

ต้นแบบระบบสำหรับวัดขนาดที่แท้จริงของวัตถุจากภาพฟิล์มเอกซเรย์

A System Prototype for Accurate Measurement Size of Object in X-ray Image

สุจิตรา อุดุลย์เกษม^{1*} จิตดำรง ปรีชาสุข² และ วัลลภ อุดุลย์เกษม³
Suchitra Adulkasem^{1*} Jitdumrong Preechasuk² and Wallop Adulkasem³

บทคัดย่อ

เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป (Conventional X-ray) ถูกนำไปใช้สร้างภาพทางการแพทย์และเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่มีข้อจำกัดที่สำคัญคือ ขนาดของวัตถุที่ปรากฏบนฟิล์มเอกซเรย์ไม่ใช่ขนาดที่แท้จริงของวัตถุ อันเนื่องมาจากกำลังขยายของภาพ (Magnification) ไม่คงที่ คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาด้านแบบระบบสำหรับวัดขนาดที่แท้จริงของวัตถุจากภาพฟิล์มเอกซเรย์ ซึ่งประกอบไปด้วยต้นแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สะดวกต่อการใช้งาน และมีต้นทุนต่ำ และโปรแกรมต้นแบบฯ ที่สามารถคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุจากภาพฟิล์มเอกซเรย์ได้ถูกต้อง แม่นยำ การทำงานของโปรแกรมต้นแบบแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการกำหนดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการตรวจหาบริเวณของภาพที่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์และการแบ่งช่วงของไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนที่สองเป็นการคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้จากการทำงานส่วนแรก ผลจากการทดลองพบว่าต้นแบบระบบฯ สามารถวัดขนาดของวัตถุบนภาพฟิล์มเอกซเรย์ ได้ถูกต้องแม่นยำ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 99.48% จากเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องทำให้เชื่อมั่นได้ว่าต้นแบบระบบฯ นี้เหมาะสม

อย่างยิ่งสำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ และเชื่อถือได้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์รูปภาพทางการแพทย์ 2 มิติ การประมวลผลรูปภาพทางการแพทย์ กำลังขยายของภาพทางการแพทย์ การวัดรูปภาพเชิงปริมาณ

Abstract

Conventional X-ray machines are widely used to create medical images; however, a major drawback of it is that it cannot provide an original size of the object due to the magnification instability of the X-ray machine. Thus, a system prototype for accurate measurement of object size in X-ray image was developed. It consisted of a reference ruler, and software. The ruler was easy to use while the software worked in two steps. Firstly, it detected the location of the ruler and divided the sections of the ruler. Secondly, it calculated the accurate object size by using the reference ruler from the first step. According to

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

² อาจารย์พิเศษ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

³ รองศาสตราจารย์ (พิเศษ) แผนกศัลยกรรมออร์โธปิดิกส์ โรงพยาบาลสุรนันทน์นครปฐม

* Corresponding Author, Tel. 0-3424-5335 Ext. 28715, E-mail: suchitraa@hotmail.com

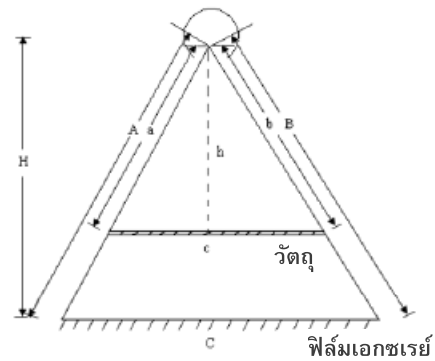
the experiment, the software could measure the object size in X-ray films with an accuracy of 99.48%. This convinces that the developed system is appropriate, reliable, and effective to be used.

Keywords: 2D Medical Image Analysis, Medical Image Processing, Magnification of Medical Image, Quantitative Evaluation in Image

1. บทนำ

เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป (Conventional X-ray) เป็นเครื่องมือที่ถูกนำไปใช้ในการสร้างภาพทางการแพทย์ (Medical Image) และเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายถูกกว่าเครื่องมือชนิดอื่น มีขั้นตอนการทำงานที่สะดวก รวดเร็ว และแพทย์สามารถนำภาพบนฟิล์มเอกซเรย์ที่ได้ไปใช้ในการวินิจฉัยเบื้องต้นได้ค่อนข้างแม่นยำ แพทย์หลายสาขาโดยเฉพาะอย่างยิ่งแพทย์สาขาศัลยกรรมออร์โธปิดิกส์ (Orthopaedics) มีความจำเป็นและมีความต้องการใช้ขนาดที่แท้จริงของวัตถุที่ปรากฏบนฟิล์มเอกซเรย์ ช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้โลหะตามกระดูก หรืออวัยวะเทียมเช่น ข้อเข่าเทียม ข้อสะโพกเทียม ที่มีขนาดเหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย แต่ขนาดของวัตถุที่ปรากฏบนฟิล์มเอกซเรย์นั้น ไม่ใช่ขนาดที่แท้จริงของวัตถุ เนื่องจากภาพบนฟิล์มเอกซเรย์มีการขยายจากวัตถุจริง และมีกำลังขยายของภาพ (Magnification) ที่ไม่คงที่ (รูปที่ 1) โดยมีสาเหตุจากความแตกต่างทางสรีระของผู้ป่วยและการจัดวางท่าเอกซเรย์ผู้ป่วย (Posture) ที่ทำให้ระยะห่างระหว่างวัตถุและฟิล์มเอกซเรย์ไม่คงที่ รวมถึงความแตกต่างของตำแหน่งการจัดวางเครื่องเอกซเรย์ของเจ้าหน้าที่เอกซเรย์แต่ละคน ที่เป็นผลทำให้ระยะห่างระหว่างตัวกำเนิดแสงเอกซเรย์และวัตถุไม่คงที่ [1]-[5]

