) ที่ทำการถ่ายจากหุ่นจำลองรยางค์ล่างโดยใช้ภาพ 2 ส่วนของหุ่นจำลอง มาเก็บไว้ในตัวแปรใด ๆ ในหน้าต่าง workspace ในโปรแกรม MATLAB

2) ทำการหามุมของภาพทั้ง 2 ภาพโดยวิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส (Harris corner detection) และกำหนดตัวแปรในการเก็บค่ามุมของภาพทั้ง 2 ให้เหมือนกันเพื่อความสะดวกในการคำนวณในขั้นตอนต่อไป

3) เปรียบเทียบค่ามุมของภาพ (Harris corner value) ทั้ง 2 ภาพ เพื่อหาตำแหน่งที่เหมือนกันหรือมีค่ามุมที่ใกล้เคียงกันในการต่อภาพ

4) ทำการเชื่อมต่อภาพทั้ง 2 ภาพ ในตำแหน่งที่มีค่ามุมของภาพที่เหมือนกัน

5) แสดงภาพที่ทำการเชื่อมต่อกันอย่างสมบูรณ์

ภาพที่ 5 ภาพเอกซเรย์ที่ได้จากการถ่ายจากหุ่นจำลองรยางค์ล่าง 2 ส่วน คือภาพส่วนกระดูกข้อเท้า (ankle) ท่า Anteroposterior (AP) ข้างขวา (A) และส่วนกระดูกเข่า (knee) ท่า Anteroposterior (AP) ข้างขวา (B)

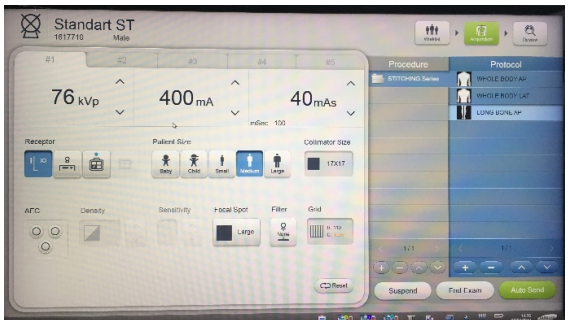
ภาพที่ 6 (A,B) ภาพต้นฉบับที่จะนำมาใช้ในการเชื่อมต่อกันด้วยวิธีการต่างๆ

การทดลองการเชื่อมต่อภาพ (Images stitching)

ในการเชื่อมต่อภาพจะใช้วิธีการเชื่อมต่อด้วยโปรแกรมของเครื่องเอกซเรย์ยี่ห้อซัมซุง, การเชื่อมต่อภาพด้วยวิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส และการเชื่อมต่อภาพด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) เพื่อที่จะเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการเชื่อมต่อภาพแต่ละวิธี ซึ่งเป็นภาพต้นฉบับที่จะนำมาใช้ในการเชื่อมต่อกันด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังภาพที่ 6

การเชื่อมต่อภาพด้วยโปรแกรมของเครื่องเอกซเรย์ยี่ห้อซัมซุง

ในการทดลองนี้จะเป็นการเชื่อมต่อภาพด้วยโปรแกรมของเครื่องเอกซเรย์ยี่ห้อ SAMSUNG โดยการนำภาพต้นฉบับมาใส่ในโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะทำการประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งในการเชื่อมต่อ และแสดงผลออกมา ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงโปรแกรมของเครื่องเอกซเรย์ยี่ห้อซัมซุง

การเชื่อมต่อภาพด้วยวิธีด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)

ในการทดลองนี้จะเป็นการเชื่อมต่อภาพด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างภาพ 2 ภาพที่ผ่านขั้นตอนการกรองสัญญาณและปรับขนาดของภาพเพื่อจัดองค์ประกอบและพารามิเตอร์ของภาพให้เหมาะสมก่อนการเชื่อมต่อ จากนั้นจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงที่สุดซึ่งได้มาจากการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพิกเซลของภาพ 2 ภาพ มาเป็นตำแหน่งอ้างอิงในการเชื่อมต่อภาพ

