

การพัฒนาอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดจากภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

นันทวัฒน์ อู่อี้

ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

Development of Computer-Aided Diagnosis Algorithm of Lung Nodule from Computed Tomography Images

Nuntawat Udee

Department of Radiological Technology, Faculty of Allied health sciences, Naresuan University, Phitsanulok 65000

E-mail: nun_oudee@hotmail.com

หลักการและวัตถุประสงค์: การตรวจเจอก้อนในปอดในระยะเริ่มต้นสามารถช่วยให้ผลการรักษาโรคมะเร็งปอดดีขึ้น การประมวลผลภาพดิจิทัลจากภาพถ่ายทางรังสีวิทยาสามารถช่วยให้รังสีแพทย์ยืนยันผลตรวจวินิจฉัยก้อนในปอดได้

วิธีการศึกษา: ทำการพัฒนาอัลกอริทึมช่วยวินิจฉัยสำหรับตรวจหาก้อนในปอดที่อาจพัฒนาเป็นมะเร็งจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ข้อมูลภาพที่ใช้ในการศึกษาได้จากฐานข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดมาตรฐานซึ่งประกอบด้วยภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำนวน 120 ราย ที่มีก้อนในปอดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร การประมวลผลภาพดิจิทัลของอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยประกอบด้วย การแบ่งส่วนภาพ การปรับแต่งภาพ และการแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอดด้วยวิธีการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ

ผลการศึกษา: ผลการวิเคราะห์รูปร่างก้อนในปอดพบว่าเป็นวิธีการที่สำคัญในการตรวจหาก้อนในปอด ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยที่สร้างขึ้นมีความไว 93% และ false positive rate 3.52

สรุป: ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นสามารถช่วยให้แพทย์ได้รับข้อมูลและการตัดสินใจในการวินิจฉัยที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ก้อนในปอด, มะเร็งปอด, คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัย, ฐานข้อมูลภาพเอกซเรย์ปอด, การแบ่งส่วนภาพปอด

Background and Objective: The early pulmonary nodule detection can be helpful for timely therapeutic intervention of lung cancer. The digital image processing of radiography for lung nodule detection is necessary to provide a second opinion to assist radiologists' image reading.

Methods: We have developed a Computer-aided diagnosis (CAD) algorithm for lung nodule detection in order to detect lung cancer in computed tomography images. Image database, which is obtained from the Lung Image Database Consortium, consists of 120 cases with ≥ 5 mm in diameter nodule. The Digital image processing of CAD algorithm consists of modules for lung segmentation, image enhancement of lung nodule and feature extraction with morphological operation.

Results: The shape analysis is a key technique for lung nodule detection. The CAD system achieved a sensitivity of 93% and false positive rate of 3.52.

Conclusions: The CAD system for lung nodule detection can be useful to help physician acquiring diagnostic information and improve clinical decisions.

Keywords: Lung nodule, lung cancer, Computer-Aided Diagnosis, Lung Image Database Consortium, lung segmentation