การวัดขนาดของวัตถุบนภาพฟิล์มเอกซเรย์นั้นสามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาด แต่ซอฟต์แวร์เหล่านั้นมีราคาสูงมาก และต้องการคอมพิวเตอร์ที่มีคุณภาพสูงในการทำงาน หรือเป็นการ



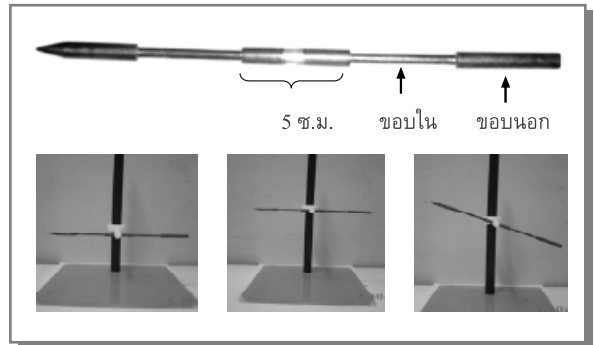
รูปที่ 1 กำลังขยายของภาพ [6]

เอกซเรย์วัตถุพร้อมกับไม้บรรทัดเอกซเรย์ (X-ray Ruler) ทำให้ได้ฟิล์มเอกซเรย์ที่มีภาพไม้บรรทัดเอกซเรย์ปรากฏอยู่ด้วย แต่ไม้บรรทัดเอกซเรย์ดังกล่าวนั้นมีราคาแพง และไม่สามารถปรับระดับสูง-ต่ำของไม้บรรทัดเอกซเรย์ให้อยู่ในระดับเดียวกับวัตถุ ทำให้ยังคงมีตัวแปรในเรื่องระยะห่างระหว่างตัวกำเนิดแสงเอกซเรย์และวัตถุ [7], [8]

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์รูปภาพทางการแพทย์ (Medical Image Analysis) โดยมีขั้นตอนที่สำคัญคือการประมวลผลรูปภาพเบื้องต้น (Image Pre-processing) [5], [9], [10] การตัดบริเวณของรูปภาพที่สนใจ (Image Segmentation) [5], [11], [12] การสกัดลักษณะสำคัญ (Feature Extraction) [13] และการรู้จำหรือการวิเคราะห์ [5], [14] ซึ่งขั้นตอนที่สำคัญมากอีกหนึ่งในการวิเคราะห์รูปภาพทางการแพทย์คือ การสกัดลักษณะที่สำคัญเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป เช่นการจำแนกประเภท การรู้จำ ฯลฯ งานวิจัย [15]-[18] ได้ศึกษาการสกัดคุณลักษณะสำคัญจากภาพฟิล์มเอกซเรย์ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic-based) ที่ให้ผู้ใช้กำหนดจุดและเส้นบนภาพฟิล์มเอกซเรย์ และทำการวิเคราะห์ภาพฟิล์มเอกซเรย์นั้น เพื่อให้ได้แบบระบบฯ นำไปใช้ในการคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุจากภาพที่ปรากฏบนฟิล์มเอกซเรย์ โดยวิธีการที่

นำเสนอเป็นวิธีการที่ใช้งานได้ง่าย ไม่มีความซับซ้อน ให้ความถูกต้องสูง และเป็นวิธีที่มีความยืดหยุ่นสูงสำหรับการใช้งานโดยผู้ใช้งานทั่วไป มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้แพทย์ใช้ในการคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุ หรืออวัยวะต่างๆ ตามต้องการ ทำให้แพทย์สามารถเลือกวัสดุ หรืออุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการรักษาผู้ป่วยได้อย่างสะดวก เหมาะสม และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2 ไม้บรรทัดอ้างอิง

