

ฉบับนี้สงวนลิขสิทธิ์

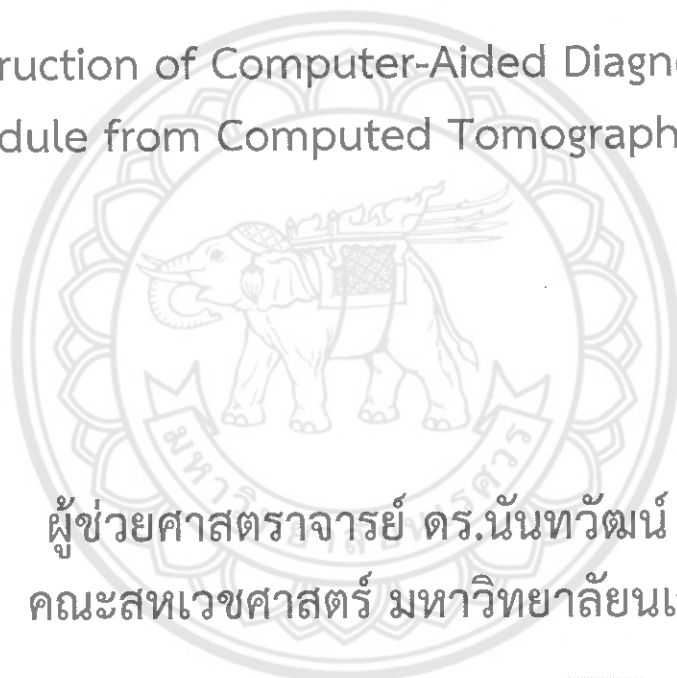


สัญญาเลขที่ R2555C112

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อน
ในปอดจากภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

Construction of Computer-Aided Diagnosis of Lung
Nodule from Computed Tomography Images



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทวัฒน์ อู่ดี
คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สำนักงานวิทยบริการ
เลขที่ 15 หมู่ 2584
ถนนพหลโยธิน 1039699
ต.เมืองเก่า อ.เมือง จ.นเรศวร R
2559

๒๕๕๕
๒๕๖๑

สนับสนุนโดยกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร ปี พ.ศ. 2557 ที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับการศึกษาวิจัยทั้งหมดในครั้งนี้ ขอขอบคุณภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาวิจัยทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นันทวัฒน์ อูดี
หัวหน้าโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

การพบก้อนในปอดในระยะเริ่มต้นสามารถช่วยให้ผลการรักษาโรคมะเร็งปอดดีขึ้น การประมวลผลภาพดิจิทัลจากภาพถ่ายทางรังสีวิทยาสามารถช่วยให้รังสีแพทย์ยืนยันผลตรวจวินิจฉัยก้อนในปอดได้ คณะผู้วิจัยได้พัฒนาอัลกอริทึมช่วยวินิจฉัยสำหรับตรวจหาก้อนในปอดที่อาจพัฒนาเป็นมะเร็งจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ข้อมูลภาพที่ใช้ในการศึกษาได้จากฐานข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดมาตรฐานซึ่งประกอบด้วยภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำนวน 120 ราย ที่มีก้อนในปอดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร การประมวลผลภาพดิจิทัลของอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยประกอบด้วยการแบ่งส่วนภาพ การปรับแต่งภาพ และการแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอดด้วยวิธีการ morphological operation ผลการวิเคราะห์รูปร่างก้อนในปอดพบว่า เป็นวิธีการที่สำคัญในการตรวจหาก้อนในปอด ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยที่สร้างขึ้น มีความไว 93% และ false positive rate 3.52 ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นสามารถช่วยให้แพทย์ได้รับข้อมูลและการตัดสินใจในการวินิจฉัยที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ ก้อนในปอด, มะเร็งปอด, คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัย, ฐานข้อมูลภาพเอกซเรย์ปอด, การแบ่งส่วนภาพปอด

Abstract

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. 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. 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. 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

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

โครงการ : การสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดจากภาพถ่ายเอกซเรย์
คอมพิวเตอร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นันทวัฒน์ อู๋ดี

บทนำ (Introduction)

ผู้ป่วยโรคมะเร็งปอดในประเทศไทยมีจำนวนที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี และเมื่อประเมินจากแนวโน้มการเกิดโรคมะเร็งปอดในระยะเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2552 จะเห็นได้ว่ามีผู้ป่วยเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง โรคมะเร็งปอดมีความร้ายแรงมากเนื่องจากผู้ป่วยมีอัตราการรอดชีวิตค่อนข้างต่ำ ด้วยเหตุที่การดำเนินโรคส่วนใหญ่ไม่แสดงสัญญาณเตือนใดๆ ในระยะแรก และตรวจพบได้ตอนเข้าสู่ระยะที่รักษาได้ยาก การตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งปอดในระยะเริ่มต้นสามารถทำได้ด้วยวิธีการตรวจหาก้อนในปอด (lung nodule) ด้วยการประเมินก้อนชนิด Solitary Pulmonary Nodule (SPN) จากภาพถ่ายเอกซเรย์ปอด (chest x-ray) ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT images) หรือภาพจากเครื่อง SPECT เพื่อยืนยันผลการเป็นโรคมะเร็งปอด เครื่องมือสร้างภาพดังกล่าวช่วยให้แพทย์สามารถตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งในระยะเริ่มต้นได้และส่งผลให้การรักษามีโอกาสประสบความสำเร็จยิ่งขึ้น

ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับช่วยในการตรวจวินิจฉัยให้มีความถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีการประยุกต์หลักการประมวลผลภาพดิจิทัล (digital image processing) ร่วมกับการสร้างภาพทางการแพทย์ (Medical imaging) ส่งผลให้แพทย์สามารถตรวจวินิจฉัยโรคต่างๆ ได้อย่างถูกต้องมากขึ้น ปัจจุบันเริ่มมีการนำคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยโรค (Computer-aided diagnosis) มาช่วยแพทย์ตรวจหาก้อนในปอดมากยิ่งขึ้นเพื่อให้การตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งมีความถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็ว และเชื่อถือได้ โดยเฉพาะการตรวจวินิจฉัยก้อนในปอดจากภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ซึ่งก้อนดังกล่าวมีขนาดค่อนข้างเล็กทำให้ยากต่อการมองด้วยตาเปล่า การพัฒนาอัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจหาก้อนในปอดจึงเป็นอีกทางเลือกที่สามารถช่วยวิเคราะห์รอยโรคจากภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอด อย่างไรก็ตามการศึกษาร่วมกันเพื่อสร้างอัลกอริทึมที่ใช้ในการตรวจหาก้อนในปอดที่ผ่านมาใช้หลักการประมวลผลภาพดิจิทัลที่แตกต่างกันในการวิเคราะห์หาก้อนในปอด ส่วนใหญ่ใช้วิธีการวิเคราะห์ความเข้มสีและรูปร่างของก้อนในปอดเพื่อหาและระบุตำแหน่งก้อนดังกล่าวและแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตามการประมวลผลภาพดิจิทัลด้วยหลักการวิเคราะห์รูปร่างของก้อนในปอดยังสามารถใช้การประเมินด้วยเทคนิค Feature extraction ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลรูปร่างวัตถุที่มีขนาดเล็กค่อนข้างดีซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจหาก้อนในปอดจากภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ได้

การศึกษาร่วมกันครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์สำหรับตรวจวินิจฉัยก้อนในปอดแบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค Feature extraction เพื่อช่วยแพทย์ตรวจหาและระบุตำแหน่งก้อนในปอดส่งผลให้การวินิจฉัยโรคมะเร็งมีความถูกต้องและรวดเร็ว ซึ่งอาจช่วยลดอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งปอดได้ดียิ่งขึ้น

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้พัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดแบบอัตโนมัติด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลจากข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำนวน 120 ราย ซึ่งได้จากฐานข้อมูลภาพมาตรฐาน Lung Image Database Consortium (LIDC) ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

การศึกษาคุณลักษณะของก้อนในปอด

ภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดประกอบด้วยอวัยวะที่มีความคล้ายคลึงกับก้อนในปอดเป็นจำนวนมากทำให้แพทย์ยากต่อการตรวจหาก้อนในปอดด้วยตาเปล่า อย่างไรก็ตามลักษณะของก้อนในปอดมีรูปแบบที่ค่อนข้างจำเพาะทำให้สามารถใช้การวิเคราะห์รูปร่างด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อระบุตำแหน่งได้ โดยภายในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดประกอบด้วยอวัยวะที่สำคัญได้แก่ กล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อ (soft tissue) กระดูก (bone) และปอด (lung) สำหรับบริเวณปอดยังประกอบด้วยเนื้อเยื่อปอด หลอดเลือด หลอดลมและพยาธิสภาพชนิดต่างๆ รวมทั้งก้อนในปอดที่ปรากฏบนภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับเส้นเลือดและหลอดลมทั้งความเข้มสี (intensity) ขนาด (size) และรูปร่าง (shape) ดังนั้นเพื่อให้อัลกอริทึมสามารถตรวจหาก้อนในปอดได้อย่างถูกต้องจึงใช้วิธีการศึกษาคุณลักษณะต่างๆ ทั้งด้านความเข้มสีและขนาดของก้อนในปอดก่อน โดยการศึกษาความเข้มสีของก้อนในปอดช่วยให้สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างก้อนในปอดกับเส้นเลือดหรือหลอดลมออกจากกันได้ สำหรับการวิเคราะห์หาขนาดของก้อนในปอดเป็นการคำนวณหาขนาดของก้อนในปอดที่ตรวจพบ โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยขนาดก้อนในปอดของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยจากฐานข้อมูลภาพมาตรฐานที่ผ่านการอ่านผลจากรังสีแพทย์ว่ามีก้อนในปอดจำนวน 90 ราย

การสร้างและทดสอบอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (training)

การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดใช้วิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลด้วยโปรแกรม MATLAB ประกอบด้วยการแบ่งส่วนภาพปอด (Lung Segmentation) ที่ใช้วิธีการวิเคราะห์พื้นที่บริเวณเนื้อเยื่อปอดที่ปรากฏในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์และแบ่งพื้นที่ส่วนของกล้ามเนื้อ กระดูก หลอดเลือด หลอดลม และก้อนในปอด เพื่อตัดส่วนของกระดูกและกล้ามเนื้อที่อยู่รอบปอดออกจากส่วนของปอด จากนั้นทำการแบ่งส่วนภาพด้วยวิธีการ subtraction image ทำให้สามารถตัดส่วนของกล้ามเนื้อและกระดูกที่อยู่ภายในภาพออกได้ทั้งหมด จากนั้นทำการกรองข้อมูลภาพด้วยตัวกรองภาพชนิด median filter ร่วมกับการทำ Morphological operation ด้วยวิธี erode image เพื่อกำจัดสิ่งรบกวนขนาดเล็กออกจากภาพปอด (eliminate small object in lung) และใช้เทคนิค image thresholding เพื่อเลือกแสดงช่วงความเข้มสีก้อนในปอดให้เหมาะสมสำหรับการแยกคุณลักษณะของก้อนในปอดต่อไป จากนั้นทำการการแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอด (Feature Extraction) ด้วยการแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอด โดยทำการประเมินรูปร่างก้อนในปอดเพื่อให้ทราบลักษณะและรูปร่างของก้อนในปอดด้วยค่า Eccentricity นอกจากนี้ยังทำการประเมินค่าความเข้มสีของก้อนในปอด โดยผลที่ได้จากการแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอด

ด้วยวิธีดังกล่าวทำให้ทราบถึงรูปร่างและค่าความเข้มสีเฉพาะของก้อนในปอดซึ่งทำให้สามารถแยกเส้นเลือดออกจากก้อนในปอดได้

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

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

ผลการศึกษา (Results)

ผลการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดแบบอัตโนมัติด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดได้ผลการวิจัยดังต่อไปนี้

ผลการศึกษาคูณลักษณะของก้อนในปอด

จากการศึกษาก้อนในปอดทำให้ทราบว่าก้อนในปอดที่ปรากฏในภาพมีลักษณะคล้ายกับเส้นเลือดและหลอดเลือดแต่มีรูปร่าง ขนาด และความเข้มสีแตกต่างกัน จึงได้ทำการศึกษาความเข้มสี ขนาด และรูปร่างของก้อนในปอดเพื่อนำไปใช้ในการกำหนดพารามิเตอร์สำหรับการตรวจจับก้อนในปอดจากการรวบรวมและวิเคราะห์รูปร่าง ขนาดและความเข้มสีเฉลี่ยของก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 ราย ที่มีจำนวนก้อนในปอดรวมทั้งสิ้น 144 ก้อน เมื่อประเมินจากผลการแจกแจงความถี่ของก้อนในปอดพบว่าก้อนในปอดทั้งหมดมีขนาดมากกว่า 5 มิลลิเมตร และเมื่อศึกษาความเข้มสีของก้อนในปอดจากการวิเคราะห์ผลการแจกแจงความถี่ค่าความเข้มสี พบว่าก้อนในปอดมีค่าความเข้มสีอยู่ในช่วง 0.15 ถึง 0.7 ดังรูปที่ 4 ข้อมูลจากการศึกษาดังกล่าวนำไปใช้ในการกำหนดค่าความเข้มสีและขนาดก้อนในปอดที่ต้องการตรวจหาในอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดต่อไป

ผลการสร้างและทดสอบอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (training)

การแบ่งส่วนภาพปอด (Lung Segmentation)

ผลการแบ่งส่วนภาพปอดเพื่อแยกส่วนประกอบอื่นนอกจากเนื้อเยื่อปอดทำให้ภาพที่ได้หลังการแบ่งส่วนภาพปรากฏเฉพาะหลอดเลือด หลอดลมและก้อนในปอดเท่านั้น โดยไม่มีกล้ามเนื้อและกระดูกรวมอยู่ด้วยทำให้ง่ายต่อการประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์ก้อนในปอด

การแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอด (Feature Extraction)

ผลการวิเคราะห์รูปร่างของก้อนในปอดด้วยการประเมินค่า eccentricity พบว่าก้อนปอดส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างกลม ผลการประเมินค่า eccentricity ระหว่างก้อนในปอด หลอดลม และเส้นเลือด พบว่าก้อนในปอดมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 0.9 ผลการวิเคราะห์ความเข้มสีของก้อนในปอดทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของความเข้มสีของก้อนในปอดมีค่าเท่ากับ 0.40 ± 0.11 โดยที่ความเข้มสีของก้อนปอดทั้งหมดของก้อนในปอดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.15 ถึง 0.7 สำหรับขนาดของก้อนในปอด กำหนดให้อัลกอริทึมตรวจหาก้อนที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ตามผลที่ได้จากการศึกษาคุณลักษณะของก้อนในปอด นอกจากนี้อัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดที่สร้างขึ้นยังสามารถสร้างกรอบแสดงตำแหน่งและขอบเขตของก้อนในปอดได้ ดังรูปที่ 6 การทดสอบอัลกอริทึมของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ พบว่าค่า sensitivity ที่ดีที่สุดเท่ากับ 93% และค่า False positives rate (FPR) เท่ากับ 2.94 ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าดังกล่าวไปทำการทดสอบในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาก้อนในปอดที่สร้างขึ้นโดยใช้กลุ่มตัวอย่างในการทดสอบที่แตกต่างกัน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้น (Testing)