การทดสอบขนาดความยาวของภาพ

ในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลการเชื่อมต่อภาพในแต่ละวิธีด้วยการวัดความยาวของภาพ โดยในการทดสอบจะใช้ภาพที่เชื่อมต่อด้วยโปรแกรมของเครื่องเอกซเรย์ซัมซุงเป็นค่ามาตรฐานในการวัด โดยวัดจากด้านยาวที่สุดของภาพที่เชื่อมต่อทั้ง 3 วิธี และพร้อมกันนี้ได้ทำการวัดจากหุ่นจำลองจริง แล้วเปรียบเทียบความยาวเป็นเซนติเมตรโดยใช้ขนาดพิกเซลคูณกับขนาดเมทริกซ์ตามความยาวใน หน่วยเซนติเมตร ดังสมการที่ (2)

ความยาวหน่วยเซนติเมตร = ขนาดเมทริกซ์ตามความยาว x ขนาดพิกเซล x 0.1 (2)

ซึ่งสามารถหาขนาดของพิกเซลได้จาก Dicom header การวิเคราะห์ผลการเชื่อมต่อภาพจะพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Percentage error) โดยเปรียบเทียบจากค่าความยาวของภาพจากเครื่อง SAMSUNG (A) และค่าความยาวที่ได้จากการเชื่อมต่อภาพด้วยวิธีการตรวจจับมุม และวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (C) แสดงดังสมการที่ (3)

$$\%\ error = \frac{A-C}{A} \times 100$$

ทั้งนี้ค่าความผิดพลาดควรน้อยที่สุด (< 1%) และเข้าใกล้ค่าจริงให้มากที่สุด

ผลการวิจัย

ในส่วนของการเก็บข้อมูลภาพนี้ จะเป็นขั้นตอนการถ่ายเอกซเรย์หุ่นจำลอง (phantom) ซึ่งจะเน้นถ่ายในท่า Anteroposterior (AP) ในแนวตั้งบนฐานรอง ซึ่งมักจะใช้สำหรับการถ่ายจริงในทางคลินิก เพื่อสร้างภาพถ่ายที่มีขนาดความยาวของกระดูกเกินขอบเขตแผ่นรับภาพ (detector) ขึ้นมา โดยใช้เทคนิคถ่ายภาพของเครื่องเอกซเรย์ซัมซุงและในโครงงานชิ้นนี้จะถ่ายเอกซเรย์ออกมาเป็นสองส่วน คือ ส่วนของกระดูกเข่า (knee) ที่แสดงดังภาพที่ 8 และส่วนของกระดูก ข้อเท้า (ankle) ที่แสดงดังภาพที่ 9

สำหรับการเชื่อมต่อภาพด้วยวิธีของซอฟต์แวร์เครื่องเอกซเรย์ SAMSUNG ดังภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่า ภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นภาพ gray scale มีระดับ Bit depth อยู่ที่ 14 มีขนาด 3017x 4382 พิกเซล โดยใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 0.04 วินาที และเป็นภาพมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเชื่อมต่อในวิธีต่าง ๆ

สำหรับการเชื่อมต่อภาพด้วยวิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส ดังภาพที่ 11 จะเห็นได้ว่า ภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นภาพ gray scale มีขนาด 3040 x 4428 พิกเซล โดยใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 58.39 วินาที ซึ่งได้ทำการทดลองการ

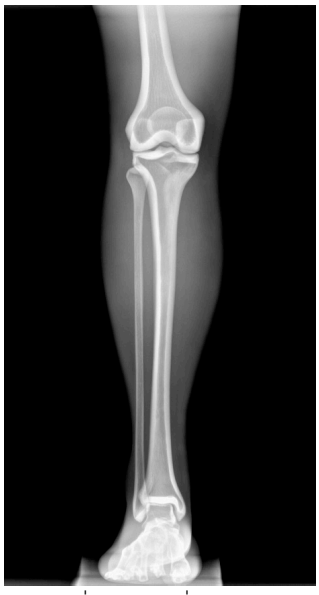
เชื่อมต่อภาพทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกนนอนเฉลี่ย (แนวความกว้าง) และความคลาดเคลื่อนในแนวแกนตั้งเฉลี่ย (แนวความยาว) ของภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อด้วยวิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส ดังตารางที่ 1 และมีค่าความยาวที่คาดเคลื่อนเท่ากับ -0.5705 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับภาพมาตรฐาน ดังภาพที่ 12 (A, B)