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

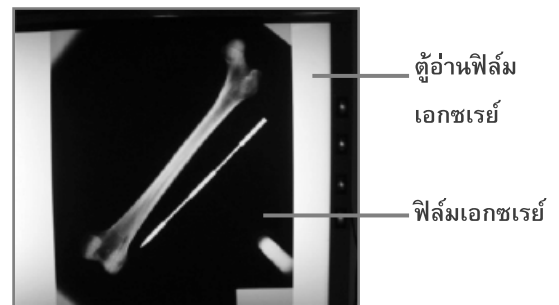
ต้นแบบระบบสำหรับวัดขนาดที่แท้จริงของวัตถุจากภาพฟิล์มเอกซเรย์ ประกอบด้วยต้นแบบไม้บรรทัดอ้างอิง และโปรแกรมต้นแบบคำนวณขนาดของวัตถุจากภาพฟิล์มเอกซเรย์

2.1 ต้นแบบไม้บรรทัดอ้างอิง

ต้นแบบไม้บรรทัดอ้างอิงสร้างจากโลหะแท่งกลมที่มีคุณสมบัติทึบแสงเอกซเรย์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มม. และมีความยาว 25 ซม. โดยแบ่งเป็นปล้องแบบข้ออ้อย ช่วงละ 5 ซม. จำนวน 5 ช่วง เพื่อใช้เป็นสเกลของไม้บรรทัดอ้างอิง และมีปลายแหลมหนึ่งด้านเพื่อให้เกิดความแตกต่างระหว่างส่วนปลายทั้งสองดังแสดงในรูปที่ 2 ไม้บรรทัดอ้างอิงนี้สามารถหมุนเพื่อปรับทิศทางและปรับระดับสูง-ต่ำเพื่อให้ไม้บรรทัดอ้างอิงวางอยู่ในแนวขนานและวางอยู่ในระนาบเดียวกันกับอวัยวะของผู้ป่วย เช่น กระดูกแขน หรือกระดูกขา ที่แพทย์ต้องการเอกซเรย์เพื่อให้ได้ภาพเอกซเรย์ของกระดูกที่มีไม้บรรทัดอ้างอิงปรากฏอยู่ด้วย ภาพเอกซเรย์นี้ถูกใช้เป็นอินพุตของโปรแกรมต้นแบบฯ ต่อไป

2.2 โปรแกรมต้นแบบคำนวณขนาดของวัตถุจากภาพฟิล์มเอกซเรย์

โปรแกรมต้นแบบฯ ถูกพัฒนาโดยใช้โปรแกรม Visual Basic.NET และ MATLAB 7.0.4 สามารถทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลซึ่งใช้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP Professional และติดต่อกับ



รูปที่ 3 ฟิล์มเอกซเรย์ที่วางบนตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์

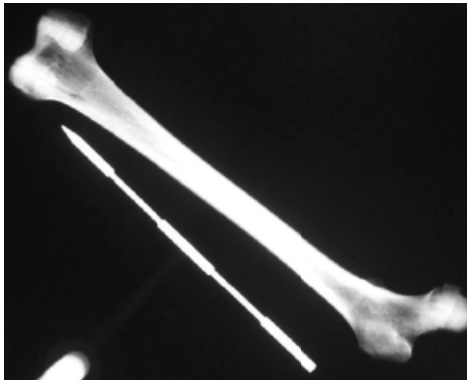
ระบบฐานข้อมูล Microsoft Access 2003 โปรแกรมต้นแบบฯ นี้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ

- การกำหนดไม้บรรทัดอ้างอิง ซึ่งเป็นการตรวจหาบริเวณของภาพที่เป็นไม้บรรทัดอ้างอิง และการแบ่งช่วงของไม้บรรทัดอ้างอิง

- การคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุ โดยการใช้อยู่ไม้บรรทัดอ้างอิงที่ได้จากการทำงานในขั้นตอนการกำหนดไม้บรรทัดอ้างอิง

2.2.1 การกำหนดไม้บรรทัดอ้างอิง (Reference Ruler Identification)

การทำงานในส่วนนี้เป็นการรับภาพฟิล์มเอกซเรย์เข้าสู่ระบบด้วยการใช้กล้องดิจิทัลถ่ายภาพฟิล์มเอกซเรย์ที่ถูกวางบนตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ (X-ray View Box) (รูปที่ 3) และนำภาพฟิล์มเอกซเรย์ที่เป็นภาพสี RGB นี้เข้าสู่กระบวนการประมวลผลรูปภาพเบื้องต้น (Image Pre-processing) ที่เป็นการเปลี่ยนภาพให้เป็นภาพระดับ



(ก)



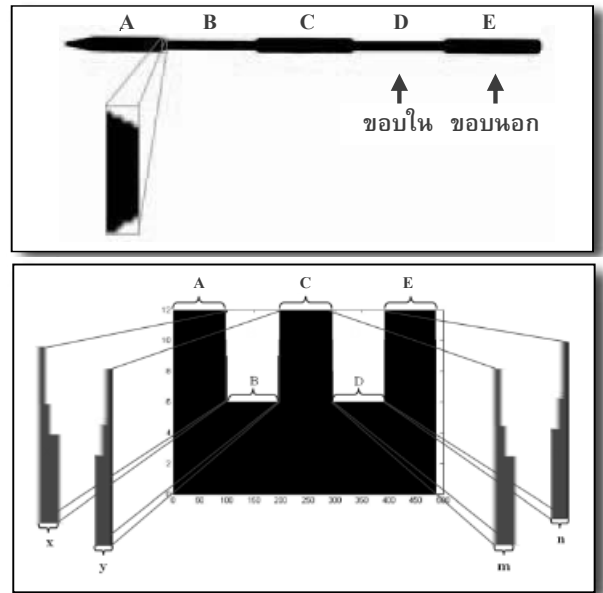
(ข)