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

อภิปรายผลการศึกษา (Discussion)

การวิเคราะห์รูปร่างของก้อนในปอดด้วยเทคนิค feature extraction ด้วยการประเมินรูปร่างของก้อนในปอดส่งผลให้การตรวจหาก้อนในปอดมีค่า Sensitivity และค่า FPR ที่ดี โดยการกำหนดรูปร่างด้วยค่า Eccentricity พบว่าช่วง 0 ถึง 0.9 ให้ค่า Sensitivity และค่า FPR ที่ดีที่สุด อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีค่าความไวดีกว่า Beigelman Aubry และคณะ¹⁶ ที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดรุ่น ImageChecker CT CAD system ซึ่งมีค่าความไวเท่ากับ 65.4% เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้วิธีการแตกต่างกับวิธีดังกล่าวโดยเป็นการพิจารณารูปร่างของก้อนในปอดด้วยเทคนิค feature extraction นอกจากนี้งานวิจัยของ Lee และคณะ¹⁷ ได้ทำการวิจัยเรื่องการวินิจฉัยก้อนในปอดโดยใช้ตัวกรองชนิด 2D dot enhancement filter ซึ่งเป็นตัวกรองที่ใช้เพื่อเพิ่มความคมชัดของก้อนในอวัยวะที่สนใจ พบว่ามีค่า sensitivity เท่ากับ 93.4% และ FPR เท่ากับ 4.2

อย่างไรก็ตามอัลกอริทึมช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นใช้สำหรับตรวจจับก้อนที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตรและก้อนดังกล่าวจะต้องไม่ติดกับผนังปอดเนื่องจากจะส่งผลให้เกิดการตรวจจับที่ผิดพลาด สำหรับค่า sensitivity และ FPR ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นค่าที่ได้มาจากภาพที่เป็นตำแหน่งกึ่งกลางก้อนในปอด ดังนั้นค่า FPR ที่ได้จึงมีค่าต่ำ หากทำการตรวจจับก้อนในปอดที่อยู่ใกล้กับผนังปอดอาจทำให้ค่า FPR มีค่าสูงขึ้นได้

สรุปผลการศึกษา (conclusion)

การศึกษาวินิจฉัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาอัลกอริทึมช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดด้วยกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัลจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดที่มีก้อนในปอดประกอบด้วย การแบ่งส่วนภาพปอดเพื่อแยกกล้ามเนื้อและกระดูกออกจากปอด การใช้ตัวกรองชนิด Median filter ขนาด 3x3 pixels ร่วมกับการทำ Morphological operation ด้วยวิธี erode image เพื่อกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กออกจากภาพ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาความเข้มสีและคุณลักษณะรูปร่างของก้อนในปอดเพื่อแยกลักษณะเฉพาะของก้อนในปอดด้วยเทคนิค Feature extraction ผลการศึกษาพบว่าอัลกอริทึมช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นสามารถตรวจจับและระบุตำแหน่งของก้อนในปอดบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดของผู้ป่วยได้ด้วยค่า sensitivity เท่ากับ 93% และค่า FPR เท่ากับ 3.52 ต่อภาพอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นแนวทางในศึกษาเพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับช่วยวินิจฉัยโรคอื่นๆ ต่อไปได้ในอนาคต

สารบัญเรื่อง (Table of contents)

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement).....	3
บทคัดย่อ	4
Abstract.....	4
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร.....	5
(Executive Summary).....	5
สารบัญเรื่อง (Table of contents).....	10
สารบัญภาพ (List of Illustrations).....	12
สารบัญตาราง (List of Tables).....	13
บทที่ 1	14
บทนำ (Introduction).....	14
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	14
1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	16
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	25
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	25
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย	26
บทที่ 2	27
เนื้อเรื่อง (Main body)	27
2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	27
2.1.1 การศึกษาคุณลักษณะของก้อนในปอด.....	27
2.1.2 การสร้างและทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (training)	27
2.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้น (Testing).....	31
บทที่ 3	32
ผลการวิจัย (Results).....	32
3.1 ผลการวิจัยเพื่อสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดแบบอัตโนมัติ	32
3.1.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะของก้อนในปอด	32
3.1.2 ผลการสร้างและทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (training).....	33
3.1.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้น (Testing).....	42
บทที่ 4	44
ข้อวิจารณ์ (Discussion).....	44
บทที่ 5	45

สรุปและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendation)	45
เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย	46
ภาคผนวก: บทความสำหรับการเผยแพร่.....	50



สารบัญภาพ (List of Illustrations)

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงลักษณะของวอกซีลในภาพซีที.....	18
รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างภาพซีที	18
ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการวินิจฉัยโรคจากภาพถ่ายทางการแพทย์.....	21
ภาพที่ 4 แสดงแผนภาพขั้นตอนการสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด.....	28
รูปที่ 5 แสดงภาพต้นแบบที่ผ่านการแปลงภาพด้วยโปรแกรม MATLAB	29
รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและจำนวนก้อนในปอดจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 คน ซึ่งมี จำนวนก้อนในปอดรวมทั้งหมด 118 ก้อน	32
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีและจำนวนก้อนในปอดจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 คน ซึ่งมีจำนวนก้อนในปอดรวมทั้งหมด 118 ก้อน.....	33
รูปที่ 8 แสดงภาพต้นแบบที่ผ่านการแปลงภาพด้วยโปรแกรม MATLAB.....	34
รูปที่ 9 แสดงภาพที่ผ่านการกำจัดองค์ประกอบขนาดเล็กออกจากภาพด้วยใช้ตัวกรองชนิด Median ขนาด 3x3.....	34
รูปที่ 10 แสดงภาพที่ผ่านการกำจัดองค์ประกอบขนาดเล็กออกจากภาพด้วยใช้ตัวกรองชนิด Median ขนาด 5x5.....	35
รูปที่ 11 แสดงภาพที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดวัตถุที่มีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 มิลลิเมตรออก.....	36
รูปที่ 12 แสดงลักษณะรูปร่างของก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	37
รูปที่ 13 แสดงภาพที่ผ่านขั้นตอนการกำหนดค่า Eccentricity ในช่วง 0 ถึง 0.7	38
รูปที่ 14 แสดงภาพที่ผ่านขั้นตอนการกำหนดค่า Eccentricity ในช่วง 0 ถึง 0.8	38
รูปที่ 15 แสดงภาพที่ผ่านขั้นตอนการกำหนดค่า Eccentricity ในช่วง 0 ถึง 0.9	39
รูปที่ 16 แสดงภาพก้อนในปอดที่มีความเข้มอยู่ระหว่างช่วง 0.5 ถึง 0.7	40

สารบัญตาราง (List of Tables)

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงการประเมินเพื่อหาค่าความไวและความจำเพาะของเครื่องมือการตรวจวินิจฉัย	23
ตารางที่ 2 แสดงอัลกอริทึมที่ใช้ในการทดสอบการตรวจจับก้อนในปอดจากงซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้น.....	40
ตารางที่ 3 แสดงค่า TP, TN และ FP ที่ได้จากการใช้ตัวกรองภาพชนิด Median filter และการประเมินคุณลักษณะของก้อนในปอดจากค่า eccentricity และ mean intensity ที่ระดับต่างๆ.....	41
ตารางที่ 4 แสดงค่า Sensitivity และค่า False positives rate (FPR) จากการทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดเพื่อหาคุณลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมในการตรวจจับก้อนในปอด	42
ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด.....	43
ตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดด้วยค่า Sensitivity และ False positive rate	43

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

โรคมะเร็งนับเป็นปัญหาคุกคามที่สำคัญต่อทั้งเศรษฐกิจและสังคมไทย โดยในแต่ละปีรัฐบาลสูญเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเป็นจำนวนค่อนข้างมาก สำหรับสถานการณ์โรคมะเร็งในประเทศไทยจากข้อมูลสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุขพบว่ามะเร็งเป็นสาเหตุการตายอันดับ 1 ติดต่อกันเป็นเวลานาน โดยปี พ.ศ. 2554 มีผู้เสียชีวิตจากโรคมะเร็งทั้งหมด 61,082 ราย หรือเฉลี่ยชั่วโมงละ 7 ราย เป็นผู้ป่วยเพศชาย 35,437 ราย และหญิง 25,645 ราย (สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2554) โรคมะเร็งที่เพศชายป่วยมากที่สุด ได้แก่ มะเร็งตับ ปอด ลำไส้และทวารหนัก ต่อมลูกหมาก และมะเร็งเม็ดเลือดขาวตามลำดับ ในขณะที่เพศหญิง ได้แก่ มะเร็งเต้านม ตับ ปากมดลูก ปอด ลำไส้ใหญ่และทวารหนัก ตามลำดับ (บรรณาธิการ, 2556) สำหรับสถานการณ์มะเร็งทั่วโลกจากสถิติและการคาดการณ์ขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization) (Globocan, 2008; Liao, Xiao, Wong, & Chiang, 2010) คาดว่าในปี 2548-2558 จะมีผู้ป่วยเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งทั่วโลกมากถึง 84 ล้านรายและคาดการณ์ว่าปี พ.ศ. 2573 จะมีผู้ป่วยตายเพิ่มขึ้นอีก 11.4 ล้านคน ด้วยเหตุนี้องค์การอนามัยโลกจึงได้สนับสนุนให้ทุกประเทศทั่วโลกจัดทำแผนการป้องกันและควบคุมโรคมะเร็งระดับชาติ สำหรับประเทศไทยได้กำหนดแผนการป้องกันและควบคุมโรคมะเร็ง 7 ยุทธศาสตร์ด้วยกัน โดยเฉพาะยุทธศาสตร์ด้านการวิจัย (Cancer research) ซึ่งส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงและต้นทุนต่ำสำหรับการป้องกัน การตรวจวินิจฉัยระยะเริ่มแรก การรักษาและการดูแลผู้ป่วยโรคมะเร็งแบบประคับประคอง

โรคมะเร็งปอดเป็นโรคที่มีผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นทุกปี จากข้อมูลของสถาบันมะเร็งแห่งชาติปี 2554 พบว่ามีผู้ป่วยเพศชายมากเป็นอันดับที่ 2 ของโรคมะเร็งทั้งหมด(Boyle, Levin, & Lyon, 2008; Youlden, Cramb, & Baade, 2008) แนวโน้มการเกิดโรคมะเร็งปอดในระยะเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปี 2542-2552 มีผู้ป่วยโรคมะเร็งปอดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อปี 2542 มีทั้งสิ้น 9,000 ราย และปี 2552 อยู่ที่ 19,000 ราย ทำให้เห็นได้ชัดว่าจำนวนผู้ป่วยมะเร็งปอดเพิ่มขึ้นถึงสองเท่าในช่วงระยะเวลาดังกล่าว โรคมะเร็งปอดเป็นโรคที่มีความร้ายแรงมากเนื่องจากผู้ป่วยที่ตรวจพบว่าเป็นมะเร็งปอดสามารถรอดจากการเสียชีวิตเพียงจำนวนเล็กน้อยเท่านั้นด้วยเหตุที่โรคมะเร็งปอดมักจะไม่แสดงสัญญาณเตือนใด ๆ ในระยะแรก มักตรวจพบตอนเข้าสู่ระยะที่รักษาได้ยาก (M. L. Giger, H.-P. Chan, & J. Boone, 2008) สาเหตุของการเป็นมะเร็งปอดเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น การสูบบุหรี่ การหายใจเอาสารบางชนิดเข้าไป เช่น โครเมียม แคดเมียม โคบอลต์ ซิรีเนียม เงิน เหล็กกล้า หรือการเป็นแผลเป็นที่ปอด โดยเฉพาะแผลเป็นจากการเคยป่วยเป็นวัณโรคหรือแผลเป็นจากการที่เคยเป็นปอดอักเสบบ่อย สำหรับข้อมูลในประเทศไทยตาม Hospital-based cancer registry 2008, National Cancer Institute, ministry of public health Thailand มะเร็งปอดพบบ่อยเป็นอันดับสองในเพศชายรองจากมะเร็งลำไส้ใหญ่ และเป็นอันดับสี่ในเพศหญิง รองจากมะเร็งเต้านม มะเร็งปากมดลูก และ

มะเร็งลำไส้ใหญ่ ตามลำดับ โดยที่แนวโน้มของอัตราการตายจากมะเร็งปอดนั้นลดลงในเพศชาย และเพิ่มขึ้นในเพศหญิงตลอดช่วงหลายปีที่ผ่านมา(Devesa, Vizcaino, & D., 2005)

สำหรับการวินิจฉัยโรคมะเร็งปอดเป็นการมุ่งเน้นไปที่การตรวจวินิจฉัยเพื่อหาก้อนในปอดชนิด Solitary Pulmonary Nodule (SPN) เป็นหลักซึ่งสามารถตรวจวินิจฉัยได้จากภาพเอกซเรย์ปอด (chest x-ray) หรือภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT images) เพื่อยืนยันผลการเป็นโรคมะเร็ง อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการศึกษาวินิจฉัยทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การตรวจรักษามีประสิทธิภาพสูงสุด โดยเฉพาะการนำเครื่องมือทางด้านรังสีวิทยามาใช้ในการตรวจรักษาโรคซึ่งกำลังเป็นที่นิยมเนื่องจากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งในระยะเริ่มต้นได้และให้ผลการรักษาที่ดี (อาคม, เสาวคนธ์, อนันต์, & อีรุณี, 2548)

การวินิจฉัยโรคมะเร็งปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญถือว่ามีความถูกต้องและแม่นยำสูง(รังสีวินิจฉัย, 2550) แต่ด้วยเหตุที่ในขณะที่ปัจจุบันประเทศไทยยังขาดแคลนรังสีแพทย์เป็นจำนวนมากส่งผลให้การตรวจวินิจฉัยตลอดจนการรักษาเป็นไปด้วยความล่าช้า นอกจากความถูกต้องของการตรวจวินิจฉัยผู้ป่วยด้วยภาพถ่ายทางการแพทย์จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของภาพถ่ายและการประเมินผลของรังสีแพทย์เป็นหลัก โดยการวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์ด้วยสายตามนุษย์นั้นมีข้อจำกัดหลายประการทั้งด้านความสามารถในการมองเห็นของแต่ละบุคคล ความเหนื่อยล้าของสายตากรณีที่มีการอ่านผลเป็นจำนวนมาก และการซ้อนทับกันของอวัยวะใกล้เคียงที่ปรากฏบนภาพถ่ายทางการแพทย์ โดยสิ่งต่างๆ เหล่านี้อาจส่งผลให้การตรวจวินิจฉัยเกิดความคลาดเคลื่อนซึ่งเกิดผลเสียต่อการรักษาโรคในขั้นต่อไป

อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าทางวิศวกรรมชีวการแพทย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิจัยเพื่อประมวลผลภาพทางการแพทย์ (Medical imaging) ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง(M. Giger, H.-P. Chan, & J. Boone, 2008) โดยสามารถนำผลการวิจัยมาประยุกต์ใช้ในการช่วยตรวจวินิจฉัยโรคต่างๆ ได้ดีขึ้น (K. Doi, 2005, 2007; H Fujita et al., 2008; Shigehiko & Kunio, 2007) เช่น การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยวินิจฉัยโรค (Computer aided diagnosis) ซึ่งส่งผลให้การตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น มีความเชื่อถือได้ และผู้ป่วยได้รับการรักษาด้วยวิธีการที่ถูกต้อง (Abe & al, 2003; Arzhaeva et al., 2007; Bagci, Bray, Caban, Yao, & Mollura, 2012; Bram van, Laurens, & Mathias, 2009; Chan, 2007, 2010; K. Doi, 2005, 2007; Kunio Doi, MacMahon, Katsuragawa, Nishikawa, & Jiang, 1999; Erickson & Bartholmai, 2002; Freedman et al., 2004; H Fujita, et al., 2008; Hiroshi Fujita et al., 2008; He, He, Wang, & Ma, 2008; Kondo & Kouda, 2001; Liao, et al., 2010; Monnier-Cholley et al., 1998; Rafael, Rogalla, Zwartkuis, & Blaffert, 2002; Samulski et al., 2011; van Ginneken, ter Haar Romeny, & Viergever, 2001; Xu & al, 2010) ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาวินิจฉัยโดยนำความรู้ทางด้านประมวลผลภาพดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ร่วมกับองค์ความรู้ด้านการแพทย์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับตรวจวินิจฉัยก้อนในปอดได้โดยอัตโนมัติ เพื่อให้การวินิจฉัยมีความถูกต้องและรวดเร็ว ส่งผลให้สามารถช่วยลดอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งปอดได้ดียิ่งขึ้น

1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

โรคมะเร็งปอด

โรคมะเร็งปอดเป็นโรคที่พบบ่อยและเป็นสาเหตุของการตายเป็นอันดับต้นของประชากรโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่พัฒนาแล้วและทวีความรุนแรงขึ้นในประเทศกำลังพัฒนา จากสถิติมะเร็งของไทยในช่วงปี พ.ศ. 2542-2552 พบว่าในเพศชายมะเร็งปอดพบสูงเป็นอันดับสองและพบบ่อยเป็นอันดับสี่ในเพศหญิง (Devesa, et al., 2005) โดยการสูบบุหรี่เป็นสาเหตุที่สำคัญของโรคมะเร็งปอด จากการศึกษาในประเทศแถบภูมิภาคตะวันตก พบว่าการสูบบุหรี่เป็นปัจจัยประมาณร้อยละ 90 ของผู้ป่วยโรคมะเร็งปอด การสัมผัสสารก่อมะเร็งจากการประกอบอาชีพเป็นปัจจัยร้อยละ 9 ถึง 15 การสัมผัสสารเรดอนเป็นปัจจัยร้อยละ 10 และมลภาวะในอากาศเป็นปัจจัยร้อยละ 1 ถึง 2 โดยผู้ป่วยที่สูบบุหรี่จะมีโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งปอดประมาณ 20 เท่าของผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ อัตราตายจากบุหรี่จะขึ้นอยู่กับปริมาณการสูบบุหรี่ต่อวันและระยะเวลาที่สูบบุหรี่รวมทั้งชนิดของบุหรี่ที่สูบบุหรี่จะลดความเสี่ยงการเป็นโรคมะเร็งในผู้สูบบุหรี่ทุกอายุ (กระทรวงสาธารณสุข, 2547)

ก้อนในปอด (กระทรวงสาธารณสุข, 2547)

ก้อนในปอด (Solitary Pulmonary Nodule) เป็นก้อนที่มีลักษณะคล้ายก้อนเนื้อเดี่ยวที่พบอยู่ในปอดมีขนาดเล็กกว่า 3 เซนติเมตรโดยอาจเป็นได้ทั้งก้อนเนื้อออก (Benign) หรือมะเร็ง (Malignant) ในกรณีที่ก้อนเนื้อใหญ่กว่า 3 เซนติเมตรเรียกว่า mass สำหรับก้อนในปอด (nodule) ที่มีลักษณะเล็กกว่า 1 เซนติเมตร เรียกว่า subcentimeter pulmonary nodule ส่วน indeterminate nodule คือ nodule ที่ไม่สามารถวินิจฉัยได้ว่าเป็น benign หรือ malignant nodule โดยทั่วไปผู้ป่วยมักไม่มีอาการ แต่เนื่องจาก Solitary Pulmonary Nodule (SPN) ส่วนหนึ่งมีสาเหตุจาก malignancy สำหรับกรณีที่เกิดจาก primary lung cancer มีโอกาสผ่าตัดรักษาให้หายขาดได้หากพบว่าเป็นระยะแรก สิ่งสำคัญของการรักษาขึ้นอยู่กับความสามารถในการแยกก้อนในปอดว่าเป็นชนิด benign หรือ malignant nodule เพื่อจะได้วางแผนการรักษาที่ถูกต้องต่อไปด้วยการประเมินจากปัจจัยเสี่ยงของการเกิดมะเร็งและลักษณะของก้อนในปอด

เนื่องจากปัจจุบันมะเร็งปอดเป็นสาเหตุการตายค่อนข้างสูงทั้งในเพศชายและเพศหญิงซึ่งรักษาได้เฉพาะกรณีที่โรครอยู่ในระยะแรก ๆ เท่านั้น ทั้งนี้หากตรวจพบมะเร็งปอดตั้งแต่ระยะแรกจะมีโอกาสรักษาให้หายขาดได้สูงถึง 90% ดังนั้นการตรวจคัดกรองโรคมะเร็งปอดจึงมีความสำคัญมากเพื่อให้ทราบสถานะของโรคก่อนการดำเนินโรคไประยะรุนแรงขึ้น การตรวจคัดกรองโรคมะเร็งปอดสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการตรวจเสมหะ การเอกซเรย์ปอด หรือการตรวจโดยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากการถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามารถให้รายละเอียดของภาพที่แสดงถึงรอยโรคได้สูงด้วยเทคโนโลยี High-resolution CT Scan ซึ่งสามารถตรวจพบรอยโรคที่มีขนาด 2-3 มิลลิเมตรหรือเล็กกว่านั้นได้ การศึกษาวิจัยหลายงานแสดงให้เห็นว่าการตรวจประจำปีในประชากรกลุ่มเสี่ยงสามารถตรวจพบมะเร็งปอดตั้งแต่ระยะแรก ๆ โดยมีความไวเฉลี่ยสูงกว่าการตรวจด้วยเอกซเรย์ปอดทั่วไปถึงสี่เท่า (7)

การวินิจฉัยโรคมะเร็งปอด

การวินิจฉัยและการประเมินระยะลุกลามของโรคโดยปกติใช้วิธีการซักประวัติและตรวจร่างกาย โดยที่การถ่ายภาพรังสีทรวงอกเป็นสิ่งที่จำเป็นมากเนื่องจากสามารถช่วยให้พบลักษณะเงาก้อนในปอด ต่อม้ำเหลืองที่ mediastinum ภาวะसरน้ำในช่องเยื่อหุ้มปอดหรือลักษณะที่มะเร็งลุกลามเข้าผนังทรวงอกได้ สำหรับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทรวงอกที่ครอบคลุมทั้งต่อมหมวกไตสามารถช่วยในการวินิจฉัยโรคได้ค่อนข้างมากเนื่องจากช่วยให้ทราบขนาดก้อนและการลุกลามของก้อนเข้าสู่อวัยวะใกล้เคียงได้ (กระทรวงสาธารณสุข, 2547) โดยลักษณะสำคัญที่จะช่วยในการวินิจฉัยโรคมะเร็งปอดประกอบด้วยลักษณะของก้อนในปอด (nodule) และขอบเขตของก้อน หากพบว่าก้อนในปอดมีขนาดใหญ่มีโอกาสที่จะเป็นโรคมะเร็งสูง อัตราการโตของก้อนกรณีที่ผู้ป่วยเป็นโรคมะเร็งจะมีการโตขึ้นเป็น 2 เท่าในเวลา 6 สัปดาห์ถึง 12 เดือน สำหรับการวินิจฉัยขอบเขตของก้อน หากลักษณะขอบไม่ชัดเจนพร้อมกับไม่สามารถแยกพยาธิสภาพบางส่วนหรือทั้งหมดออกจากเนื้อปอดปกติจะพบว่าเป็นลักษณะหนึ่งของ malignancy กรณีขอบชัดและเรียบมาก (well-defined and smooth) มักจะเป็น benign (กระทรวงสาธารณสุข, 2547)

การรักษาโรคมะเร็งปอด

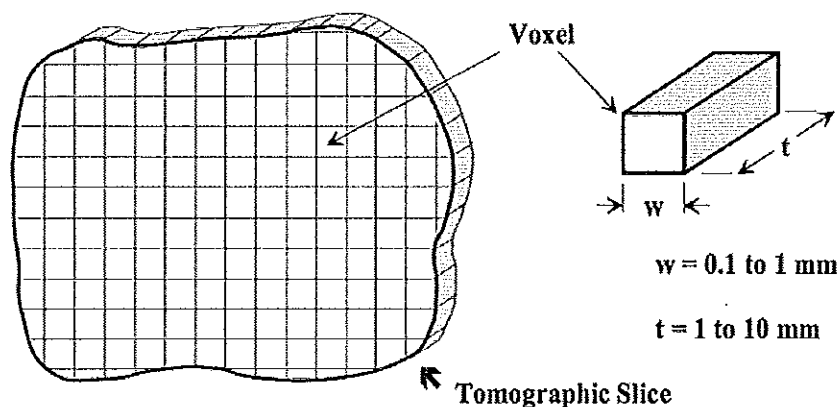
สำหรับการรักษาโรคมะเร็งปอดหากการตรวจชิ้นเนื้อพบว่าเป็นชนิด metastatic nodule จะใช้วิธีการทำ wedge resection แต่หากพบว่าเป็น primary lung cancer จำเป็นที่จะต้องตัดเนื้อปอดเพิ่มเติม โดยมาตรฐานการรักษาด้วยการผ่าตัดอย่างน้อย lobectomy ร่วมกับการทำ mediastinal lymph nodule dissection เพื่อจะได้รู้ระยะของโรคและวางแผนในการให้ adjuvant treatment ต่อไป

เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (E., 2001; Kak & Slaney, 1999)

เอกซเรย์คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วิธีการแสวงหาข้อมูล (data acquisition) ด้วยวิธีการสร้างภาพทางรังสีและทำการสร้างภาพ (image reconstruction) ตัดขวางวัตถุที่มีลักษณะเป็นชิ้นบางๆ โดยใช้หลักการของการลดทอนของรังสีเมื่อผ่านวัตถุ เมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายเอกซเรย์ทั่วไปที่มีลักษณะ 2 มิติ ซึ่งทำให้เกิดการซ้อนทับกันของอวัยวะที่อยู่ภายในร่างกาย ในขณะที่เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามารถสร้างภาพตัดขวางทำให้สามารถแก้ปัญหาการซ้อนทับกันดังกล่าวได้ นอกจากนี้ภาพที่ได้ยังมีคอนทราสต์ (contrast) สูง เนื่องจากมีการกระเจิงของรังสี (scatter radiation) ต่ำ และสามารถนำไปใช้งานสร้างภาพขั้นสูงในลักษณะสามมิติเพื่อประโยชน์ในการวินิจฉัยได้ต่อไป

หลักการทํางานพื้นฐานของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

การสร้างภาพตัดขวางของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ใช้วิธีการวัดค่าที่เกิดจากการลดทอนของปริมาณรังสีเมื่อผ่านตัวผู้ป่วย จากนั้นนำค่าที่ได้มาทำการสร้างภาพในแนวตัดขวาง โดยแต่ละวอกซึล (voxel) ในภาพที่ได้นั้นจะแสดงถึงค่าเฉลี่ยของการลดทอนรังสีตลอดความหนาที่เอกซเรย์ผ่านดังภาพที่ 1

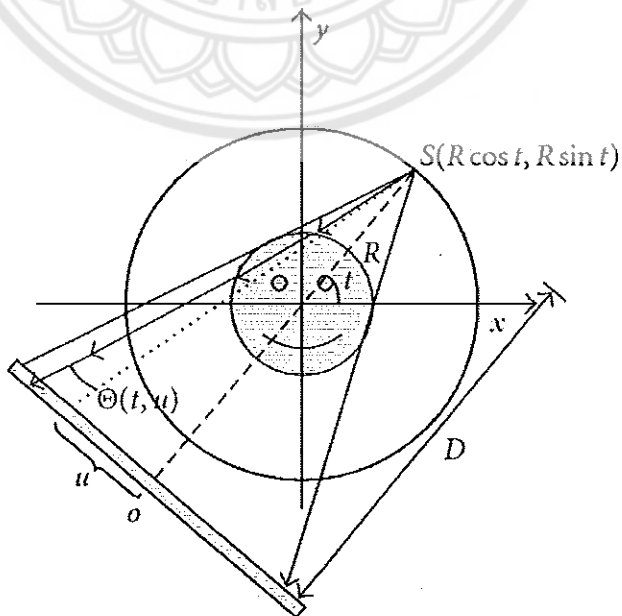


รูปที่ 1 แสดงลักษณะของวอกเซลในภาพซีที

ค่าการลดทอนรังสีที่ได้จากการวัดสำหรับสร้างภาพนั้นได้จากค่าปริมาณรังสีหลังจากผ่านวัตถุชนิดต่างๆ ซึ่งมีความหนา Δx ดังภาพ ซึ่งหาได้จากสมการที่ 1

$$I = I_0 e^{-\mu \Delta x} \tag{1}$$

เมื่อ I คือความเข้มของลำเอกซเรย์ที่วัดได้ในวัตถุที่มีความหนา Δx ในขณะที่ I_0 คือความเข้มของลำรังสีเริ่มต้นและ μ คือค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น (linear attenuation coefficient) ซึ่งเป็นค่าเฉพาะตามความหนาแน่นของแต่ละวัตถุดังภาพที่ 2



รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างภาพซีที

ดังนั้นหากต้องการทราบค่าความเข้มลำเอกซเรย์เมื่อผ่านวัตถุที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน สามารถทำได้โดยการรวมค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นตลอดแนวความหนาที่ลำเอกซเรย์ผ่านดังสมการที่ 2

$$I = I_0 e^{-\sum_{i=1}^k \mu_i \Delta x} \quad (2)$$

$$\text{เมื่อ } -\sum_{i=1}^k \mu_i \Delta x = -(\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \dots + \mu_k) \Delta x$$