บทนำ

ผู้ป่วยโรคมะเร็งปอดในประเทศไทยมีจำนวนที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี จากข้อมูลของสถาบันมะเร็งแห่งชาติปี พ.ศ. 2554 พบผู้ป่วยมะเร็งปอดในเพศชายมากเป็นอันดับที่ 2 จากโรคมะเร็งทั้งหมด^{1, 2} และเมื่อประเมินจากแนวโน้มการเกิดโรคมะเร็งปอดในระยะเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2552 จะเห็นได้ว่ามีผู้ป่วยเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยพบผู้ป่วยมะเร็งทั้งสิ้น 9,000 ราย ในปี พ.ศ. 2542 ในขณะที่ปี พ.ศ. 2552 มีจำนวนมากถึง 19,000 ราย ข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบว่าผู้ป่วยมะเร็งปอดมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นถึงสองเท่าในช่วงเวลาไม่นาน โรคมะเร็งปอดเป็นโรคที่มีความร้ายแรงมากเนื่องจากผู้ป่วยมีอัตราการรอดชีวิตค่อนข้างต่ำ ด้วยเหตุที่การดำเนินโรคส่วนใหญ่ไม่แสดงสัญญาณเตือนใดๆ ในระยะแรก และตรวจพบได้ตอนเข้าสู่ระยะที่รักษาได้ยาก³ สาเหตุของการเป็นมะเร็งปอดเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การสูบบุหรี่ การหายใจเอาสารประเภทโครเมียม แคดเมียม โคบอลต์ ซิลิเนียม เงิน เหล็กกล้า เข้าไปในปอด หรือการเกิดแผลเป็นที่ปอด โดยเฉพาะแผลเป็นที่เกิดจากวัณโรคหรือปอดอักเสบ สำหรับโรคมะเร็งปอดในเพศหญิงจากข้อมูลของ Hospital-based cancer registry 2008, National Cancer Institute, ministry of public health Thailand พบว่ามะเร็งปอดอยู่ในอันดับสี่ รองจากมะเร็งเต้านม มะเร็งปากมดลูก และมะเร็งลำไส้ใหญ่ ตามลำดับ และแนวโน้มของอัตราการตายจากมะเร็งปอดในเพศหญิงยังเพิ่มขึ้นตลอดช่วงหลายปีที่ผ่านมา⁴ อย่างไรก็ตามสามารถตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งปอดในระยะเริ่มต้นได้ด้วยวิธีการตรวจหาก้อนในปอด (lung nodule) ด้วยการประเมินก้อนชนิด Solitary Pulmonary Nodule (SPN) จากภาพเอกซเรย์ปอด (chest x-ray) ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT images) หรือภาพจากเครื่อง SPECT เพื่อยืนยันผลการเป็นโรคมะเร็งปอด เครื่องมือสร้างภาพดังกล่าวช่วยให้แพทย์สามารถตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งในระยะเริ่มต้นได้และส่งผลการรักษามีโอกาสประสบความสำเร็จยิ่งขึ้น⁵⁻⁷

ปัจจุบันได้มีการศึกษาเพื่อพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับช่วยในการตรวจวินิจฉัยโรคให้มีความถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยอัลกอริทึมดังกล่าวเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยในการคำนวณที่ประยุกต์หลักการประมวลผลภาพดิจิทัล (digital image processing) ร่วมกับการสร้างภาพทางการแพทย์ (medical imaging)⁸ จากเครื่องมือทางรังสีวิทยาชนิดต่างๆ ส่งผลให้แพทย์สามารถตรวจวินิจฉัยโรคได้อย่างถูกต้องมากขึ้น⁹⁻¹² ปัจจุบันเริ่มมีการนำคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยโรค (Computer-aided diagnosis) มาช่วยแพทย์ตรวจหาก้อนในปอดมากยิ่งขึ้นเพื่อให้การตรวจวินิจฉัยโรคมีความถูกต้องแม่นยำ รวดเร็ว และเชื่อถือได้ โดยเฉพาะการตรวจวินิจฉัย

ก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ซึ่งก้อนดังกล่าวมีขนาดค่อนข้างเล็กทำให้ยากต่อการมองด้วยตาเปล่า การพัฒนาอัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจหาก้อนในปอดจึงเป็นอีกทางเลือกที่สามารถช่วยวิเคราะห์รอยโรคจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอด อย่างไรก็ตามการศึกษาเพื่อสร้างอัลกอริทึมที่ใช้ในการตรวจหาก้อนในปอดที่ผ่านมาใช้หลักการประมวลผลภาพดิจิทัลที่แตกต่างกันในการวิเคราะห์หากล่อนในปอด ส่วนใหญ่ใช้วิธีการวิเคราะห์ความเข้มสีและรูปร่างของก้อนในปอดเพื่อสแกนหาและระบุตำแหน่งก้อนดังกล่าวและแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน เช่น การวิเคราะห์ด้วยวิธี multi-scale techniques เพื่อตรวจหาก้อนในปอดจากค่าความเข้มสีที่ปรากฏในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดด้วยวิธีการประเมินค่า Gaussian scale ซึ่งทำให้สามารถตรวจพบก้อนในปอดได้ค่อนข้างดี¹³ หรือการใช้วิธี region analysis ด้วยการประเมินค่า density threshold value ของก้อนในปอด ร่วมกับการประมวลผลภาพด้วยวิธีการ 3D region-growing แต่วิธีการดังกล่าวยังมีค่าความไว (sensitivity) ที่ต่ำประมาณ 38%¹⁴ อย่างไรก็ตามการประมวลผลภาพดิจิทัลด้วยหลักการวิเคราะห์รูปร่างของก้อนในปอดยังสามารถใช้การประเมินด้วยเทคนิค Feature extraction ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลรูปร่างวัตถุที่มีขนาดเล็กค่อนข้างดี ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจหาก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ได้