รูปที่ 4 ตัวอย่างการรับและปรับปรุงข้อมูลภาพฟิล์มเอกซเรย์ (ก) ภาพฟิล์มเอกซเรย์ที่เป็นภาพระดับสีเทา (ข) ภาพฟิล์มเอกซเรย์หลังการทำ Morphological Top-hat Filtering

สีเทา (Grayscale) และปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Morphological Top-hat Filtering [6] ดังแสดงในรูปที่ 4

• การตรวจหาไม้บรรทัดอ้างอิง

เป็นการตรวจหาบริเวณของภาพที่เป็นไม้บรรทัดอ้างอิงด้วยการลดช่วงสีของภาพ (Binarization) [5] และเปลี่ยนภาพระดับสีเทาเป็นภาพขาวดำ (Binary Image) จากนั้นนำภาพที่ได้มาพิจารณาหาบริเวณของภาพที่ต่อเนื่องกัน (Connected Area) และมีความสูงของภาพที่เป็นค่าสูงและค่าต่ำสลับกัน 5 ค่า



รูปที่ 5 ตัวอย่างเงาสว่างที่บดบังขอบที่แท้จริงของไม้บรรทัดอ้างอิง

• การแบ่งช่วงของไม้บรรทัดอ้างอิง

เนื่องจากภาพฟิล์มเอกซเรย์มีความบิดเบือน ทำให้เกิดเงาบดบังส่วนที่เป็นขอบที่แท้จริงของไม้บรรทัดอ้างอิง เกิดปัญหาว่าควรนำส่วนของเงาที่เกิดขึ้นนี้ให้กับไม้บรรทัดอ้างอิงช่วงใด เมื่อพิจารณารูปที่ 5 จะเห็นว่าการแบ่งช่วงของไม้บรรทัดอ้างอิงโดยคำนึงถึงส่วนเงาดังกล่าวนั้น สามารถทำได้โดยใช้วิธี SR1, SR2, SR3 และ SR4

วิธี SR1 (Segment Ruler 1) นำส่วนของเงาบนไม้บรรทัดอ้างอิงช่วงที่เป็นขอบในด้านขวาและซ้ายให้กับไม้บรรทัดอ้างอิงขอบในของช่วงเดียวกัน

$$\therefore A' = A \quad (1)$$

$$\therefore B' = B + x + y \quad (2)$$

$$\therefore C' = C \quad (3)$$

$$\therefore D' = D + m + n \quad (4)$$

$$\therefore E' = E \quad (5)$$

วิธี SR2 (Segment Ruler 2) นำครึ่งหนึ่งของส่วน

ที่เป็นเงาบนไม้บรรทัดอ้างอิงช่วงที่เป็นขอบในด้านขวาให้กับไม้บรรทัดอ้างอิงช่วงที่เป็นขอบนอกและขอบใน

$$\therefore A' = A + x/2 \quad (6)$$

$$\therefore B' = B + x/2 \quad (7)$$

$$\therefore C' = C + m/2 \quad (8)$$

$$\therefore D' = D + m/2 \quad (9)$$

$$\therefore E' = E \quad (10)$$

วิธี SR3 (Segment Ruler 3) นำส่วนของเงาบนไม้บรรทัดอ้างอิงช่วงที่เป็นขอบในด้านขวาให้กับไม้บรรทัดอ้างอิงขอบนอกช่วงที่ติดกัน และนำส่วนของเงาบนไม้บรรทัดอ้างอิงช่วงที่เป็นขอบในด้านซ้ายให้กับไม้บรรทัดอ้างอิงขอบในช่วงที่ติดกัน

$$\therefore A' = A + x \quad (11)$$

$$\therefore B' = B + y \quad (12)$$

$$\therefore C' = C + m \quad (13)$$

$$\therefore D' = D + n \quad (14)$$

$$\therefore E' = E \quad (15)$$

วิธี SR4 (Segment Ruler 4) นำส่วนของเงาบนไม้บรรทัดอ้างอิงช่วงที่เป็นขอบในด้านขวาให้กับไม้บรรทัดอ้างอิงขอบในช่วงที่ติดกัน

$$\therefore A' = A \quad (16)$$

$$\therefore B' = B + x \quad (17)$$

$$\therefore C' = C \quad (18)$$

$$\therefore D' = D + m \quad (19)$$

$$\therefore E' = E \quad (20)$$

เมื่อกำหนดตัวแปรในสมการ (1) – (20) ดังนี้

A, B, C, D, E หมายถึง ขนาดของไม้บรรทัดอ้างอิงแต่ละช่วง (ก่อนการปรับส่วนของเงา)