เมื่อทำการเก็บข้อมูลจากการถ่ายภาพเอกซเรย์รอบตัวผู้ป่วยตามมุมต่างๆ ซึ่งปกติแล้วจะทำการเก็บข้อมูลอย่างน้อย 180 องศา โดยอาจแบ่งเก็บข้อมูลจากการหมุนครั้งละ 1 องศาทำให้ได้ข้อมูลภาพทั้งหมด 180 ภาพ ค่าการลดทอนตามแนวความกว้างของลำเอกซเรย์เรียกว่าค่าโปรเจกชัน (projection) ดังแสดงในภาพที่ 2 จากค่าโปรเจกชันดังกล่าวสามารถใช้วิธีทางคณิตศาสตร์หาพีชคณิตย้อนกลับเพื่อทำการสร้างภาพได้ด้วยวิธีการใช้วิธีการ simple back-projection หรือ filtered back-projection algorithms สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลภาพที่ได้เพื่อการวินิจฉัยโรคใช้วิธีการแปลงค่าการลดทอนในแต่ละวอกซีลให้อยู่ในรูปของค่า CT number ซึ่งเป็นการปรับเทียบค่าการลดทอนรังสีของวัตถุใดๆ กับค่าการลดทอนรังสีของน้ำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในร่างกายมนุษย์ดังสมการที่ 3

$$CT \text{ number} = k \frac{(\mu_{material} - \mu_{water})}{\mu_{water}} \quad (3)$$

เมื่อ $\mu_{material}$ คือ ค่าการลดทอนของรังสีในวัตถุใดๆ μ_{water} คือ ค่าการลดทอนของรังสีในน้ำ และ k เป็นค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 1,000

การประมวลผลภาพดิจิทัล

การประมวลผลภาพดิจิทัลได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่เริ่มมีการใช้คอมพิวเตอร์มากขึ้น ในปัจจุบันมนุษย์สามารถประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อนำมาใช้ประโยชน์โดยการปรับปรุงภาพเพื่อแปลความหมายให้มนุษย์เข้าใจได้ง่ายขึ้นตามการใช้งานแต่ละประเภท รวมไปถึงใช้วิธีการของการประมวลผลภาพเพื่อการเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ การส่งถ่ายข้อมูลภาพในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์และนำไปใช้ประยุกต์ใช้สำหรับการแสดงผลต่างๆ ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าในลักษณะของฟังก์ชัน 2 มิติด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ $f(x, y)$ เมื่อค่า x และ y คือพิกัดหรือคู่ spatial coordinates สำหรับบอกตำแหน่งค่าโหนดต่างๆ ภายในภาพโดยค่า f จะแสดงถึงค่าแอมพลิจูด (amplitude) ของคู่อินเดนต (x, y) หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นค่าความเข้ม (intensity) ซึ่งแสดงระดับโหนดที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ปรากฏบนภาพ โดยที่แต่ละภาพมีองค์ประกอบย่อยของเรียกว่าพิกเซล (pixel) การประมวลผลภาพดิจิทัลประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญดังต่อไปนี้ (Gonzalez & Woods, 1992; Gonzalez, Woods, & Eddins, 2004)

1) Image acquisition เป็นขั้นตอนแรกของการประมวลผลภาพเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่เริ่มทำการเก็บข้อมูลภาพดิจิทัลจากเครื่องมือการสร้างภาพชนิดต่างๆ

2) Image enhancement เป็นกระบวนการปรับปรุงภาพเพื่อให้ภาพที่ได้มีความคมชัดเหมาะสมกว่าภาพเดิมเพื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน (specific application) เนื่องจากความต้องการปรับปรุงภาพแต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกัน เช่น การปรับปรุงภาพถ่ายเอกซเรย์ จะใช้วิธีการที่ต่างไปจากการปรับปรุงภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้อินฟราเรดเนื่องจากมีต้นกำเนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกัน หลักการสร้างภาพด้วยวิธีนี้จึงไม่มีทฤษฎีสำหรับการรองรับว่าวิธีการประมวลผลภาพวิธีใดดีกว่ากัน ขึ้นอยู่กับประเภทของภาพและความเหมาะสมกับภาพนั้นๆ

3) Image restoration เป็นเทคนิคการปรับปรุงภาพให้ดีกว่าภาพตั้งต้นซึ่งแตกต่างจากวิธีการ image enhancement ที่ได้กล่าวแล้วข้างต้นซึ่งเป็นวิธีการปรับปรุงภาพแบบ subjective ซึ่งใช้การประเมินความเหมาะสมของภาพโดยมนุษย์ ในขณะที่การทำ image restoration เป็นวิธีการแบบ objective ซึ่งเป็นการประเมินผลภาพโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติเป็นหลัก

4) Morphological processing เป็นการแยกส่วนภาพ (image extracting) ซึ่งนำไปใช้สำหรับขั้นตอน Representation and description บริเวณให้ขอบของภาพชัดเจนขึ้น

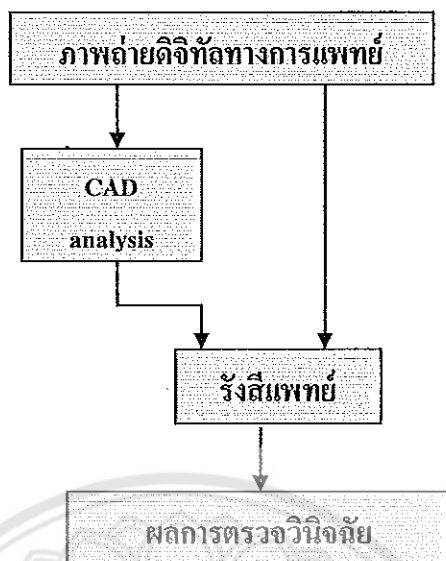
5) Segmentation เป็นวิธีการแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเฉพาะส่วนที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป วิธีการนี้มีขั้นตอนที่ค่อนข้างยากในการประมวลผลภาพดิจิทัล ตัวอย่างเช่น การทำ Active contour, region growing หรือ thresholding เป็นต้น

6) Object recognition ใช้สำหรับจดจำลักษณะเฉพาะที่อยู่ในภาพเพื่อแบ่งข้อมูลภาพออกเป็นชนิดต่างๆ เช่น การวิเคราะห์เพื่อแยกชนิดของดอกไม้ (Iris flower) ออกเป็น 3 ชนิด ตามขนาดของความกว้างและความยาวของกลีบดอก

7) Representation และ Description เป็นวิธีการที่นิยมใช้หลังผ่านการทำ image segmentation แล้วทำให้ได้ข้อมูลภาพที่มีขอบของภาพดังนั้นสามารถทำการลากเส้นต่อข้อมูลที่ขอบเพื่อทำการบอกขอบเขตที่สนใจได้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยโรค (Computer aided diagnosis, CAD)(H Fujita, et al., 2008; M. Giger, et al., 2008)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยโรคเป็นวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสำหรับการตรวจวินิจฉัยโรคจากภาพถ่ายทางการแพทย์ด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยคอมพิวเตอร์สามารถช่วยแพทย์ระบุตำแหน่งบริเวณที่เกิดโรค รวมทั้งสามารถบอกลักษณะความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้เพื่อช่วยยืนยันผลการตรวจวินิจฉัยโดยรังสีแพทย์ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการวินิจฉัยโรคจากภาพถ่ายทางการแพทย์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยโรคถูกนำมาใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคทางการแพทย์เป็นจำนวนมาก เช่น ใช้ในการตรวจหามะเร็งเต้านมในภาพถ่ายเอกซเรย์เต้านมแบบคัดกรอง (Screening mammography) การตรวจหาสิ่งผิดปกติที่บริเวณช่องทรวงอกโดยใช้ภาพถ่ายเอกซเรย์ทรวงอกหรือภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เช่น การตรวจหา lung nodule, interstitial diseases หรือการตรวจหามะเร็งปอด และการตรวจหาภาวะเลือดออกในสมองโดยใช้ภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เป็นต้น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยโรคเกิดจากการพัฒนาอัลกอริทึมคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม โดยการใช้การผสมผสานระหว่างการประมวลผลภาพดิจิทัลและการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ซึ่งประกอบไปด้วยการทำ pre-processing, segmentation, feature extraction และ classification

การเรียนรู้ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ถือเป็นสาขาหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence) ที่ได้พัฒนามาจากศีกษาภาพทางวิทยาการคอมพิวเตอร์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และเลียนแบบแนวคิดของมนุษย์ ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการทำนายแบบถดถอย (Regression) และการแบ่งกลุ่มหรือจำแนกกลุ่ม (Classification) เป็นหลัก การเรียนรู้ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1) การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised machine learning) เป็นการเรียนรู้ที่ทราบผลการวินิจฉัยจากแพทย์ผู้มีประสบการณ์อยู่แล้ว แต่นำมาสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยให้แพทย์ทั่วไปหรือแพทย์ฝึกหัดได้มีแนวทางในการวินิจฉัยโรคได้ อัลกอริทึมที่สำคัญ ได้แก่ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support vector machine; SVM), ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree; DT), โครงข่ายงานประสาทเทียม (Artificial neural network; ANN) เป็นต้น

2) การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised machine learning) เป็นการเรียนรู้ที่ไม่ทราบผลการวินิจฉัยจากแพทย์ผู้มีประสบการณ์อย่างชัดเจน หรืออาจจะไม่ทราบเลยก็ได้ การเรียนรู้แบบนี้จึงเป็นการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงหรือความแตกต่างเฉพาะตัวแปรอิสระ (Independent

variables) โดยอัลกอริทึมสำคัญได้แก่ การวิเคราะห์ส่วนสำคัญ (Principle component analysis; PCA), K-means เป็นต้น

ความถูกต้องและความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยโรคขึ้นอยู่กับชนิดของอัลกอริทึมและวิธีการประมวลผลภาพ ด้วยเหตุนี้ทำให้ที่ผ่านมาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยโรคมียุทธศาสตร์เพียงช่วยยืนยันความถูกต้องของการตรวจวินิจฉัยโรคเท่านั้นยังไม่สามารถนำมาใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคเป็นหลักได้ แต่เนื่องจากในปัจจุบันด้วยความก้าวหน้าทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ส่งผลให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยโรคมีความรวดเร็วและถูกต้อง ทำให้เริ่มมีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมาใช้ในการตรวจวินิจฉัยมากยิ่งขึ้นเนื่องจากได้รับความสนใจเป็นจำนวนมาก

โปรแกรม MATLAB

โปรแกรม MATLAB เป็นโปรแกรมที่ใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง (High-level Language) สำหรับการคำนวณทางเทคนิคที่ประกอบด้วยค่าตัวเลข กราฟิกที่ซับซ้อน และการจำลองแบบเพื่อให้มองเห็นภาพพจน์ได้ง่ายและชัดเจนชื่อของ MATLAB ย่อมาจาก matrix laboratory การทำงานของโปรแกรม MATLAB ประกอบด้วยฟังก์ชันต่างๆ ให้เลือกใช้มากมาย สามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในงานวิจัย พัฒนาและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขได้เป็นอย่างดี

ข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดจากฐานข้อมูล Lung Image Database Consortium

สถาบันมะเร็งแห่งชาติ (NCI) ของสหรัฐอเมริกาได้ทำการสร้างฐานข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดให้อยู่ในรูปของฐานข้อมูล Lung Image Database Consortium (LIDC) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ นักวิจัยทั่วไปได้ใช้ฐานข้อมูลดังกล่าวสำหรับการศึกษาวินิจฉัยในการพัฒนาอัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรคด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลโดยเน้นสำหรับการตรวจคัดกรองโรคมะเร็งปอดในผู้ป่วยที่มีภาวะเสี่ยง เนื่องจากการตรวจพบโรคดังกล่าวในระยะแรกสามารถลดอัตราการเสียชีวิตได้อย่างมีนัยสำคัญ ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของฐานข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดเป็นภาพที่ผ่านการวิเคราะห์และรายงานผลโดยรังสีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทำให้มีความน่าเชื่อถือค่อนข้างสูงสามารถเลือกภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีรายละเอียดภาพขนาดต่างๆ ได้ตามที่ต้องการ (Barbara Y. Croft; Samuel et al., 2011; Samuel et al., 2007)

การประเมินผลคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องมือการตรวจวินิจฉัย (กมลรัตน์กุล, ชลลา ประวรัตน์, & ตันประยูร, 2545)

โดยทั่วไปการส่งตรวจเพื่อวินิจฉัยโรคนั้นจะทำเมื่อประวัติการตรวจร่างกายหรือผลการตรวจก่อนหน้านั้นมีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะบอกว่าผู้ป่วยเป็นอะไร โดยแพทย์มักมีข้อมูลก่อนที่จะส่งตรวจว่าผู้ป่วยมีโอกาสที่จะเป็นโรคที่คาดไว้อยู่เท่าใดเพื่อการรักษาที่ถูกต้อง การตัดสินใจเลือกประเภทหรือวิธีการตรวจใหม่ก็จะต้องให้แน่ใจว่าผลของการตรวจนั้นสามารถลดความไม่แน่ใจของแพทย์ลงจากก่อนการตรวจได้ เครื่องมือหรือวิธีการตรวจที่เหมาะสมสำหรับโรคใดโรคนั้นนั้นมีอยู่หลายอย่าง เช่น ความไว (Sensitivity) ความจำเพาะ (Specificity) และอัตราความเป็นไปได้ (Likelihood ratio) เป็นต้น การประเมินคุณภาพของเครื่องมือหรือวิธีการตรวจนั้นสามารถทำได้โดยการแบ่งกลุ่มของผู้ป่วยออกเป็น 4 กลุ่มย่อยประกอบด้วยกลุ่มที่ 1 มีผลตรวจเป็นบวกในกลุ่มที่มีความผิดปกติ (True

Positive, TP) กลุ่มที่ 2 มีผลตรวจเป็นลบในกลุ่มที่มีความผิดปกติ (False Negative, FN) กลุ่มที่ 3 มีผลตรวจเป็นลบในกลุ่มที่ปกติ (True Negative, TN) กลุ่มที่ 4 มีผลตรวจเป็นบวกในกลุ่มที่ปกติ (False Positive, FP) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการประเมินเพื่อหาค่าความไวและความจำเพาะของเครื่องมือการตรวจวินิจฉัย

		สภาพจริงของผู้ป่วยจากการตรวจ		
		มาตรฐาน		
		Disease(+ ve)	Disease (- ve)	Total
ผลการตรวจ จากเครื่องมือที่จะ ทำการทดสอบ	+ ve result	TP	FP	TP + FP
	- ve result	FN	TN	FN + TN
	Total	TP + FN	FP+TN	TP + FP + FN + TN