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์สำหรับตรวจวินิจฉัยก้อนในปอดแบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค Feature extraction เพื่อช่วยแพทย์ตรวจหาและระบุตำแหน่งก้อนในปอดส่งผลให้การวินิจฉัยโรคมะเร็งปอดที่ถูกต้องและรวดเร็ว ซึ่งอาจช่วยลดอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งปอดได้ดียิ่งขึ้น

วิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นประเภทการพัฒนาทดลอง (Experimental development) โดยพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดแบบอัตโนมัติด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลจากข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำนวน 120 ราย ซึ่งได้จากฐานข้อมูลภาพมาตรฐาน Lung Image Database Consortium (LIDC) ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา¹⁵ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการศึกษาดังต่อไปนี้

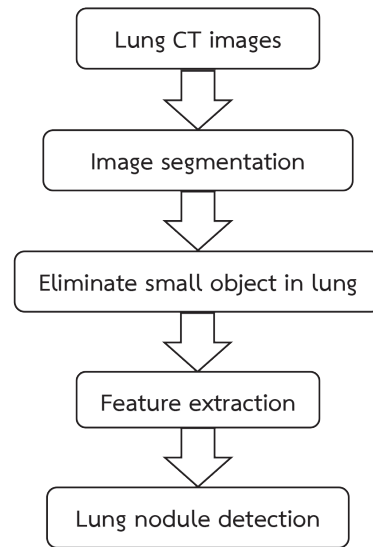
การศึกษาคูณลักษณะของก้อนในปอด

ภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดประกอบด้วยอวัยวะที่มีความคล้ายคลึงกับก้อนในปอดเป็นจำนวนมากทำให้แพทย์ยากต่อการตรวจหาก้อนในปอดด้วยตาเปล่า อย่างไรก็ตามลักษณะของก้อนในปอดมีรูปแบบที่ค่อนข้างจำเพาะ

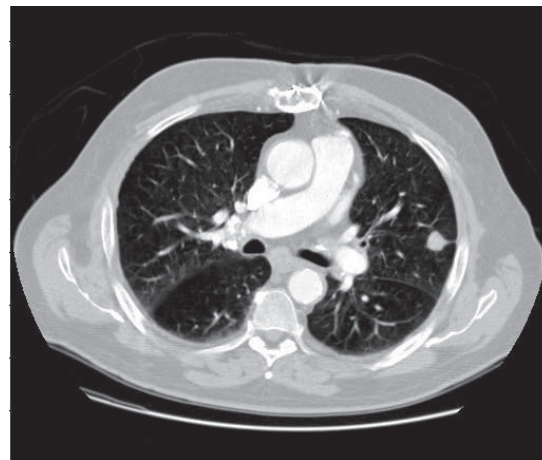
ทำให้สามารถใช้การวิเคราะห์หรือรูปร่างด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อระบุตำแหน่งได้ โดยภายในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดประกอบด้วยอวัยวะที่สำคัญ ได้แก่ กล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อ (soft tissue) กระดูก (bone) และปอด (lung) สำหรับบริเวณปอดยังประกอบด้วยเนื้อเยื่อปอด หลอดเลือด หลอดลม และพยาธิสภาพชนิดต่างๆ รวมทั้งก้อนในปอดที่ปรากฏบนภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับเส้นเลือดและหลอดลมทั้งความเข้มสี (intensity) ขนาด (size) และรูปร่าง (shape) ดังนั้นเพื่อให้อัลกอริทึมสามารถตรวจหาก้อนในปอดได้อย่างถูกต้องจึงใช้วิธีการศึกษาคุณลักษณะต่างๆ ทั้งด้านความเข้มสีและขนาดของก้อนในปอดก่อน โดยการศึกษาความเข้มสีของก้อนในปอดช่วยให้สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างก้อนในปอดกับเส้นเลือดหรือหลอดลมออกจากกันได้ สำหรับการวิเคราะห์หาขนาดของก้อนในปอดเป็นการคำนวณหาขนาดของก้อนในปอดที่ตรวจพบ โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยขนาดก้อนในปอดของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยจากฐานข้อมูลภาพมาตรฐานที่ผ่านการอ่านผลจากรังสีแพทย์ว่ามีก้อนในปอดจำนวน 90 ราย

การสร้างและทดสอบอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (training)

การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดใช้วิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลด้วยโปรแกรม MATLAB ประกอบด้วยขั้นตอนดังรูปที่ 1 บริเวณเนื้อเยื่อปอดที่ปรากฏในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ประกอบด้วยส่วนของกล้ามเนื้อ กระดูก หลอดเลือด หลอดลม และก้อนในปอด ดังนั้นเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ตำแหน่งของก้อนในปอดได้อย่างมีประสิทธิภาพในขั้นตอนแรกจึงทำการแบ่งส่วนภาพเพื่อตัดส่วนของกระดูกและกล้ามเนื้อที่อยู่รอบปอดออกจากส่วนของปอด โดยการแบ่งส่วนภาพประกอบด้วยการแปลงภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดชนิด dicom files ให้เป็นไฟล์ภาพชนิด Single ที่มีค่าความเข้มสีตั้งแต่ 0 ถึง 1 และมีระดับความลึกเฉดสีภาพ (Bit depth) จำนวน 256 ระดับ (รูปที่ 2) จากนั้นทำการแบ่งส่วนภาพด้วยวิธีการ subtraction image ทำให้สามารถตัดส่วนของกล้ามเนื้อและกระดูกที่อยู่ภายในภาพออกได้ทั้งหมด จากนั้นทำการกรองข้อมูลภาพด้วยตัวกรองภาพชนิด median filter โดยทำการทดสอบตัวกรองภาพขนาด 3x3 pixels ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงร่างของภาพ (Morphological operation) ด้วยวิธีการกร่อนขนาดภาพ (erode image) เพื่อกำจัดสิ่งรบกวนขนาดเล็กออกจากภาพปอด (eliminate small object in lung) และใช้เทคนิค image thresholding เพื่อเลือกแสดงช่วงความเข้มสีก้อนในปอดให้เหมาะสมสำหรับการแยกคุณลักษณะของก้อนในปอดต่อไป



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการพัฒนาอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด



รูปที่ 2 ภาพต้นแบบที่ผ่านการแปลงภาพให้มีระดับความลึกภาพ (Bit depth) จำนวน 256 ระดับ

การแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอด (Feature Extraction)

การสร้างอัลกอริทึมตรวจจับก้อนในปอดในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอด โดยทำการประเมินรูปร่างก้อนในปอดเพื่อให้ทราบลักษณะและรูปร่างของก้อนในปอดด้วยค่า Eccentricity จากการใช้ฟังก์ชัน regionprop ของโปรแกรม MATLAB นอกจากนี้ยังทำการประเมินค่าความเข้มสีของก้อนในปอด โดยผลที่ได้จากการแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอดด้วยวิธีดังกล่าว ทำให้ทราบถึงรูปร่างและค่าความเข้มสีเฉพาะของก้อนในปอด ซึ่งทำให้สามารถแยกเส้นเลือดออกจากก้อนในปอดได้

สำหรับการประเมินผลการตรวจจับก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ใช้วิธีการวิเคราะห์จากกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยจากฐานข้อมูลภาพมาตรฐานจำนวน 90 ราย ที่ผ่านการอ่านผลจากรังสีแพทย์ว่ามีก้อนในปอดรวมทั้งสิ้น 144 ก้อน โดยทำการประเมินคุณลักษณะของก้อนในปอดจากค่า eccentricity และค่า mean intensity จากผู้ป่วยทั้งหมดด้วยโปรแกรม MATLAB การวิเคราะห์ผลการตรวจจับก้อนในปอดใช้วิธีวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมด้วยการประเมินจากค่า True Positive (TP), False Negative (FN) และ False Positive (FP) จากนั้นคำนวณหาค่า Sensitivity และ False Positives Rate (FPR) ของแต่ละวิธีเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกวิธีการตรวจจับก้อนในปอดที่เหมาะสมที่สุด

การทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (Testing)

หลังจากทำการสร้างและทดสอบอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (training) แล้วจึงทำการทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมดังกล่าว ด้วยการทดสอบกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยจากฐานข้อมูลภาพมาตรฐาน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างแรกที่ใช้ในการสร้างอัลกอริทึมจำนวน 30 ราย โดยภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดดังกล่าวได้ผ่านการอ่านผลจากรังสีแพทย์ว่ามีก้อนในปอดรวมทั้งสิ้น 43 ก้อน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดด้วยการประเมินจากค่า Sensitivity และ False Positives Rate (FPR) การทดสอบในขั้นตอนนี้ทำให้ทราบว่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่พัฒนาขึ้นมีความไวและความสามารถในการตรวจระดับใด