ภาพที่ 8 ภาพเอกซเรย์หุ่นจำลอง (phantom) ส่วนกระดูกเข่า (knee) ท่า Anteroposterior ข้างขวา

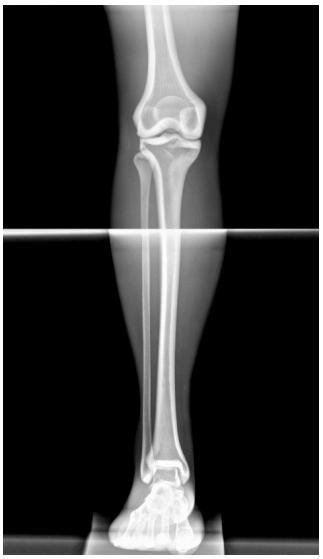
ภาพที่ 9 ภาพเอกซเรย์หุ่นจำลอง (phantom) ส่วนกระดูกข้อเท้า (ankle) ท่า Anteroposterior ข้างขวา

สำหรับการเชื่อมต่อภาพด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ดังภาพที่ 13 จะเห็นได้ว่า ภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นภาพ gray scale มีขนาด 1000x1800 พิกเซล โดยใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 12.67 วินาที ซึ่งได้ทำการทดลองการเชื่อมต่อภาพทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกนนอนเฉลี่ย (แนวความกว้าง) และความคลาดเคลื่อนในแนวแกนตั้งเฉลี่ย (แนวความยาว) ของภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ดังตารางที่ 2 ซึ่งมีค่าความยาวที่คาดเคลื่อนเท่ากับ-38.73 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับภาพมาตรฐาน ดังภาพที่ 14

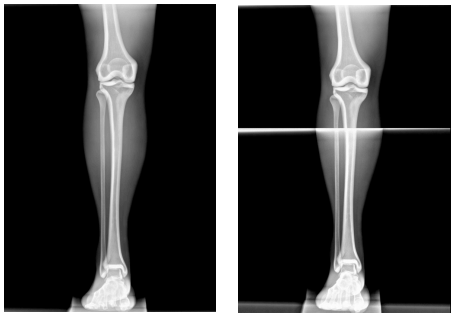
ผลการเปรียบเทียบภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อกับความยาวจริง เป็นการวัดความยาวจากหุ่นจำลองจริงแล้วนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการเชื่อมต่อภาพทั้ง 3 วิธี โดยความยาวที่วัดได้จากหุ่นจำลองจริงเท่ากับ 61 เซนติเมตร จะได้ค่าดังตารางที่ 3



ภาพที่ 10 ภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อโดยซอฟต์แวร์เครื่องเอกซเรย์ซัมซุง



ภาพที่ 11 ภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อโดยวิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส



ภาพที่ 12 การเปรียบเทียบภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อโดยวิธีของซอฟต์แวร์เครื่องเอกซเรย์ซัมซุง (A) และวิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส (B)

ภาพที่ 13 แสดงภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ภาพที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อโดยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ซ้าย) และวิธีของซอฟต์แวร์เครื่องเอกซเรย์ซัมซุง (ขวา)

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ยังไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในทางคลินิกได้จริงเนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าวิธีการเชื่อมต่อด้วยซอฟต์แวร์ของเครื่องเอกซเรย์ซัมซุง สาเหตุอาจเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น การทำเครื่องหมายในภาพก่อนการเชื่อมต่อภาพ ซึ่งทำให้ระดับความเข้ม (intensity) ในสัญญาณภาพมากขึ้น

สำหรับการเชื่อมต่อภาพด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นวิธีที่ใช้เวลาน้อย แต่จะมีปัญหาในการคำนวณเมื่อระดับความเข้มในสัญญาณภาพมากขึ้น ทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเพราะวิธีนี้จะใช้ระดับความเข้มในสัญญาณภาพในการคำนวณจุดที่จะทำการเชื่อมต่อกัน