A', B', C', D', E' หมายถึง ขนาดของไม้บรรทัดอ้างอิงแต่ละช่วง (หลังการปรับส่วนของเงา)

x, m หมายถึง ส่วนของเงาบนไม้บรรทัดอ้างอิงช่วงที่เป็นขอบในด้านขวา

y, n หมายถึง ส่วนของเงาบนไม้บรรทัดอ้างอิงช่วงที่เป็นขอบในด้านซ้าย

2.2.2 การคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุ (Object Actual Size Computation)

การทำงานในส่วนนี้เป็นการคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุ โดยการรับจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดจากผู้ใช้งาน และใช้สมการ (21) คำนวณหาระยะทางระหว่างจุดทั้งสอง [19] ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นจำนวนพิกเซลที่จะนำไปใช้คำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุต่อไป

$$|AB| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (21)$$

เมื่อ A(x₁, y₁) และ B(x₂, y₂) เป็นสองจุดใดๆ ในระนาบ XY

|AB| เป็นระยะทางระหว่าง จุด A กับจุด B

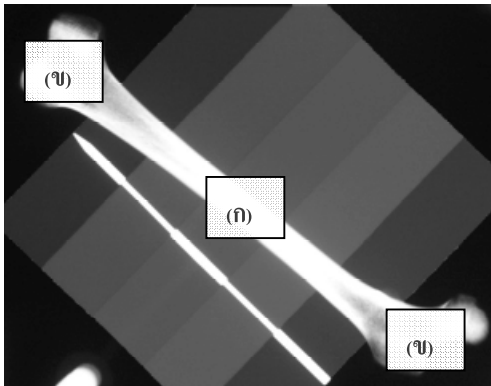
ในการคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุ คณะผู้วิจัยได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน

• ส่วนของวัตถุอยู่ภายในระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง (รูปที่ 6 บริเวณ ก)

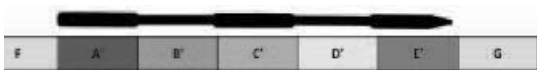
แบ่งวัตถุที่อยู่บนภาพฟิล์มเอกซเรย์ออกเป็นช่วงๆ ตามช่วงของไม้บรรทัดอ้างอิงด้วยการทำโปรเจกชัน (Projection) จากนั้นนับจำนวนพิกเซลของแต่ละช่วงของภาพวัตถุ และนำจำนวนพิกเซลที่ได้คำนวณเปรียบเทียบกับจำนวนพิกเซลของไม้บรรทัดอ้างอิงที่อยู่ในช่วงเดียวกันซึ่งมีขนาด 5 ซม. ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นขนาดของวัตถุช่วงนั้นๆ

• ส่วนของวัตถุอยู่ภายนอกระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง (รูปที่ 6 บริเวณ ข)

ภาพของวัตถุส่วนนี้ เป็นส่วนที่ไม่ได้อยู่ในบริเวณของภาพฟิล์มเอกซเรย์ ที่ถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ ตามช่วงของไม้บรรทัดอ้างอิง จากรูปที่ 7 ส่วนของวัตถุที่อยู่ภายนอกระยะของไม้บรรทัดอ้างอิงคือ F และ G ขนาดของวัตถุในส่วนดังกล่าวสามารถคำนวณหาขนาดได้โดยใช้วิธี OR1, OR2 และ OR3



รูปที่ 6 การพิจารณาแบ่งส่วนในการคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุ



รูปที่ 7 การตัดสินใจเลือกวิธีการคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุที่อยู่ภายนอกไม้บรรทัดอ้างอิง

วิธี OR1 (Out Ruler 1) ใช้ค่าเฉลี่ยของผลรวมของทุกช่วงของไม้บรรทัดอ้างอิง

$$\therefore F = G = (A' + B' + C' + D' + E') / 5 \quad (22)$$

วิธี OR2 (Out Ruler 2) คำนวณโดยใช้ช่วงของไม้บรรทัดอ้างอิงที่อยู่ใกล้วัตถุมากที่สุด

$$\therefore F = A' \text{ และ } G = E' \quad (23)$$

วิธี OR3 (Out Ruler 3) คำนวณโดยพิจารณาความสัมพันธ์ของไม้บรรทัดอ้างอิงแต่ละช่วง

$$\therefore F = A' + B' - C' + 1 \quad (24)$$

$$\therefore G = E' + D' - C' + 1 \quad (25)$$

เมื่อกำหนดตัวแปรในสมการ (22)–(25) ดังนี้

A', B', C', D', E' หมายถึง ส่วนของวัตถุที่อยู่ภายใน

ระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง

F, G หมายถึง ส่วนของวัตถุที่อยู่ภายนอกระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง

3. ผลการทดลอง

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลอง 3 การทดลอง คือ

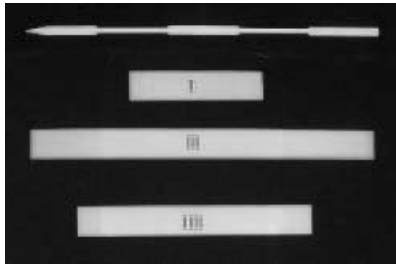
- การแบ่งภาพฟิล์มเอกซเรย์บริเวณที่เป็นไม้บรรทัดอ้างอิงออกเป็น 5 ช่วง
- การคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุส่วนที่อยู่ภายนอกระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง
- การทดลองวัดขนาดวัตถุบนภาพฟิล์มเอกซเรย์

3.1 การแบ่งภาพฟิล์มเอกซเรย์บริเวณที่เป็นไม้บรรทัดอ้างอิงออกเป็น 5 ช่วง

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาวิธีที่ใช้ในการแบ่งภาพฟิล์มเอกซเรย์บริเวณที่เป็นไม้บรรทัดอ้างอิงออกเป็น 5 ช่วง ที่ตรงกันกับแต่ละช่วงของไม้บรรทัดอ้างอิงจริงด้วยการเอกซเรย์แผ่นเหล็กแบนเรียบที่มีขนาดแตกต่างกันจำนวน 3 แผ่น (รูปที่ 8 ก) จากนั้นวัดขนาดของแผ่นเหล็กบนฟิล์มเอกซเรย์โดยใช้ไม้บรรทัดอ้างอิงที่ถูกแบ่งช่วงด้วยวิธี SR1 - SR4 ตามสมการ (1) - (20) วิเคราะห์ 30 ครั้ง และวัดขนาดของแผ่นเหล็กด้วยมือ 30 ครั้ง คำนวณค่าความแตกต่างระหว่างการวัดด้วยมือและการวัดโดยใช้ไม้บรรทัดอ้างอิง ได้ผลลัพธ์เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดขนาดวัตถุโดยใช้การแบ่งช่วงภาพไม้บรรทัดอ้างอิงในแต่ละวิธี ตารางที่ 1 แสดงผลลัพธ์จากการทดลอง จะเห็นว่าวิธี SR1 ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเลือกวิธีที่ใช้ในการแบ่งช่วงของไม้บรรทัดอ้างอิง

วิธีการ	ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย
SR1	0.008
SR2	0.037
SR3	0.057
SR4	0.077



(ก)



(ข)

รูปที่ 8 ภาพฟิล์มเอกซเรย์แผ่นเหล็กแบนเรียบ (ก) แผ่นเหล็กแบนเรียบที่มีความยาวน้อยกว่าหรือเท่ากับไม้บรรทัดอ้างอิง (ข) แผ่นเหล็กแบนเรียบที่มีความยาวมากกว่าไม้บรรทัดอ้างอิง

3.2 การคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุส่วนที่อยู่ภายนอกกระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาวิธีที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุ ส่วนที่อยู่ภายนอกกระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง ที่ทำให้ได้ขนาดวัตถุบนภาพฟิล์มเอกซเรย์ที่มีความถูกต้องมากที่สุด ด้วยการเอกซเรย์แผ่นเหล็กแบนเรียบ ที่มีความยาวมากกว่าไม้บรรทัดอ้างอิง (รูปที่ 8 ข) จากนั้นวัดขนาดของแผ่นเหล็กบนภาพฟิล์มเอกซเรย์ โดยใช้ไม้บรรทัดอ้างอิง และใช้โปรแกรมต้นแบบฯ คำนวณขนาดของวัตถุส่วนที่อยู่นอกไม้บรรทัดอ้างอิงด้วยวิธี OR1, OR2 และ OR3 ตามสมการ (22)–(25) วิธีละ 30 ครั้ง และวัดขนาดแผ่นเหล็กจริงด้วยมือ 30 ครั้ง คำนวณค่าความแตกต่างระหว่างการวัดด้วยมือ จะเห็นว่าวิธี OR3 ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเลือกวิธีคำนวณขนาดวัตถุส่วนที่อยู่ภายนอกกระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง

วิธีการ	ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย
OR1	0.153
OR2	0.065
OR3	0.040

3.3 การทดลองเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการวัดขนาดวัตถุบนภาพฟิล์มเอกซเรย์

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองวัดขนาดวัตถุบนภาพฟิล์มเอกซเรย์โดยใช้ต้นแบบระบบฯ ที่เป็นการใช้โปรแกรมต้นแบบฯ วัดขนาดวัตถุบนภาพฟิล์มเอกซเรย์ที่มีไม้บรรทัดอ้างอิงปรากฏอยู่ด้วย โดยเป็นการวัดขนาดวัตถุในแนวนอน แนวตั้ง และแนวเอียง โปรแกรมต้นแบบฯ ใช้วิธี SR1 ในการแบ่งภาพไม้บรรทัดอ้างอิงออกเป็น 5 ช่วง และได้แบ่งการทดลองนี้ออกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ขนาดของวัตถุอยู่ภายในกระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง เป็นการคำนวณขนาดของวัตถุแต่ละช่วงโดยเทียบกับไม้บรรทัดอ้างอิงช่วงเดียวกัน และรวบรวมผลลัพธ์จากการคำนวณทั้งหมด ได้เป็นขนาดของวัตถุ