ผลการศึกษา

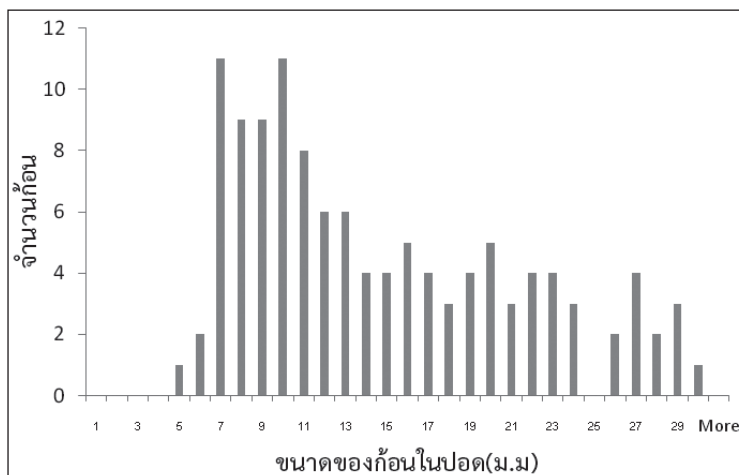
ผลการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดแบบอัตโนมัติด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ผลการศึกษาคุณลักษณะของก้อนในปอด

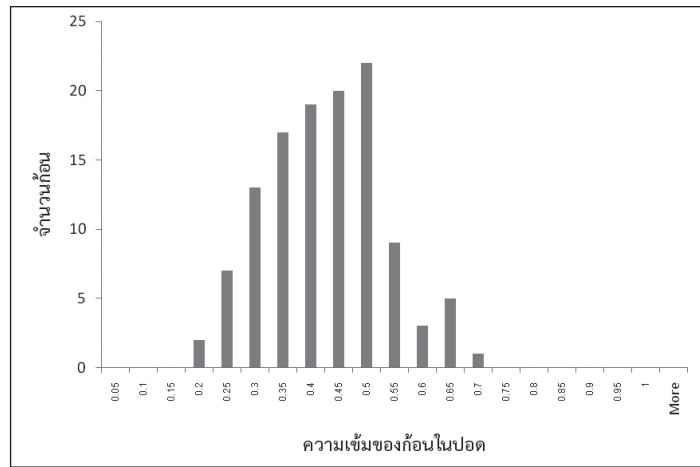
จากการศึกษาก้อนในปอดทำให้ทราบว่าก้อนในปอดที่ปรากฏในภาพมีลักษณะคล้ายกับเส้นเลือดและหลอดลมแต่มีรูปร่าง ขนาด และความเข้มสีแตกต่างกัน จึงได้ทำการศึกษาความเข้มสี ขนาดและรูปร่างของก้อนในปอดเพื่อนำไปใช้ในการกำหนดพารามิเตอร์สำหรับการตรวจจับก้อนในปอด จากการรวบรวมและวิเคราะห์รูปร่าง ขนาดและความเข้มสีเฉลี่ยของก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 ราย ที่มีจำนวนก้อนในปอดรวมทั้งสิ้น 144 ก้อน เมื่อประเมินจากผลการแจกแจงความถี่ของก้อนในปอดพบว่าก้อนในปอดทั้งหมดมีขนาดมากกว่า 5 มิลลิเมตร (รูปที่ 3) และเมื่อศึกษาความเข้มสีของก้อนในปอดจากการวิเคราะห์ผลการแจกแจงความถี่ค่าความเข้มสีพบว่าก้อนในปอดมีค่าความเข้มสีอยู่ในช่วง 0.15 - 0.7 (รูปที่ 4) ข้อมูลจากการศึกษาดังกล่าวนำไปใช้ในการกำหนดค่าความเข้มสีและขนาดก้อนในปอดที่ต้องการตรวจหาในอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดต่อไป

ผลการสร้างและทดสอบอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (training)

ผลการแบ่งส่วนภาพปอดเพื่อแยกส่วนประกอบอื่นออกจากเนื้อเยื่อปอดทำให้ภาพที่ได้หลังการแบ่งส่วนภาพปรากฏเฉพาะหลอดเลือด หลอดลมและก้อนในปอดเท่านั้น โดยไม่มีกล้ามเนื้อและกระดูกรวมอยู่ด้วยทำให้ง่ายต่อการประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์ก้อนในปอด (รูปที่ 5)