ส่วนวิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริสมีขั้นตอนที่ซับซ้อน เนื่องจากไม่ได้ใช้วิธีการจับคู่ (matching) โดยตรง แต่เป็นการใช้วิธี Autocorrelation มาใช้ในการจับค่ามุมของภาพ (Herris corner value) ทั้ง 2 ภาพที่เหมือนกันมาเชื่อมต่อกัน เนื่องด้วยเวลาที่มีอันข้อจำกัด และจากการทดลองยังมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าวิธีที่เชื่อมต่อด้วยซอฟต์แวร์ของเครื่องซัมซุงซึ่งในทางปฏิบัติ การมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร จะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

งานวิจัยนี้มีปัญหาและอุปสรรคคือปัญหาเรื่องรอยต่อของภาพ (seam) ยังปรากฏอยู่เมื่อต่อภาพเสร็จ ในทางเทคนิคจะใช้วิธีเกลี่ยภาพ หรือที่เรียกว่า blending รวมถึงการพัฒนาเทคนิคการเชื่อมต่อภาพให้ดียิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเรื่องการต่อภาพโดยใช้วิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริสมีความยุ่งยากในการตรวจจับมุมในภาพรวมถึงนำไปเชื่อมต่อภาพอีก ซึ่งกระบวนการเชื่อมต่อภาพควรจะนำเทคนิคอื่นมาใช้ร่วมด้วย เช่น scale-invariant feature transform (SIFT) หรือ Speeded-Up Robust Features (SURF) เป็นต้น ซึ่งการแก้ไขรอยต่อของภาพ ควรจะแก้ไขด้วยวิธีการ blending เป็นการเกลี่ยความเข้มของความเข้มของสัญญาณในภาพให้เท่ากัน จะส่งผลให้รอยต่อของภาพหายไปและ ตัวโปรแกรมที่ได้ควรนำมา compile เป็นโปรแกรมให้สมบูรณ์ เพื่อที่จะได้นำมาใช้งานจริง และควรมีการทดลองเชื่อมต่อภาพของผู้ป่วยจริง

สรุปผลการวิจัย

จากการสร้างโปรแกรมสำหรับการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์ พบว่าการใช้วิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริสมีความซับซ้อน และใช้เวลาในการเชื่อมต่อภาพเฉลี่ย 58.39 วินาที ซึ่งมากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ส่วนวิธีการใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการเชื่อมต่อภาพนั้นมีการปรับขนาดและลักษณะพื้นฐานของภาพ ซึ่งทำให้เกิด

การเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากภาพต้นฉบับ แต่ใช้เวลาในการเชื่อมต่อภาพเฉลี่ย 12.67 วินาที ซึ่งเร็วกว่าวิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส และสำหรับการเชื่อมต่อภาพด้วยซอฟต์แวร์ของเครื่องเอกซเรย์ซัมซุงซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ คาดว่ามีการทำเครื่องหมายไว้สำหรับฟังก์ชันการเชื่อมต่อภาพ และใช้เวลาในการเชื่อมต่อภาพ 0.04 วินาที ซึ่งน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีก่อนหน้า

ตารางที่ 1 แสดงเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อภาพ ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกนนอน (%error x) และค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกนตั้ง (%error y) ของภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อด้วยวิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส เมื่อเทียบกับภาพมาตรฐาน

number	time (sec.)	%error x	%error y
1	73.23	-0.76	-0.57
2	57.15	-0.76	-0.57
3	56.97	-0.76	-0.57
4	56.42	-0.76	-0.57
5	56.71	-0.76	-0.57
6	56.77	-0.76	-0.57
7	56.94	-0.76	-0.57
8	56.47	-0.76	-0.57
9	56.84	-0.76	-0.57
10	56.31	-0.76	-0.57
mean	58.38	-0.76	-0.57