กรณีที่ 2 ขนาดของวัตถุอยู่ภายนอกกระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง เป็นการคำนวณขนาดวัตถุส่วนที่อยู่ภายในกระยะของไม้บรรทัดอ้างอิงโดยเทียบกับไม้บรรทัดอ้างอิง และคำนวณขนาดของวัตถุส่วนที่อยู่ภายนอกกระยะของไม้บรรทัดอ้างอิงโดยใช้วิธี OR3 จากนั้นรวบรวมผลลัพธ์จากการคำนวณทั้งหมด ได้เป็นขนาดของวัตถุ

การทดลองในแต่ละกรณีนั้น เป็นการวัดขนาดวัตถุในแนวนอนจำนวน 30 ครั้ง แนวตั้งจำนวน 30 ครั้ง และแนวเอียงจำนวน 30 ครั้ง โดยเป็นการวัดขนาดวัตถุที่ใช้ต้นแบบระบบฯ และเป็นการวัดขนาดวัตถุด้วยมือ และเปรียบเทียบผลการวัดขนาดวัตถุ ได้เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดขนาดวัตถุ ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองกรณีที่ 1 และตารางที่ 4 แสดงผลการทดลองกรณีที่ 2

ตารางที่ 3 ผลการทดลองวัดขนาดของวัตถุที่อยู่ภายใน
ระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง

แนวการวัดขนาด	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ย
แนวนอน	99.81
แนวตั้ง	99.53
แนวเอียง	99.21

ตารางที่ 4 ผลการทดลองวัดขนาดของวัตถุที่อยู่ภายนอก
ระยะของไม้บรรทัดอ้างอิง

แนวการวัดขนาด	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ย
แนวนอน	99.74
แนวตั้ง	98.52
แนวเอียง	99.07

4. อภิปรายผลและสรุป

ต้นแบบระบบสำหรับวัดขนาดที่แท้จริงของวัตถุจากภาพฟิล์มเอกซเรย์ ประกอบด้วยต้นแบบไม้บรรทัดอ้างอิงและโปรแกรมต้นแบบฯ ต้นแบบไม้บรรทัดอ้างอิงสร้างจากโลหะแท่งกลมที่มีคุณสมบัติที่แข็งและทนทาน โดยใช้การกลึง (Turning Operation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้ได้ง่าย มีต้นทุนต่ำ แต่ทำให้ได้ไม้บรรทัดอ้างอิงที่มีขนาดของชิ้นงาน (Work Piece Dimension) ตามความต้องการ และมีความละเอียดของผิวชิ้นงาน (Surface Roughness) [20]

โปรแกรมต้นแบบฯ มีความสามารถคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุจากภาพที่ปรากฏบนฟิล์มเอกซเรย์ โดยให้ผู้ใช้กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของส่วนของวัตถุที่ต้องการคำนวณหาขนาดเพื่อให้โปรแกรมต้นแบบฯ นำไปใช้ในการคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุส่วนนั้นด้วยการคำนวณหาอัตราขยายของภาพจากความสัมพันธ์ของไม้บรรทัดอ้างอิงแต่ละช่วง ทำให้ได้ขนาดที่แท้จริงของวัตถุที่มีความถูกต้องแม่นยำ จะเห็นว่าการวัดขนาดวัตถุโดยใช้โปรแกรมต้นแบบฯ นี้ เป็นการวัดขนาดวัตถุที่ได้อ้างอิงกับแต่ละช่วงของไม้บรรทัดอ้างอิง ทำให้ได้ขนาดที่แท้จริงของวัตถุ ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาเรื่องความคลาดเคลื่อนของขนาดวัตถุบนฟิล์มเอกซเรย์ ที่มีสาเหตุจากภาพบนฟิล์มเอกซเรย์มีการ

ขยายจากวัตถุจริง และเป็นการขยายที่ไม่คงที่ [1]-[4]

ต้นแบบระบบฯ นี้ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้ง่าย (User Friendly) สามารถนำไปใช้งานได้กับระบบงานที่มีอยู่เดิมของคลินิก และโรงพยาบาลที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในสำนักงานทั่วไป โดยไม่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องและไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายซื้อเครื่องเอกซเรย์คุณภาพสูง นอกจากนี้ไม้บรรทัดอ้างอิงที่ใช้ในต้นแบบฯ ยังสามารถสร้างได้โดยง่ายและมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับราคาไม้บรรทัดเอกซเรย์ที่มีขายในท้องตลาด โปรแกรมต้นแบบฯ มีความสามารถวัดขนาดที่แท้จริงของวัตถุจากภาพฟิล์มเอกซเรย์ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องมากกว่า 99% ต้นแบบระบบฯ นี้ จึงเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับทุกโรงพยาบาลที่ต้องการใช้ประโยชน์ในการหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุจากภาพฟิล์มเอกซเรย์