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและจำนวนก้อนในปอดจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 ราย



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีและจำนวนก้อนในปอดจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 ราย



รูปที่ 5 ภาพที่ผ่านการแบ่งส่วนภาพปอดทำให้ภายในภาพเหลือเฉพาะหลอดเลือด หลอดลมและก้อนในปอด



รูปที่ 6 การตรวจหาก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ด้วยการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อแสดงตำแหน่งและขอบเขตก้อนในปอด

การแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอด (Feature Extraction)

ผลการวิเคราะห์รูปร่างของก้อนในปอดด้วยการประเมินค่า eccentricity พบว่าก้อนในปอดส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างกลม ผลการประเมินค่า eccentricity ระหว่างก้อนในปอด หลอดลม และเส้นเลือด พบว่าก้อนในปอดมีค่าอยู่ในช่วง 0 - 0.9 ผลการวิเคราะห์ความเข้มสีของก้อนในปอด ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของความเข้มสีของก้อนในปอดมีค่าเท่ากับ 0.40 ± 0.11 โดยที่ความเข้มสีของก้อนในปอดทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.15 - 0.7 สำหรับขนาดของก้อนในปอด กำหนดให้อัลกอริทึมตรวจหาก้อนที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ตามผลที่ได้จากการศึกษาคุณลักษณะของก้อนในปอด นอกจากนี้ยังอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดที่สร้างขึ้นยังสามารถสร้างกรอบแสดงตำแหน่งและขอบเขตของก้อนในปอดได้ (รูปที่ 6) การทดสอบอัลกอริทึมของการศึกษาในครั้งนี้พบว่าค่า sensitivity ที่ดีที่สุดเท่ากับ 93% และค่า False positives rate (FPR) เท่ากับ 2.94 ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าดังกล่าวไปทำการทดสอบในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดที่สร้างขึ้นโดยใช้กลุ่มตัวอย่างในการทดสอบที่แตกต่างกัน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้น (Testing)

ทำการทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมในภาพกลุ่มผู้ป่วยจำนวน 30 ราย ที่มีความอิสระจากผู้ป่วยกลุ่มแรก โดยมีจำนวนก้อนในปอดรวมทั้งหมด 43 ก้อน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นด้วยการประเมินจากค่า Sensitivity และ False Positives Rate (FPR) พบว่าอัลกอริทึมช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดมีค่า sensitivity เท่ากับ 93% และค่า FPR มีค่าเท่ากับ 3.52 สำหรับระยะเวลาในการประมวลผลภาพเพื่อตรวจหาก้อนในปอดของแต่ละภาพใช้เวลา 2-4 วินาที

วิจารณ์

การวิเคราะห์รูปร่างของก้อนในปอดด้วยเทคนิค feature extraction ด้วยการประเมินรูปร่างของก้อนในปอดส่งผลให้การตรวจหาก้อนในปอดมีค่า Sensitivity และค่า FPR ที่ดีโดยการกำหนดรูปร่างด้วยค่า Eccentricity พบว่าช่วง 0 - 0.9 ให้ค่า Sensitivity และค่า FPR ที่ดีที่สุด อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นจากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าความไวดีกว่า Beigelman Aubry และคณะ¹⁶ ที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดรุ่น ImageChecker CT CAD system ซึ่งมีค่าความไวเท่ากับ 65.4% เนื่องจากการศึกษานี้ใช้วิธีการแตกต่างกับวิธีดังกล่าว ซึ่งเป็นการพิจารณารูปร่างของก้อนในปอดด้วยเทคนิค feature extraction นอกจากนี้การศึกษาของ Li และคณะ¹⁷ ได้ทำการศึกษารูปร่างของก้อนในปอดพบว่ามีความ sensitivity เท่ากับ 86% และ FPR เท่ากับ 6.6

อย่างไรก็ตามอัลกอริทึมช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นใช้สำหรับตรวจจับก้อนที่มีขนาดใหญ่มากกว่า 5 มิลลิเมตรและก้อนดังกล่าวจะต้องไม่ติดกับผนังปอดเนื่องจากจะส่งผลให้เกิดการตรวจจับที่ผิดพลาด สำหรับค่า sensitivity และ FPR ที่ได้จากการศึกษานี้เป็นค่าที่ได้มาจากภาพที่เป็นตำแหน่งกึ่งกลางก้อนในปอด ดังนั้นค่า FPR ที่ได้จึงมีค่าต่ำ หากทำการตรวจจับก้อนในปอดที่อยู่ใกล้กับผนังปอดอาจทำให้ค่า FPR มีค่าสูงขึ้นได้