ความไว (Sensitivity) ค่าที่แสดงถึงความสามารถของเครื่องมือวินิจฉัยโรคในการตรวจพบโรค ค่าความไวที่มากแสดงถึงความสามารถในการตรวจพบผู้ป่วยได้มาก การประเมินนี้สามารถหาได้ดังสมการ

$$Sensitivity = \left(\frac{TP}{TP + FN} \right)$$

ค่า false positive rate ค่าที่บอกว่าโปรแกรมทำนายว่าจริงเป็นอัตราส่วนเท่าไรของไม่จริงทั้งหมดสามารถหาได้ดังสมการ

$$False\ positive\ rate = \left(\frac{FP}{FP + TN} \right)$$

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

Quian Li, Feng Li และ Kunio Doi (Li, Li, & Doi, 2008) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดด้วยตัวกรองภาพชนิด Selective Enhancement Filters และ Automated Rule- Based Classifier โดยใช้ข้อมูลภาพจำนวน 117 ภาพ ก้อนในปอดมีทั้งหมด 153 ก้อนที่มีขนาด 4-28 มิลลิเมตร เฉลี่ย 10.2 มิลลิเมตร ขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิทัลประกอบด้วย การแยกปอดออกจากลำตัวด้วยการแปลงชุดข้อมูลภาพเป็นให้ภาพชนิด 3 มิติ จากนั้นใช้เทคนิค tri-linear interpolation เพื่อกำหนดค่าว็อกเซล (voxel) ให้มีค่าเท่ากับ 1 มิลลิเมตรและทำการกำหนดค่า CT number ให้อยู่ในช่วงระหว่าง -400 และ -1,000 เพื่อเลือกแสดงเฉพาะส่วนของปอด โดยทำการเปลี่ยนภาพให้เป็นชนิด binary ด้วยการกำหนดค่าทิกเซลเท่ากับ 1 สำหรับค่า CT value ในช่วงที่เลือกและเท่ากับ 0 สำหรับช่วงที่ไม่เลือก จากนั้นใช้ตัวกรองภาพ 3 ชนิดเพื่อลดเส้นเลือดที่ปรากฏบนภาพและเพิ่มการแสดงผลของก้อนในปอดแล้วทำการเลือกช่วงความเข้มที่แสดงก้อนในปอด และใช้เทคนิค 3D connected-component labeling เพื่อแสดงส่วนที่ไม่ต้องการหรือต้องการแยกออกจากปอด จากขั้นตอนดังกล่าวทำให้เหลือส่วนที่เป็นก้อนในปอด จากนั้นทำการวิเคราะห์ก้อนในปอดหลังจากแยกก้อนออกมา (Feature Extraction) และจำแนกชนิดของก้อนในปอด (classification) ด้วยวิธี Automated Rule- Based Classifier เพื่อลด False positive ผลการใช้ตัวกรองชนิดแรกได้มีค่า sensitivity เท่ากับ 86% และ 6.6 false positive per scan ตัวกรองชนิดที่สองมี sensitivity เท่ากับ 81% และ 3.3 false positive per scan และตัวกรองชนิดที่สามมีค่า sensitivity เท่ากับ 75% และ 1.6 false positive per scan จากผลการทดลองครั้งนี้ทำให้ทราบว่าคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้มีประสิทธิภาพสำหรับการตรวจวินิจฉัยก้อนในปอดค่อนข้างสูง

Kyongtae T, Jin Sung Kim, Yong-Hum Na คณะ(Bae, Kim, Na, Kim, & Kim, 2005) ได้ทำการวิจัยเรื่องการวินิจฉัยก้อนในปอดจากภาพ 3 มิติ จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิด multi-detector โดยใช้ข้อมูลผู้ป่วย 20 คน ที่มีจำนวนก้อนในปอดรวมทั้งหมด 164 ก้อนและก้อนในปอดมีขนาดใหญ่มากกว่า 3 มิลลิเมตร ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทั้งหมดผ่านการวินิจฉัยโดยรังสีแพทย์ 2 คน การวินิจฉัยก้อนในปอดในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้แบ่งก้อนในปอดออกเป็น 3 ชนิดประกอบด้วย ก้อนอยู่แบบเดี่ยวซึ่งไม่ได้เกาะติดกับผนังปอดหรือเส้นเลือด, ก้อนเนื้อที่อยู่ติดกับผนังปอด และก้อนเนื้อที่อยู่ติดกับเส้นเลือด ขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิทัลประกอบด้วย การนำภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของผู้ป่วยมาประมวลผลภาพด้วยเทคนิคการแยกปอดออกจากลำตัวและพื้นหลังของภาพ จากนั้นเปลี่ยนให้เป็นภาพ 3 มิติโดยอาศัยข้อมูลภาพของปอดทั้งหมด จากนั้นใช้เทคนิค region growing เพื่อแสดงก้อนและเส้นเลือดออกมาในรูปแบบของภาพ 3 มิติแล้วทำการจำแนกชนิดของก้อน โดยผลการทดสอบพบว่าก้อนที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 3 มิลลิเมตรแต่น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร มีค่า sensitivity เท่ากับ 91.2% สำหรับก้อนที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 5 มิลลิเมตรแต่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร มีค่า sensitivity เท่ากับ 97.2%

Rafael Wiemker และคณะ(Rafael, et al., 2002; Wiemker) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด โดยใช้ภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร จากชุดข้อมูลภาพจากผู้ป่วยทั้งหมด 50 ชุด แต่ละชุดมีจำนวนภาพอยู่ระหว่าง 300 ถึง 500 ภาพ โดย

๖ ๙๖๕๙
๖๐๙๕๕
๒๕๖๑

1099699

15 ธ.ค. 2564



มีขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิทัลประกอบการแยกปอดออกจากลำตัวด้วยเทคนิค region-growing จากการกำหนดตำแหน่ง seed point ที่เส้นเลือดเพื่อแยกเส้นเลือดออกจากก้อนและการกำหนดค่า CT number ที่เหมาะสมเพื่อแยกก้อนออกจากเส้นเลือด ผลการทดลองจากก้อนทั้งหมด 203 ก้อน ที่มีขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร พบว่าสามารถวินิจฉัยได้ทั้งหมด 193 ก้อน มีค่า sensitivity เท่ากับ 95% และ false positive 4.4 ต่อคน อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวยังไม่สามารถแยกเส้นเลือดกับก้อนออกจากกันได้เนื่องจากเส้นเลือดและก้อนอยู่ติดกัน และเนื่องจากเส้นเลือดที่ติดกับก้อนมีขนาดเล็กและมีค่า CT number ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับก้อนในปอด

Kunio Doi และคณะ (Li, et al., 2008) ได้สร้างตัวกรองภาพสำหรับกรองภาพก้อนในปอด เส้นเลือด และหลอดลมในปอด จากภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบ 2 และ 3 มิติ โดยมีเป้าหมายในการช่วยรังสีแพทย์วินิจฉัยก้อนในปอดจากภาพถ่ายเอกซเรย์ทั่วไปและภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เนื่องจากการตรวจจับก้อนในปอดมีปัญหาเรื่องการตรวจจับเส้นเลือดร่วมเข้ามาด้วย ดังนั้นจึงได้ทำการสร้างตัวกรอง 3 แบบซึ่งประกอบด้วย dot enhancement filter, line enhancement filter และ plane enhancement filter เพื่อใช้ในขั้นตอน pre-processing โดยสามารถเลือกใช้ตัวกรองเพื่อเพิ่มความคมชัดในอวัยวะที่สนใจและลดการแสดงผลออกของอวัยวะที่ไม่สนใจ เช่น วิธี dot enhancement filter ภาพที่ได้แสดงเฉพาะอวัยวะที่มีลักษณะกลมหรือก้อนในปอด จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวกรองภาพชนิดอื่น ตัวกรองที่สร้างขึ้นในการวิจัยครั้งนี้มีค่า sensitivity และ specificity ดีกว่า เนื่องจากสามารถเพิ่มความคมชัดของอวัยวะที่สนใจและลดการแสดงผลออกของอวัยวะที่ไม่สนใจได้

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) เพื่อสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับช่วยตรวจหาก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบอัตโนมัติ
- 2) เพื่อเป็นแนวทางสำหรับนำซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจากการวิจัย ไปประยุกต์ใช้ในการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์ขั้นสูงต่อไป
- 3) เพื่อให้สามารถนำซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยตรวจวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในเชิงพาณิชย์

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการใช้โปรแกรม MATLAB version 8.0.0783 เพื่อสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดแบบอัตโนมัติด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล สำหรับตรวจหาก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดจากฐานข้อมูลภาพมาตรฐาน Lung Image Database Consortium (LIDC) ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย

- 1) ได้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับช่วยตรวจหาก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ได้แบบอัตโนมัติ
- 2) ได้แนวทางสำหรับนำซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์ขั้นสูงต่อไป
- 3) สามารถนำซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยตรวจวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป



บทที่ 2

เนื้อเรื่อง (Main body)

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ใช้โปรแกรม MATLAB version 8.0.0783 เพื่อสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดแบบอัตโนมัติด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล สำหรับข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ใช้การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้ฐานข้อมูลภาพมาตรฐาน Lung Image Database Consortium (LIDC) ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

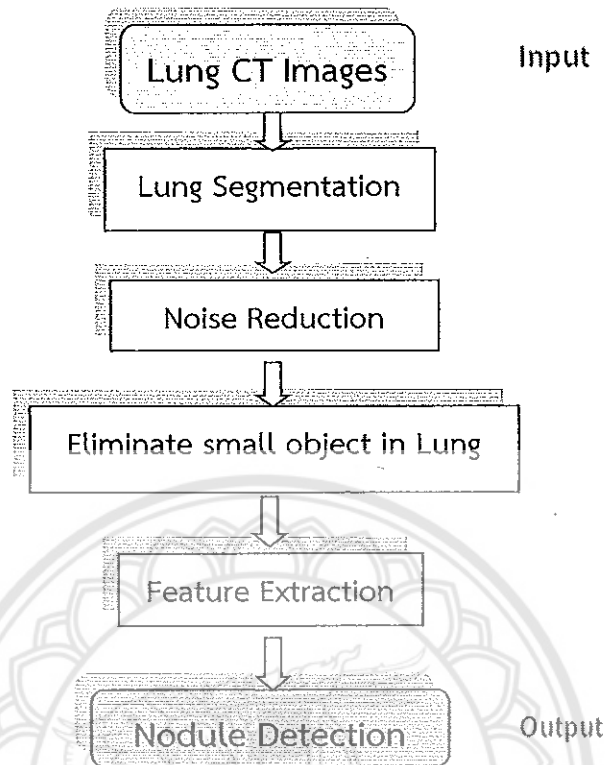
- 1) การศึกษาคุณลักษณะของก้อนในปอด
- 2) การสร้างและทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (training)
- 3) การทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้น (Testing)

2.1.1 การศึกษาคุณลักษณะของก้อนในปอด

คุณลักษณะทั่วไปของภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดนั้นประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อ (soft tissue) กระดูก (bone) และเนื้อเยื่อปอด (lung) ซึ่งมีองค์ประกอบย่อย ได้แก่ หลอดเลือด หลอดลมและพยาธิสภาพ สำหรับลักษณะของก้อนในปอดที่ปรากฏบนภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มีลักษณะคล้ายกับเส้นเลือดและหลอดลมทั้งความเข้มสี ขนาดและรูปร่าง ดังนั้นเพื่อให้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สามารถตรวจหาก้อนในปอดได้อย่างถูกต้องจึงใช้วิธีการศึกษาคุณลักษณะต่างๆ ของความเข้มสีและขนาดของก้อนในปอด โดยทำการศึกษาความเข้มสีของก้อนในปอดเพื่อให้สามารถทำการแยกแยะความแตกต่างระหว่างก้อนในปอดกับเส้นเลือดหรือหลอดลมได้ สำหรับการวิเคราะห์ขนาดของก้อนในปอดเป็นการศึกษาเพื่อคำนวณขนาดเฉลี่ยของก้อนในปอดที่ตรวจพบวิธีการดังกล่าวสามารถช่วยลดโอกาสผิดพลาดในการตรวจจับก้อนในปอดของซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นได้

2.1.2 การสร้างและทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (training)

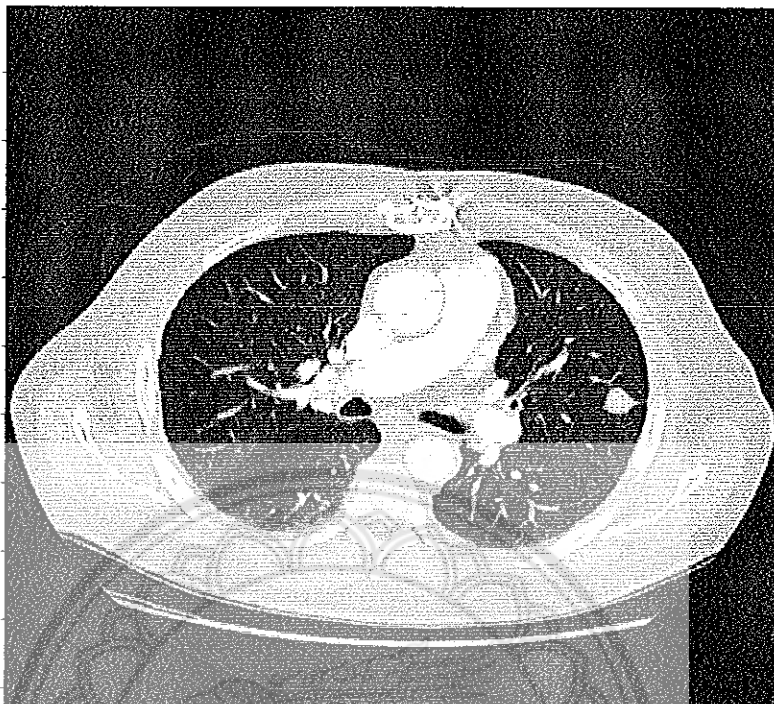
การสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวิธีการประมวลผลภาพประกอบด้วยวิธีการแบ่งส่วนภาพปอด (lung segmentation), การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ (noise reduction), การกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กออกจากภาพ (eliminate small object in lung), การแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอด (Feature extraction) และการตรวจจับก้อนในปอด (nodule detection) ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงแผนภาพขั้นตอนการสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด

1. การแบ่งส่วนภาพปอด (Lung Segmentation)

การแบ่งส่วนภาพของการประมวลผลภาพดิจิทัลในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการแยกส่วนของเนื้อเยื่อกระดูกและส่วนประกอบที่อยู่รอบปอดออกจากบริเวณที่เป็นพื้นที่ปอดเพื่อให้เหลือเฉพาะส่วนของหลอดเลือด หลอดลมและก้อนในปอดเท่านั้น โดยภาพที่ใช้เป็นภาพต้นแบบชนิด Lung window ซึ่งแสดงให้เห็นรายละเอียดภายในปอดอย่างชัดเจนด้วยโปรแกรม MATLAB จากนั้นแปลงให้เป็นไฟล์ภาพชนิด Single ที่มีค่าความเข้มสีตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งเป็นภาพชนิด 8 บิต โดยมีระดับความลึกภาพ (Bit depth) จำนวน 256 ระดับดังแสดงในภาพที่ 5