ในการพัฒนาต่อไปนั้น ผู้พัฒนาอาจจะพิจารณาสร้างไม้บรรทัดอ้างอิงที่มีความยาวมากกว่าวัตถุที่ต้องการวัดขนาด เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องมากยิ่งขึ้น แต่อาจจะเกิดความไม่สะดวกในการใช้งาน [1] และมีค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ผู้พัฒนาอาจพิจารณาปรับปรุงโปรแกรมต้นแบบฯ ให้มีเครื่องมือที่ใช้ในการวัดขนาด ที่มีความสามารถหาขนาดของเส้นโค้ง วงกลม ฯลฯ เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการใช้งานของผู้ใช้ได้อย่างครบถ้วน

เอกสารอ้างอิง

- [1] I.C. Clarke, T. Grune, M. Matos, and H.C. Amstutz, "Improved methods for quantitative radio graphic evaluation with particular reference to total hip arthroplasty," *Clin Orthop*, vol. 121, pp. 83-91, 1976.
- [2] K.S. Conn, M.T. Clarke, and J.P. Hallett, C, "A simple guide to determine the magnification of radiographs and to improve the accuracy of preoperative template," *J Bone Joint Surg [B]*, vol.84, no.2, pp. 269-272, 2002.
- [3] W.R. Hendee, and E.R. Ritenour, Hendee,



- Medical Imaging Physics*. (4th ed.), New York: Wiley-Liss, 2002.
- [4] L.F. Squire and R.A. Novelline, *Fundamentals of Radiology*, London: Harvard University Press, 1988.
- [5] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing* (2nd ed.), New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- [6] M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, *Image processing, analysis and machine vision* (1st ed.), London: Chapman and Hall, 1993.
- [7] A. Gooßen, M. Schlüter, M. Hensel, and T. Pralow, "Ruler-Based Automatic Stitching of Spatially Overlapping Radiographs," *Bildverarbeitung für die Medizin*, pp. 192-196, 2008.
- [8] Z. Yaniv, and L. Jaskowics, "Long Bone Panoramas from Fluoroscopic X-ray Image," *IEEE Trans Med Imaging*, vol. 23, no.1, pp. 26-35, 2004.
- [9] Z. Hong, S. Weizhen, W. Minhua, G. Guixia, and G. Yong, "Pre-Processing of X-Ray Medical Image Based on Improved Temporal Recursive Self-Adaptive Filter," *ICYCS 9th*, pp. 758-763, November 2008.
- [10] W. Ling, L. Jianming, L. Yequi, and T. Yahagi, "Noise Removal for Medical X-ray images in Multiwavelet Domain," *ISPACS '06*, pp. 594-597, December 2006.
- [11] W. Zheng, H. Yang, H-s. Sun, and H-q. Fan, "Multiscale Reconstruction and Gradient Algorithm for X-Ray Image Segmentation Using Watershed," *ICBBE 2nd*, pp. 2519-2522, May 2008.
- [12] E. Oczeretko, M. Borowska, A. Kitlas, A. Borusiewicz, and M. Sobolewska-Siemieniuk M, "Fractal analysis of medical images in the irregular regions of interest," *BIBE 8th*, pp. 1-6, October 2008.
- [13] R. Rosas-Romero, J. Rodriguez-Asomoza, V. Alarcon-Aquino, and D. Baez-Lopez, "Multi-modal medical image registration based on non-rigid transformations and feature point extraction by using wavelets," *IMTC 21st*, pp. 763-766, May 2004.
- [14] S. Oprea, C. Marinescu, I. Lita, M. Jurianu, D.A. Visan, and I.B. Cioc "Image processing techniques used for dental x-ray image analysis," *ISSE 31st*, pp.125-129, May 2008.
- [15] A. Boujelben, A.C. Chaabani, H. Tmar, and M. Abid, "Feature Extraction from Contours Shape for Tumor Analyzing in Mammographic Images," *DICTA '09*, pp. 395-399, December 2009.
- [16] W. Zheng, N. Ma, H. Sun, and H. Fan, "Feature Extraction of X-ray Fracture Image and Fracture Classification," *AICI '09*, pp. 408-412, November 2009.
- [17] Y. Lu and Z-h. Gan, "Automatic Extraction Algorithm of Rib in the Chest Image," *IITA 3rd*, pp. 151-154, November 2009.
- [18] P. Bertalya, "Grid approach for X-ray image classification," *ICICI-BME*, pp. 1-5, November 2009.
- [19] S. Harrington, *Computer Graphics*, Singapore: Mc Graw-Hill Inc, 1987.
- [20] G. Bauer, *Metal Working Techniques*, n.p. : M and E Publishing, n.d. (in Thai).