สรุป

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการพัฒนาอัลกอริทึมช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดด้วยกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัลจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดที่มีก้อนในปอดด้วยวิธีการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงร่างของภาพ ผลการศึกษาพบว่าอัลกอริทึมช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นสามารถตรวจจับและระบุตำแหน่งของก้อนในปอดบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดของผู้ป่วยได้ด้วยค่า sensitivity เท่ากับ 93% และค่า FPR เท่ากับ 3.52 ต่อภาพ อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับช่วยวินิจฉัยโรคอื่นๆ ต่อไปได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ประจำปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

1. Boyle P, Levin B, Lyon. Worldwide Cancer Burden in World Cancer Report 2008. IARC Sci Publ, 2008: 43-55.
2. Youlten DR, Cramb SM, Baade PD. The International Epidemiology of Lung Cancer: geographical distribution and secular trends. J Thorac Oncol 2008; 3: 819-31.

3. Giger ML, Chan H-P, Boone J. Anniversary Paper: History and status of CAD and quantitative image analysis: The role of Medical Physics and AAPM. Med Phys 2008; 35: 5799-820.
4. Devesa SS, Bray F, Vizcaino AP, Parkin DM. International lung cancer trends by histologic type: male:female differences diminishing and adenocarcinoma rates rising. Int J Cancer 2005; 17: 294-9.
5. อาคม ชัยวีระวัฒน์, เสาวคนธ์ ศุกรโยธิน, อนันต์ กรลักษ์ณ์, ธีรภูมิ คูหะเปรมะ. แนวทางการตรวจวินิจฉัย และรักษาโรคมะเร็งปอด. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ, 2548.
6. Girvin F, Ko JP. Pulmonary Nodules: Detection, Assessment, and CAD. Am J Roentgenol 2008; 191: 1057-69.
7. Huang ZK, Chau KW. A new image thresholding method based on Gaussian mixture model. Appl Math Comput 2008; 205: 899-907.
8. Giger ML, Chan HP, Boone J. Anniversary Paper: History and status of CAD and quantitative image analysis: The role of Medical Physics and AAPM. Med Phys 2008; 35: 5799-820.
9. Fujita H, Uchiyama Y, Nakagawa T, Fukuoka D, Hatanaka Y, Hara T, et al. Computer-aided diagnosis: The emerging of three CAD systems induced by Japanese health care needs. Comput Methods Programs Biomed 2008; 92: 238-48.
10. Doi K. Current status and future potential of computer-aided diagnosis in medical imaging. Br J Radiol, 2005; 78 (Spec No 1): S3-S19.
11. Doi K. Computer-aided diagnosis in medical imaging: historical review, current status and future potential. Comput Med Imaging Graph 2007; 31: 198-211.
12. Katsuragawa S, Doi K. Computer-aided diagnosis in chest radiography. Comput Med Imaging Graph 2007; 31: 212-23.
13. Schilham AM, van Ginneken B, Loog M. A computer-aided diagnosis system for detection of lung nodules in chest radiographs with an evaluation on a public database. Med Image Anal 2006; 10: 247-58.
14. Wormanns D, Fiebich M, Saidi M, Diederich S, Heindel W. Automatic detection of pulmonary nodules at spiral CT: clinical application of a computer-aided diagnosis system. Eur J Radiol 2002; 12: 1052-7.
15. Armato SG 3rd, McLennan G, Bidaut L, McNitt-Gray MF, Meyer CR, Reeves AP, et al. The Lung Image Database Consortium (LIDC) and Image Database Resource Initiative (IDRI): A Completed Reference Database of Lung Nodules on CT Scans. Med Phys 2011; 38: 915-31.
16. Beigelman-Aubry C, Raffy P, Yang W, Castellino RA, Grenier PA. Computer-Aided Detection of Solid Lung Nodules on Follow-Up MDCT Screening: Evaluation of Detection, Tracking, and Reading Time. AJR Am J Roentgenol 2007; 189: 948-55.
17. Li Q, Li F, Doi K. Computerized detection of lung nodules in thin-section CT images by use of selective enhancement filters and an automated rule-based classifier. Acad Radiol 2008; 15: 165-75.