รูปที่ 5 แสดงภาพต้นแบบที่ผ่านการแปลงภาพด้วยโปรแกรม MATLAB

การแยกส่วนอวัยวะที่ต้องการออกจากภาพหลังใช้วิธีการ Morphological operation โดยใช้ฟังก์ชัน `bwareaopen` เพื่อใช้ในการกำจัดวัตถุขนาดเล็กที่อยู่ภายในปอดออก จากนั้นทำการรวมภาพ (Image fusion) ที่ได้กับภาพต้นแบบ วิธีการดังกล่าวจะทำให้สามารถกำจัดกล้ามเนื้อและกระดูกที่อยู่ภายในภาพออกทั้งหมดซึ่งทำให้คงเหลือเฉพาะส่วนของเนื้อปอดเท่านั้น จากนั้นทำการกรองข้อมูลให้เหลือเฉพาะในช่วงความเข้มสีที่เหมาะสมซึ่งเป็นเฉพาะส่วนที่เป็นก้อนในปอดด้วยเทคนิค `thresholding` โดยการเลือกเฉพาะจำนวนพิกเซลที่มีความเข้มสีที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 1 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในการลดการแสดงออกของก้อนในปอด วิธีการดังกล่าวเป็นการแบ่งภาพที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้สำหรับกำหนดคุณลักษณะต่างๆ เพื่อใช้ในการแยกแยะก้อนในปอดออกจากเส้นเลือดต่อไปซึ่งจะพบก้อนในปอดปรากฏขึ้นพร้อมกับเส้นเลือด

2. การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ (Noise Reduction)

การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพเป็นขั้นตอนที่ใช้สำหรับกำจัดส่วนของอวัยวะอื่นนอกเหนือจากก้อนในปอดออกจากภาพโดยใช้ตัวกรองชนิด Median filter ซึ่งเป็นตัวกรองภาพที่มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพได้ดีและไม่สูญเสียความคมชัดของภาพ อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยในครั้งนี่ยังได้ทำการทดสอบเพื่อหาขนาดของตัวกรองชนิด Median filter ที่เหมาะสมเพิ่มเติมสำหรับกำจัดอวัยวะอื่นที่ปรากฏในภาพนอกเหนือจากก้อนในปอดด้วย โดยทำการทดสอบด้วยตัวกรองภาพขนาด 3×3 และ 5×5

3. การกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กออกจากภาพ (Eliminate small object in Lung)

การกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กออกจากภาพเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการกำจัดวัตถุขนาดเล็กที่ยังคงหลงเหลืออยู่จากการใช้กรองภาพชนิด Median filter หลังผ่านขั้นตอนการกำจัดสัญญาณ

รบกวนออกจากภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจจับก้อนในปอด การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ใช้การกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กด้วยวิธีการ Morphological operation ด้วยฟังก์ชัน bwareaopen

4. การแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอด (Feature Extraction)

การศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอดสำหรับการสร้างซอฟต์แวร์ตรวจจับก้อนในปอดประกอบด้วยการศึกษารูปร่างของก้อนในปอดและความเข้มสีของก้อนในปอด

4.1 รูปร่างของก้อนในปอด

เพื่อให้สามารถทำการตรวจจับก้อนในปอดและกำจัดเส้นเลือดหรือหลอดลมออกจากภาพได้อย่างเหมาะสม การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษารูปร่างของก้อนในปอดด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพชนิด Feature extraction เพื่อศึกษาคุณลักษณะของก้อนในปอดด้วยการศึกษาคุณสมบัติ Eccentricity ฟังก์ชัน regionprop ซึ่งใช้ในการประเมินรูปร่างที่ต้องการตรวจจับก้อนในปอด โดยค่า Eccentricity ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 สำหรับค่า 0 บ่งบอกถึงวัตถุตั้งกล่าวจะมีรูปร่างกลมในขณะที่ค่าเท่ากับ 1 บ่งบอกถึงวัตถุจะมีลักษณะยาวคล้ายเส้นตรง

4.2 ความเข้มสีของก้อนในปอด

การแยกแยะก้อนในปอดออกจากเส้นเลือดหรือหลอดลมบนภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการสร้างซอฟต์แวร์เพื่อตรวจจับก้อนในปอดนั้น นอกจากพิจารณารูปร่างก้อนในปอดแล้วยังทำการศึกษาค่าความเข้มสีของก้อนในปอดที่เหมาะสมเพื่อแยกแยะก้อนในปอดออกจากเส้นเลือดอื่นๆ ด้วยการใช้ฟังก์ชัน regionprop ซึ่งสามารถหาความเข้มสีเฉลี่ยในบริเวณที่สนใจได้

การทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยการประเมินผลการตรวจจับก้อนในปอดในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ที่มีก้อนในปอดรวมทั้งสิ้น 43 ก้อน โดยหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับตรวจจับก้อนในปอดด้วยการเปรียบเทียบผลการตรวจจับก้อนในปอดด้วยตัวกรองภาพชนิด median filter ขนาด 3x3 และ 5x5 และทำการประเมินคุณลักษณะของก้อนในปอดจากค่า eccentricity และ mean intensity ที่ระดับต่างๆ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นด้วยการประเมินจากค่า Sensitivity และ False Positives Rate (FPR) โดยการทดสอบเพื่อหาวิธีการตรวจจับก้อนในปอดที่เหมาะสมมีขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) เลือกภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เฉพาะตำแหน่งกึ่งกลางของก้อนในปอดจากข้อมูลภาพของกลุ่มตัวอย่าง
- 2) เลือกใช้ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์รูปแบบ Lung window และเปลี่ยนให้เป็นไฟล์ภาพชนิด JPG
- 3) ทำการทดสอบเพื่อหาอัลกอริทึมที่ดีที่สุดในการตรวจจับก้อนในปอดซึ่งทำให้ผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มประกอบด้วย

กลุ่มที่ 1 ตรวจพบว่าเป็นก้อนในตำแหน่งของก้อนที่เป็นก้อนในปอดจริงจากผลอ่านแพทย์ (True Positive, TP)

กลุ่มที่ 2 ตรวจพบว่าเป็นไม่เป็นก้อนในตำแหน่งของก้อนที่เป็นก้อนในปอดจริงจากผลอ่านแพทย์ (False Negative, FN)

กลุ่มที่ 3 ตรวจพบว่าเป็นก้อนในตำแหน่งของก้อนที่ไม่ใช่ก้อนในปอดจริงจากผลอ่านแพทย์ (False Positive, FP)

- 4) คำนวณหาค่า Sensitivity และ false positives rate ของแต่ละวิธีเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกวิธีการตรวจจับก้อนในปอดที่เหมาะสมที่สุด

2.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้น (Testing)

การประเมินผลคุณสมบัติเฉพาะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นใช้วิธีการทดสอบประสิทธิภาพซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์จากอัลกอริทึมที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจจับก้อนในปอดจากขั้นตอนการสร้างและทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (training) โดยทำการทดสอบในกลุ่มผู้ป่วยที่มีความอิสระจากผู้ป่วยกลุ่มแรกซึ่งมีจำนวน 110 คน จำนวนก้อนในปอดรวมทั้งหมด 144 ก้อน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นด้วยการประเมินจากค่า Sensitivity และ False Positives Rate (FPR)



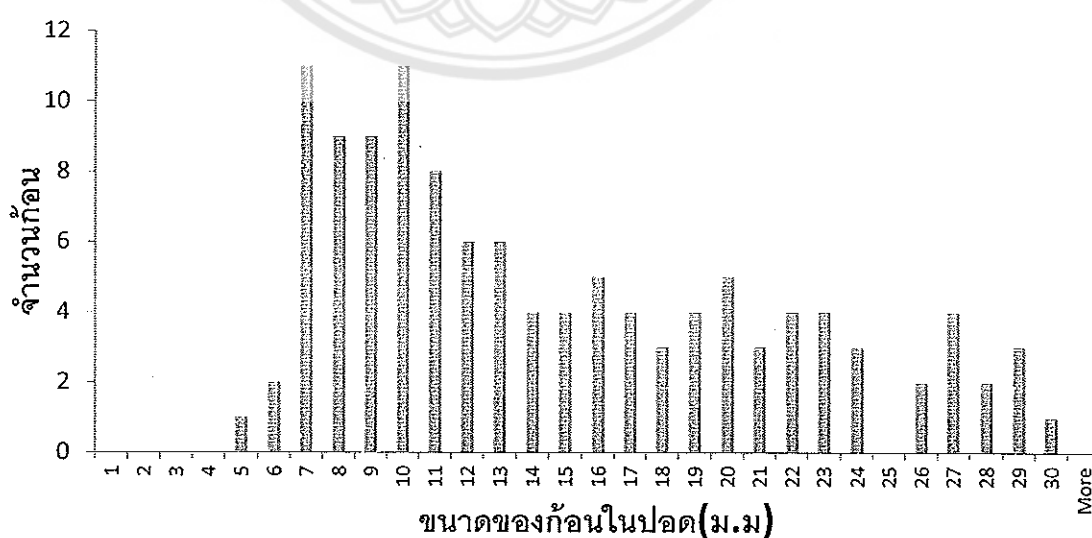
บทที่ 3 ผลการวิจัย (Results)

3.1 ผลการวิจัยเพื่อสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดแบบอัตโนมัติ

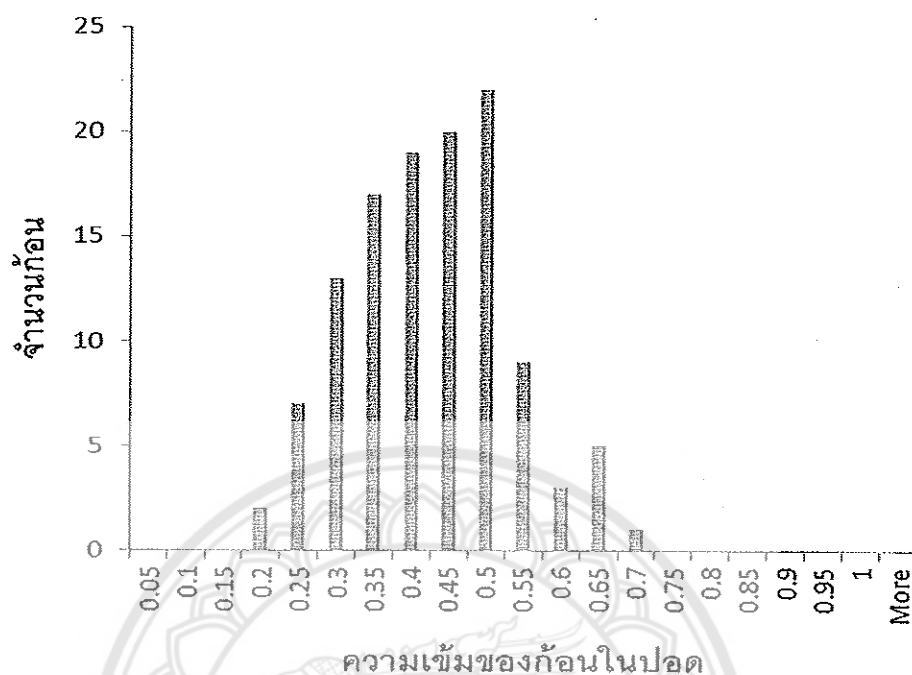
ผลการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดแบบอัตโนมัติด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับตรวจหาก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอด โดยใช้ฐานข้อมูลภาพมาตรฐานจาก Lung Image Database Consortium (LIDC) ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกาได้ผลการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะของก้อนในปอด

จากการศึกษาก้อนในปอดจากภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จากฐานข้อมูลภาพของ Lung Image Database Consortium (LIDC) สถาบันมะเร็งแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกาทำให้ทราบว่าก้อนในปอดที่ปรากฏในภาพมีลักษณะคล้ายกับเส้นเลือดและหลอดเลือด โดยมีความคล้ายกันทั้งด้านความเข้มสี (intensity) ขนาด (size) และรูปร่าง (shape) เพื่อให้สามารถทำการแยกความแตกต่างระหว่างก้อนในปอดกับเส้นเลือด การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาความเข้มสี ขนาด และรูปร่างของก้อนในปอดเพื่อนำไปใช้ในการกำหนดขนาดสำหรับการตรวจจับก้อนในปอดด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ได้ต่อไป จากการรวบรวมและวิเคราะห์ขนาดและความเข้มสีเฉลี่ยของก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 ราย ที่มีจำนวนก้อนในปอดรวมทั้งหมด 118 ก้อน พบว่ามีขนาดมากกว่า 5 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 6 และเมื่อศึกษาความเข้มสีของก้อนในปอดทั้งหมดพบว่าความเข้มสีของก้อนในปอดอยู่ในช่วง 0.15 ถึง 0.7 ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและจำนวนก้อนในปอดจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 คน ซึ่งมีจำนวนก้อนในปอดรวมทั้งหมด 118 ก้อน



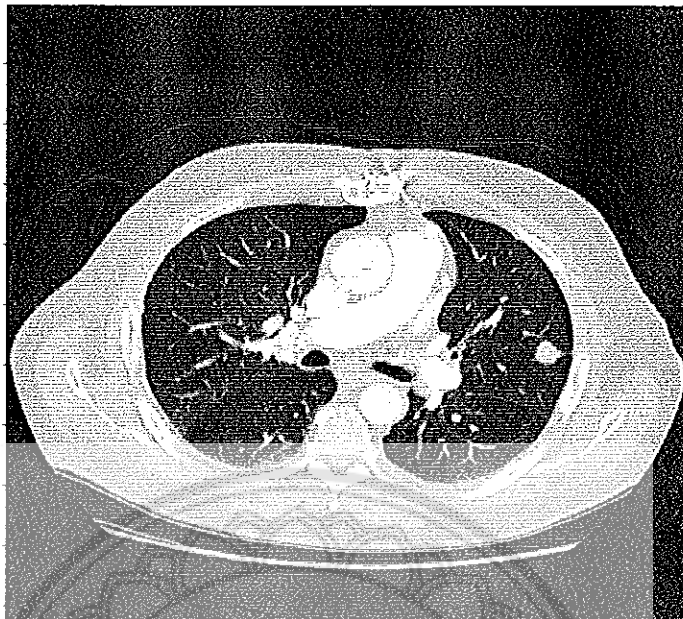
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีและจำนวนก้อนในปอดจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 คน ซึ่งมีจำนวนก้อนในปอดรวมทั้งหมด 118 ก้อน

3.1.2 ผลการสร้างและทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด (training)

การสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวิธีการประมวลผลภาพประกอบด้วยวิธีการแบ่งส่วนภาพปอด (lung segmentation), การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ (noise reduction), การกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กออกจากภาพ (eliminate small object in lung), การแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอด (Feature extraction) และการตรวจจับก้อนในปอด (nodule detection)

1. การแบ่งส่วนภาพปอด (Lung Segmentation)

การแบ่งส่วนภาพปอดเป็นการแยกส่วนของเนื้อเยื่อและกระดูกที่อยู่ในปอดออก การแบ่งส่วนดังกล่าวทำให้ภายในภาพเหลือเฉพาะหลอดเลือด หลอดลมและก้อนในปอดเท่านั้น โดยไม่มีเนื้อเยื่อและกระดูกรวมอยู่ด้วยซึ่งทำให้ง่ายต่อการประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์ก้อนในปอดต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 8 จากภาพจะเห็นได้ว่าภายในภาพหลังจากการแบ่งส่วนภาพบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อและกระดูกถูกกำจัดออกไปจากภาพ ทำให้เหลือเฉพาะเส้นเลือด หลอดลมและก้อนในปอดกระจายอยู่ทั่วไปภายในพื้นที่ปอด