ตารางที่ 2 แสดงเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อภาพ ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกนนอน (%error x) และค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกนตั้ง (%error y) ของภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

number	time (sec.)	%error x	%error y
1	17.44	-0.02	-38.73
2	12.09	-0.02	-38.73
3	12.27	-0.02	-38.73
4	12.11	-0.02	-38.73
5	12.45	-0.02	-38.73
6	11.75	-0.02	-38.73
7	12.21	-0.02	-38.73
8	12.34	-0.02	-38.73
9	11.83	-0.02	-38.73
10	12.07	-0.02	-38.73
mean	12.66	-0.02	-38.73

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อกับความยาวจริง

วิธีการเชื่อมต่อภาพ	ความยาวที่วัดได้ (เซนติเมตร)	ความยาวผิดพลาด (ร้อยละ)
1. ซอฟต์แวร์เครื่องเอกซเรย์ซัมซุง	61.25	0.41
2. วิธีการตรวจจับมุมแบบฮาร์ริส	61.69	1.14
3. วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	58.62	3.90

เอกสารอ้างอิง

1. Chen C, Kojcev R, Haschtmann D, et al. Ruler Based Automatic C-Arm Image Stitching Without Overlapping Constraint. J Digit Imaging 2015;28:474–80.
2. Wang L, Traub J, Heining SM, et al. Long bone X-ray image stitching using Camera Augmented Mobile C-arm. MICCAI 2008;11:578–86.
3. Kim BS, Choi WJ, Kim YS, et al. Total ankle replacement in moderate to severe varus deformity of the ankle. The Journal of Bone and Joint Surgery British volume 2009;91-B:1183–90.
4. Yang F, He Y, Deng ZS, et al. Improvement of automated image stitching system for DR X-ray images. Comput Biol Med 2016;71:108–114.
5. Samsudin S, Adwan S, Arof H, et al. Development of automated image stitching system for radiographic images. J Digit Imaging 2013;26:361–70.
6. Le M-H, Woo B-S, Jo K-H. A Comparison of SIFT and Harris conner features for correspondence points matching. 2011 17th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV) 2011;1–4.
7. ถิรวุฒิ โรจนอัมพวัน, พรชัย พฤกษ์ภัทรานนต์, สาวิตร์ ตัณฑนุช, นัที อินา, จงวัฒน์ ชีวกุล. การประเมินเทคนิคสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สาหรับเชื่อมต่อภาพถ่ายทางรังสีเพื่อการวินิจฉัยกระดูกรยางค์. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 2018;2.
8. Adwan S, Alsaleh I, Majed R. A new approach for image stitching technique using Dynamic Time Warping (DTW) algorithm towards scoliosis X-ray diagnosis. Measurement 2016;84:32–46.
9. Chandratre R, Chakkarwar VA. Image Stitching using Harris Feature Detection and Random Sampling. International Journal of Computer Applications 2014;89:0975–8887.
10. Le M-H, Woo B-S, Jo K-H. A Comparison of SIFT and Harris conner features for correspondence points matching. 2011 17th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV) 2011;1–4.

Original Article

วารสารรังสีเทคนิค
The Thai Journal of Radiological Technology

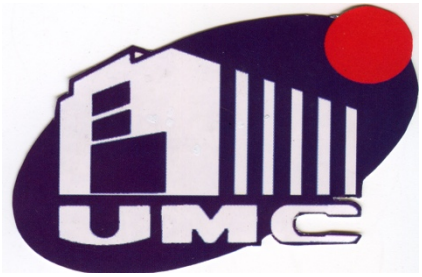
โปรแกรมสำหรับการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์แบบอัตโนมัติด้วยเทคนิคการตรวจนับมุมแบบฮาร์ริส
Automatic stitching program of x-ray images using the Harris corner detection

ธนกฤต ชาญชญานนท์ • อัฟฟาน บือราเฮง • จงวัฒน์ ชีวกุล • นัที อินา

Thai J Rad Tech 2020;45(1):13-21

วารสารรังสีเทคนิค
วารสารวิชาการของสมาคมรังสีเทคนิคแห่งประเทศไทย
ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล
แขวงศิริราช เขตบางกอกน้อย กทม. 10700

Sponsored by



บริษัท เอ๊กซ์เรย์คอมพิวเตอร์อุรุพงษ์ จำกัด