รูปที่ 8 แสดงภาพต้นแบบที่ผ่านการแปลงภาพด้วยโปรแกรม MATLAB

2. การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ (Noise Reduction)

การกำจัดสัญญาณรบกวนซึ่งเป็นส่วนของอวัยวะอื่นนอกเหนือจากก้อนในปอดออกจากภาพโดยใช้ตัวกรองชนิด Median filter ขนาด 3x3 และ 5x5 ทำให้ได้ภาพที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์ก้อนในปอดดังแสดงในรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 9 แสดงภาพที่ผ่านการกำจัดองค์ประกอบขนาดเล็กออกจากภาพด้วยตัวกรองชนิด Median ขนาด 3x3



รูปที่ 10 แสดงภาพที่ผ่านการกำจัดองค์ประกอบขนาดเล็กออกจากภาพด้วยใช้ตัวกรองชนิด Median ขนาด 5x5

3. การกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กออกจากภาพ (Eliminate small object in Lung)

ภายหลังจากกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพด้วยการใช้ตัวกรองภาพในขั้นตอนที่ 2 แล้วยังคงเหลือวัตถุขนาดเล็กอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งสามารถทำการกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กดังกล่าวออกจากภาพ เนื่องจากตัวกรองภาพยังไม่สามารถกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กออกจากภาพได้ทั้งหมด โดยจากขั้นตอนการศึกษาคุณลักษณะความเข้มและขนาดของก้อนในปอดจากการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ของขนาดก้อนในปอดดังรูปที่ 7 พบว่าก้อนในปอดส่วนใหญ่มีขนาดมากกว่า 5 มิลลิเมตร ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการกำจัดวัตถุขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตรออกจากปอดด้วยวิธี Morphological operation ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 11 โดยวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตรถูกกำจัดออกจากภาพทำให้คงเหลือเฉพาะก้อนที่มีขนาดใหญ่ซึ่งถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าก้อนในปอดต่อไป

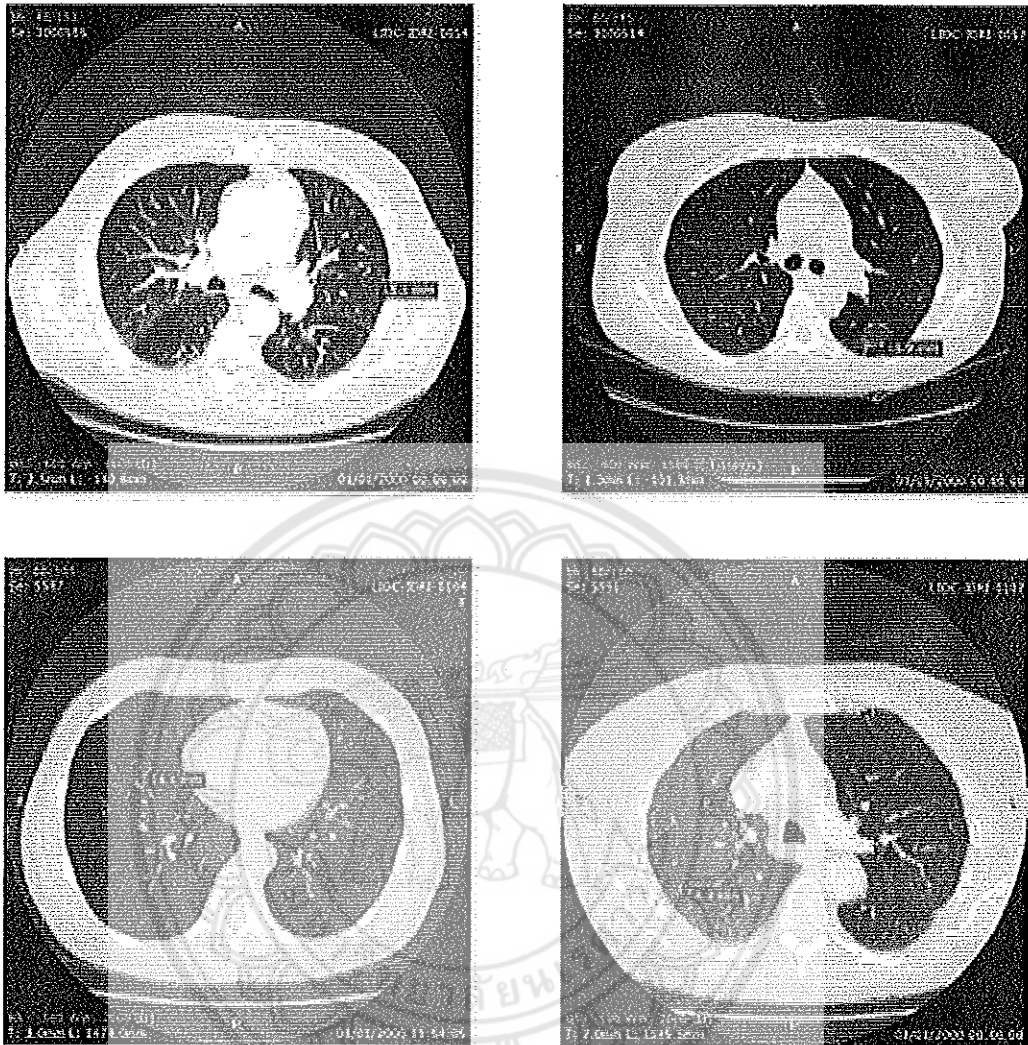


รูปที่ 11 แสดงภาพที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดวัตถุที่มีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 มิลลิเมตรออก

4. การแยกคุณลักษณะเฉพาะของก้อนในปอด (Feature Extraction)

4.1 การวิเคราะห์รูปร่างของก้อนในปอด

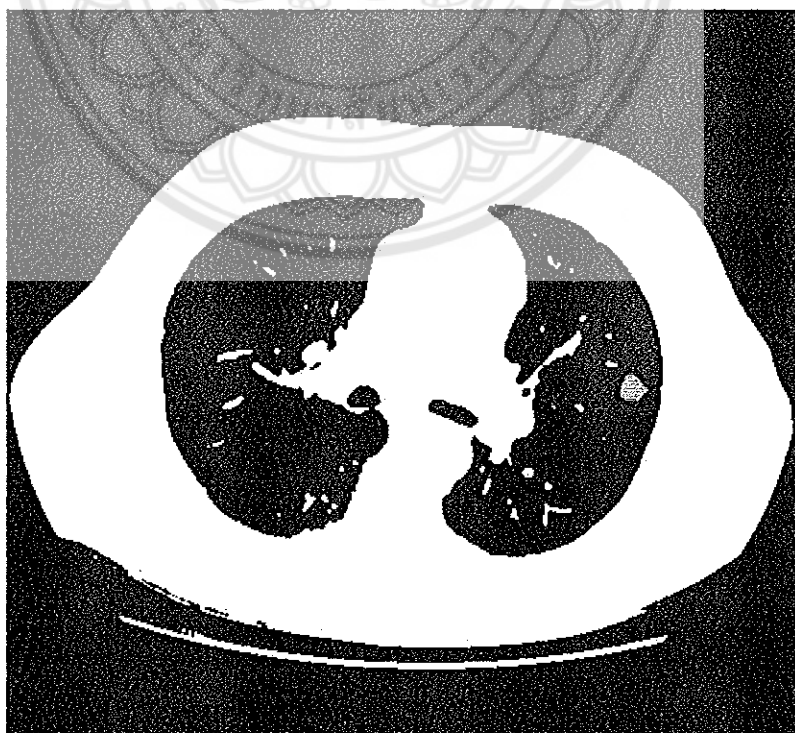
ผลการวิเคราะห์รูปร่างของก้อนในปอดด้วยเทคนิค feature extraction ด้วยฟังก์ชัน regionprop เพื่อกำหนดรูปร่างของก้อนในปอด พบว่าก้อนปอดส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างกลม โดยโปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถแสดงตำแหน่งและขนาดของก้อนได้ดังรูปที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทำให้สามารถแบ่งรูปร่างก้อนในปอดออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงระหว่าง 0 ถึง 0.7 ช่วง 0 ถึง 0.8 และช่วง 0 ถึง 0.9 ได้ผลแสดงดังรูปที่ 13, 14 และ 15 ตามลำดับ



รูปที่ 12 แสดงลักษณะรูปร่างของก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์



รูปที่ 13 แสดงภาพที่ผ่านขั้นตอนการกำหนดค่า Eccentricity ในช่วง 0 ถึง 0.7



รูปที่ 14 แสดงภาพที่ผ่านขั้นตอนการกำหนดค่า Eccentricity ในช่วง 0 ถึง 0.8



รูปที่ 15 แสดงภาพที่ผ่านขั้นตอนการกำหนดค่า Eccentricity ในช่วง 0 ถึง 0.9

4.2 การวิเคราะห์ความเข้มสีของก้อนในปอด

ค่าความเข้มสีของก้อนในปอดเป็นปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์เพื่อตรวจหาก้อนในปอดด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ โดยมีบทบาทในการแยกแยะก้อนในปอดออกจากเส้นเลือดหรือหลอดลมบนภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ผลการวิเคราะห์ความเข้มสีของก้อนในปอดด้วยฟังก์ชัน regionprop ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของความเข้มสีของก้อนในปอดมีค่าเท่ากับ 0.402 ± 0.107 โดยที่ความเข้มสีของก้อนปอดทั้งหมดของก้อนในปอดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.15 ถึง 0.7 ดังแสดงดังรูปที่ 16 นอกจากนี้ซอฟต์แวร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นยังสามารถสร้างกรอบแสดงข้อมูลที่บอกถึงตำแหน่งและขอบเขตของก้อนในปอดได้



รูปที่ 16 แสดงภาพก้อนในปอดที่มีความเข้มอยู่ระหว่างช่วง 0.5 ถึง 0.7

การทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วยการประเมินผลการตรวจจับก้อนในปอดในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ที่มีก้อนในปอดรวมทั้งสิ้น 43 ก้อน โดยหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับตรวจจับก้อนในปอดด้วยการเปรียบเทียบผลการตรวจจับก้อนในปอดด้วยตัวกรองภาพชนิด median filter ขนาด 3x3 และ 5x5 และทำการประเมินคุณลักษณะของก้อนในปอดจากค่า eccentricity และ mean intensity ที่ระดับต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงอัลกอริทึมที่ใช้ในการทดสอบการตรวจจับก้อนในปอดจากซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้น

ขนาดตัวกรองภาพ (median filter)	Feature extraction	
	Eccentricity	Mean intensity
3x3	0 - 0.7	0.15 - 0.7
3x3	0 - 0.8	0.15 - 0.7
3x3	0 - 0.9	0.15 - 0.7
5x5	0 - 0.7	0.15 - 0.7
5x5	0 - 0.8	0.15 - 0.7
5x5	0 - 0.9	0.15 - 0.7

ผลการทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดจากการใช้ตัวกรองภาพและคุณลักษณะของก้อนในปอดขนาดต่างๆ จากผู้ป่วยจำนวน 30 คน และก้อนในปอดรวมทั้งสิ้น 43 ก้อน ค่า TP, TN และ FP ของผู้ป่วยที่ได้จากการประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่า TP, TN และ FP ที่ได้จากการใช้ตัวกรองภาพชนิด Median filter และการประเมินคุณลักษณะของก้อนในปอดจากค่า eccentricity และ mean intensity ที่ระดับต่างๆ

ขนาดตัวกรองภาพ	Feature extraction		ผลการทดสอบ		
	Eccentricity	Mean intensity	TP	FN	FP
3x3	0 - 0.7	0.15 - 0.7	31	12	35
3x3	0 - 0.8	0.15 - 0.7	32	11	54
3x3	0 - 0.9	0.15 - 0.7	40	3	112
5x5	0 - 0.7	0.15 - 0.7	31	12	28
5x5	0 - 0.8	0.15 - 0.7	33	10	54
5x5	0 - 0.9	0.15 - 0.7	39	4	131

สำหรับค่า Sensitivity และค่า False positives rate (FPR) จากการทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดเพื่อหาคุณลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมในการตรวจจับก้อนในปอดจากการวิเคราะห์ในตารางที่ 2 แสดงดังตารางที่ 4 โดยผลการประเมินคุณลักษณะที่เหมาะสมในการตรวจจับก้อนในปอดพบว่าซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นมีค่า Sensitivity ของการวิเคราะห์ผลทั้ง 6 วิธีมีค่าเท่ากับ 72.1, 74.4, 93.0, 72.1, 76.7 และ 90.6 ตามลำดับ พบว่าการใช้ตัวกรองภาพขนาด 3x3 เพื่อตัดวัตถุที่มีขนาดน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร ค่า Eccentricity ระหว่าง 0 ถึง 0.9 และ Mean intensity ระหว่าง 0.15 ถึง 0.7 ให้ค่า sensitivity สูงที่สุดเท่ากับ 93% และค่า False positives rate (FPR) เท่ากับ 2.94 ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าดังกล่าวไปทำการทดสอบในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นต่อไป

ตารางที่ 4 แสดงค่า Sensitivity และค่า False positives rate (FPR) จากการทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดเพื่อหาคุณลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมในการตรวจจับก้อนในปอด

ขนาดตัว กรองภาพ	Feature extraction		ผลการทดสอบ	
	Eccentricity	Mean intensity	Sensitivity (%)	False positive rate
3x3	0 - 0.7	0.15 - 0.7	72.1	1.16
3x3	0 - 0.8	0.15 - 0.7	74.4	1.68
3x3	0 - 0.9	0.15 - 0.7	93.0	2.94
5x5	0 - 0.7	0.15 - 0.7	72.1	0.87
5x5	0 - 0.8	0.15 - 0.7	76.7	1.59
5x5	0 - 0.9	0.15 - 0.7	90.6	3.27

3.1.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้น (Testing)

การประเมินผลคุณสมบัติเฉพาะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นใช้วิธีการทดสอบประสิทธิภาพซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นการนำผลการศึกษาที่ได้จากการสร้างและทดสอบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด โดยทำการทดสอบในกลุ่มผู้ป่วยที่มีความอิสระจากผู้ป่วยกลุ่มแรกซึ่งในกลุ่มทดสอบประสิทธิภาพซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์นี้ใช้ภาพจากผู้ป่วยจำนวน 110 คน โดยมีจำนวนก้อนในปอดรวมทั้งหมด 144 ก้อน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นด้วยการประเมินจากค่า Sensitivity และ False Positives Rate (FPR) โดยใช้ตัวกรองภาพขนาด 3x3 เพื่อตัดวัตถุที่มีขนาดน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร ค่า Eccentricity ระหว่าง 0 ถึง 0.9 และ Mean intensity ระหว่าง 0.15 ถึง 0.7 จากการทดสอบพบว่าซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นจากการศึกษาครั้งนี้มีค่า TP, FN และ FP เท่ากับ 134, 10 และ 317 ตามลำดับแสดงดังตารางที่ 5 ผลการทดสอบพบว่าซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นมีค่า sensitivity เท่ากับ 93% และค่า False positive rate มีค่าเท่ากับ 3.52 ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด

ขนาดตัวกรองภาพ	Feature extraction		ผลการทดสอบ		
	Eccentricity	Mean intensity	TP	FN	FP
3x3	0 - 0.9	0.15 - 0.7	134	10	317

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดด้วยค่า Sensitivity และ False positive rate

Sensitivity (%)	False positive rate (FPR)
93	3.52



บทที่ 4

ข้อวิจารณ์ (Discussion)

ภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดที่มีจำนวนมากอาจส่งผลให้รังสีแพทย์เกิดอาการเมื่อยล้า สายตาจากการอ่านและรายงานผลภาพเป็นระยะเวลานาน ภาวะดังกล่าวอาจส่งผลให้เกิดการผิดพลาดในการวินิจฉัยและการรักษาต่อไปได้ การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงได้ทำการพัฒนาซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดเพื่อระบุตำแหน่งของก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพที่ประกอบด้วยการแบ่งส่วนภาพเพื่อแยกองค์ประกอบอวัยวะภายในปอด การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองภาพชนิด Median filter การกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กออกจากภาพและการกำหนดรูปร่างด้วยค่า Eccentricity ผลการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นพบว่าซอฟต์แวร์มีประสิทธิภาพในการตรวจจับก้อนในปอดสูง สามารถระบุตำแหน่งของก้อนในปอดที่ปรากฏบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดได้อย่างดี โดยมีค่า sensitivity เท่ากับ 93% และค่า FPR เท่ากับ 3.52 ต่อภาพ

สำหรับตัวแปรที่ใช้ในทดสอบเพื่อหาอัลกอริทึมที่เหมาะสมในการสร้างซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดครั้งนี้ประกอบด้วยการใช้ตัวกรองชนิด Median filter ขนาด 3x3 และ 5x5 พบว่าตัวกรองภาพขนาดเล็กจะส่งผลให้มีค่า Sensitivity และค่า FPR ดีขึ้น สำหรับการกำหนดรูปร่างด้วยค่า Eccentricity ในช่วง 0 ถึง 0.7 ช่วง 0 ถึง 0.8 และช่วง 0 ถึง 0.9 พบว่าช่วง 0 ถึง 0.9 จะส่งผลให้ค่า Sensitivity และค่า FPR เพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นกำหนดรูปร่างที่ครอบคลุมก้อนได้ทุกขนาด

ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีความใกล้เคียงกับการศึกษาวิจัยของ Rafael Wiemker และคณะ (11) ที่ได้ทำการสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ด้วยการเลือกใช้ค่าเลขซีที (CT number) ที่เหมาะสมในการแยกก้อนในปอดออกจากเส้นเลือด พบว่ามีค่า sensitivity เท่ากับ 95% และค่า FPR เท่ากับ 4.4 สำหรับงานวิจัยนี้ใช้วิธีการแตกต่างกับวิธีดังกล่าวโดยเป็นการพิจารณาการตรวจจับก้อนในปอดจากค่า Mean intensity นอกจากนี้งานวิจัยของ Lee และคณะ (Li, et al., 2008) ได้ทำการวิจัยเรื่องการวินิจฉัยก้อนในปอดโดยใช้ตัวกรองชนิด 2D dot enhancement filter ซึ่งเป็นตัวกรองที่ใช้เพื่อเพิ่มความคมชัดของก้อนในอวัยวะที่สนใจและลดการแสดงผลของอวัยวะที่ไม่สนใจ พบว่ามีค่า sensitivity เท่ากับ 93.4% และ FPR เท่ากับ 4.2 สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ตัวกรองชนิด Median ร่วมกับการใช้ค่า Eccentricity และค่า Mean intensity ในการตรวจจับก้อนในปอด

อย่างไรก็ตามซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นใช้สำหรับตรวจจับก้อนที่มีขนาดมากกว่า 5 มิลลิเมตรและก้อนดังกล่าวจะต้องไม่ติดกับผนังปอดเนื่องจากจะส่งผลให้เกิดการตรวจจับที่ผิดพลาด สำหรับค่า sensitivity และ FPR ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นค่าที่ได้มาจากภาพที่เป็นตำแหน่งกึ่งกลางก้อนในปอด ดังนั้นค่า FPR ที่ได้จึงมีค่าต่ำ แต่หากทำการตรวจจับก้อนในปอดจากข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดทั้งหมดอาจจะทำให้ค่า FPR มีค่าสูงขึ้นได้

บทที่ 5

สรุปและขอเสนอแนะ (Conclusion and Recommendation)

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอด ด้วยกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัลด้วยวิธีการนำภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดที่มีก้อนในปอด มาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัลประกอบด้วยการแบ่งส่วนภาพปอดเพื่อแยกกล้ามเนื้อและกระดูกออกจากปอด การใช้ตัวกรองชนิด Median filter ขนาด 3x3 เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ และกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กออกจากภาพด้วยฟังก์ชัน bwareaopen เพื่อกำจัดวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับก้อนกลมขนาด 5 มิลลิเมตรออกจากภาพ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาความเข้มสีและคุณลักษณะรูปร่างของก้อนในปอดเพื่อแยกลักษณะเฉพาะของก้อนในปอดด้วยเทคนิค Feature extraction ฟังก์ชัน regionprop เมื่อศึกษาคุณสมบัติ mean Intensity ด้วยการกำหนดช่วง 0.15-0.7 และคุณสมบัติ Eccentricity ด้วยกำหนดช่วง 0 ถึง 0.9 ผลการศึกษาพบว่าซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยวินิจฉัยก้อนในปอดที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการตรวจจับก้อนในปอดค่อนข้างสูง โดยสามารถตรวจจับและระบุตำแหน่งของก้อนในปอดบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ปอดของผู้ป่วยได้เป็นอย่างดีด้วยค่า sensitivity เท่ากับ 93% และค่า FPR เท่ากับ 3.52 ต่อภาพ ดังนั้นผู้วิจัยคาดว่า การพัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นมาในครั้งนี้สามารถช่วยรังสีแพทย์ในการวินิจฉัยก้อนในปอดได้และสามารถใช้เป็นแนวทางในศึกษาพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับช่วยวินิจฉัยโรคอื่นๆ ต่อไปได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

- Abe, H., & al, e. (2003). Computer-aided Diagnosis in Chest Radiography: Results of Large-Scale Observer Tests at the 1996-2001 RSNA Scientific Assemblies. *Imaging&Therapeutic Technology*, 23, 255-265.
- Arzhaeva, Y., Prokop, M., Tax, D. M. J., De Jong, P. A., Schaefer-Prokop, C. M., & van Ginneken, B. (2007). Computer-aided detection of interstitial abnormalities in chest radiographs using a reference standard based on computed tomography. *Medical Physics*, 34(12), 4798-4809.
- Bae, K. T., Kim, J. S., Na, Y. H., Kim, K. G., & Kim, J. H. (2005). Pulmonary nodules: automated detection on CT images with morphologic matching algorithm--preliminary results. *Radiology*, 236(1), 286-293.
- Bagci, U., Bray, M., Caban, J., Yao, J., & Mollura, D. J. (2012). Computer-assisted detection of infectious lung diseases: a review. *Comput Med Imaging Graph*, 36(1), 72-84.
- Barbara Y. Croft, P. D. Lung Image Database Consortium Retrieved 7 พฤษภาคม ค.ศ. 2013: <http://imaging.cancer.gov/programsandresources/informationssystemslidc>
- Boyle, P., Levin, B., & Lyon. (2008). Worldwide Cancer Burden In World Cancer Report 2008. *International Agency for Research on Cancer*, 43-55.
- Bram van, G., Laurens, H., & Mathias, P. (2009). Computer-aided diagnosis in chest radiography: Beyond nodules. [Article]. *European Journal of Radiology*, 72, 226-230.
- Chan, T. (2007). Computer aided detection of small acute intracranial hemorrhage on computer tomography of brain. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 31 285-298.
- Chan, T. (2010). Clinical Usage Considerations in the Development and Evaluation of a Computer Aided Diagnosis System for Acute Intracranial Hemorrhage on Brain CT. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 268-275.
- Devesa, S. S., Vizcaino, A. P., & D., M. P. (2005). International lung cancer trends by histologic type: male:female differences diminishing and adenocarcinoma rates rising. *Int. J. Cancer*, 17, 294-299.
- Doi, K. (2005). Current status and future potential of computer-aided diagnosis in medical imaging. *Br J Radiol*, 78 Spec No 1, S3-S19.

- Doi, K. (2007). Computer-aided diagnosis in medical imaging: historical review, current status and future potential. *Comput Med Imaging Graph*, 31(4-5), 198-211.
- Doi, K., MacMahon, H., Katsuragawa, S., Nishikawa, R. M., & Jiang, Y. (1999). Computer-aided diagnosis in radiology: potential and pitfalls. *European Journal of Radiology*, 31(2), 97-109.
- E., S. (2001). *Computed Tomography Physical principle, Clinical and Quality Control*. Philadelphia: SAUNDERS An Imprint of Elsevier.
- Erickson, B. J., & Bartholmai, B. (2002). Computer-Aided Detection and Diagnosis at the Start of the Third Millennium. *Journal of Digital Imaging*, 15(2), 59-68.
- Freedman, M., Lo, B., Lure, F., Zhao, H., Lin, J.-S., & Yeh, M. (2004). Computer-aided detection of Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) on chest radiography. *International Congress Series*, 1268(0), 908-910.
- Fujita, H., Uchiyama, Y., Nakagawa, T., Fukuoka, D., Hatanaka, Y., & Hara, T. (2008). Computer-aided diagnosis: The emerging of three CAD systems induced by Japanese health care needs. *computer methods and programs in biomedicine*, 92, 238-248.
- Fujita, H., Uchiyama, Y., Nakagawa, T., Fukuoka, D., Hatanaka, Y., Hara, T., et al. (2008). Computer-aided diagnosis: The emerging of three CAD systems induced by Japanese health care needs. *computer methods and programs in biomedicine* 92, 238-248.
- Giger, M., Chan, H.-P., & Boone, J. (2008). Anniversary Paper: History and status of CAD and quantitative image analysis: The role of Medical Physics and AAPM. *Med Phys* 35(12), 5799-5820.
- Giger, M. L., Chan, H.-P., & Boone, J. (2008). Anniversary Paper: History and status of CAD and quantitative image analysis: The role of Medical Physics and AAPM. *Med. Phys.* , 35(12), 5799-5820.
- Globocan. (2008). from <http://globocan.iarc.fr/>.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (1992). *Digital Image Processing* Addison-Wesley Pub (Sd); .
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2004). *Digital Image Processing using MATLAB*: Pearson Education.
- He, Q., He, W., Wang, K., & Ma, D. (2008). Effect of multiscale processing in digital chest radiography on automated detection of lung nodule with a computer assistance system. *J Digit Imaging*, 21 Suppl 1, S164-170.

- IAEA. (1991). *Quality control of nuclear medicine instruments 1991*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Kak, A., & Slaney, M. (1999). Principles of Computerized Tomographic Imaging. 92-93.
- Kondo, H., & Kouda, T. (2001). *Computer-Aided Diagnosis for Pnemoconiosis Using Neural Network*. Paper presented at the Proceedings of the Fourteenth IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems.
- Li, Q., Li, F., & Doi, K. (2008). Computerized detection of lung nodules in thin-section CT images by use of selective enhancement filters and an automated rule-based classifier. *Acad Radiol*, 15(2), 165-175.
- Liao, C.-C., Xiao, F., Wong, J.-M., & Chiang, I.-J. (2010). Computer-aided diagnosis of intracranial hematoma with brain deformation on computed tomography. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 34 563-571.
- Monnier-Cholley, L., MacMahon, H., Katsuragawa, S., Morishita, J., Ishida, T., & Doi, K. (1998). Computer-aided diagnosis for detection of interstitial opacities on chest radiographs. *AJR Am J Roentgenol*, 171(6), 1651-1656.
- Rafael, W., Rogalla, P., Zwartkuis, A., & Blaffert, T. (2002). Computer aided lung nodule detection on high resolution CT data. *Proc. SPIE 4684, Medical Imaging 2002: Image Processing*, 677
- Samuel, G. A. I., Geoffrey, M., Luc, B., Michael, F. M.-G., Charles, R. M., Anthony, P. R., et al. (2011). The Lung Image Database Consortium (LIDC) and Image Database Resource Initiative (IDRI): A Completed Reference Database of Lung Nodules on CT Scans. *Med. Phys.*, 38(2), 915-931.
- Samuel, G. A. I., Michael, F. M.-G., P., R. A., R., M. C., Geoffrey, M., R., A. D., et al. (2007). The Lung Image Database Consortium (LIDC): An Evaluation of Radiologist Variability in the Identification of Lung Nodules on CT Scans. *Academic Radiology*, 14(11), 1409-1421.
- Samulski, M. R. M., Snoeren, P. R., Platel, B., van Ginneken, B., Hogeweg, L., Schaefer-Prokop, C., et al. (2011). Computer-aided detection as a decision assistant in chest radiography. *Processdings-SPIE the international society for optical engineering*, 7966.
- Shigehiko, K., & Kunio, D. (2007). Review: Computer-aided diagnosis in chest radiography. [Review Article]. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 31, 212-223.

- van Ginneken, B., ter Haar Romeny, B. M., & Viergever, M. A. (2001). Computer-aided diagnosis in chest radiography: a survey. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 20(12), 1228-1241.
- Wiemker, R. Computer aided lung nodule detection on high resolution CT data. *CiteSeerX*.
- Xu, H., & al, e. (2010). Computer Aided Detection for Pneumoconiosis Screening on Digital Chest Radiographs. *Third International Workshop on Pulmonary Image Analysis*, 129-138.
- Youlten, D., Cramb, S., & Baade, P. (2008). The international epidemiology of lung cancer: geographical distribution and secular trends. *J Thorac Oncol* 3, 819-831.
- กมลรัตน์กุล, ภ., ซาลาประวรรตน์, ม., & ตันประยูร, ท. (2545). หลักการทำวิจัยให้สำเร็จ. กรุงเทพฯ: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.
- กระทรวงสาธารณสุข, ส. ก. (2547). แนวทางเวชปฏิบัติการวินิจฉัยโรคมะเร็งปอด. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- บรรณาธิการ. (2556). การจัดทำแผนป้องกันและควบคุมโรคมะเร็งแห่งชาติ. *วารสารโรคมะเร็ง*, 33(1), 1-3.
- รังสีวินิจฉัย. (2550). (กฤษฎี ประภาสะวัต, วลัยลักษณ์ ชัยสุตร, อภิญา เจริญศักดิ์ ed.). กรุงเทพฯ: บริษัท ทีซีซี พรินติ้ง จำกัด.
- สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, ส. (2554). ข้อมูลสถิติ: สถิติการตาย. from <http://bps.ops.moph.go.th/index.php?mod=bps&doc=5>
- อาคม, ช., เสาวคนธ์, ศ., อนันต์, ก., & อธิวุฒิ, ค. (2548). แนวทางการตรวจวินิจฉัย และรักษาโรคมะเร็งปอด. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.



ภาคผนวก: บทความสำหรับการเผยแพร่

มหาวิทยาลัยพระนคร