



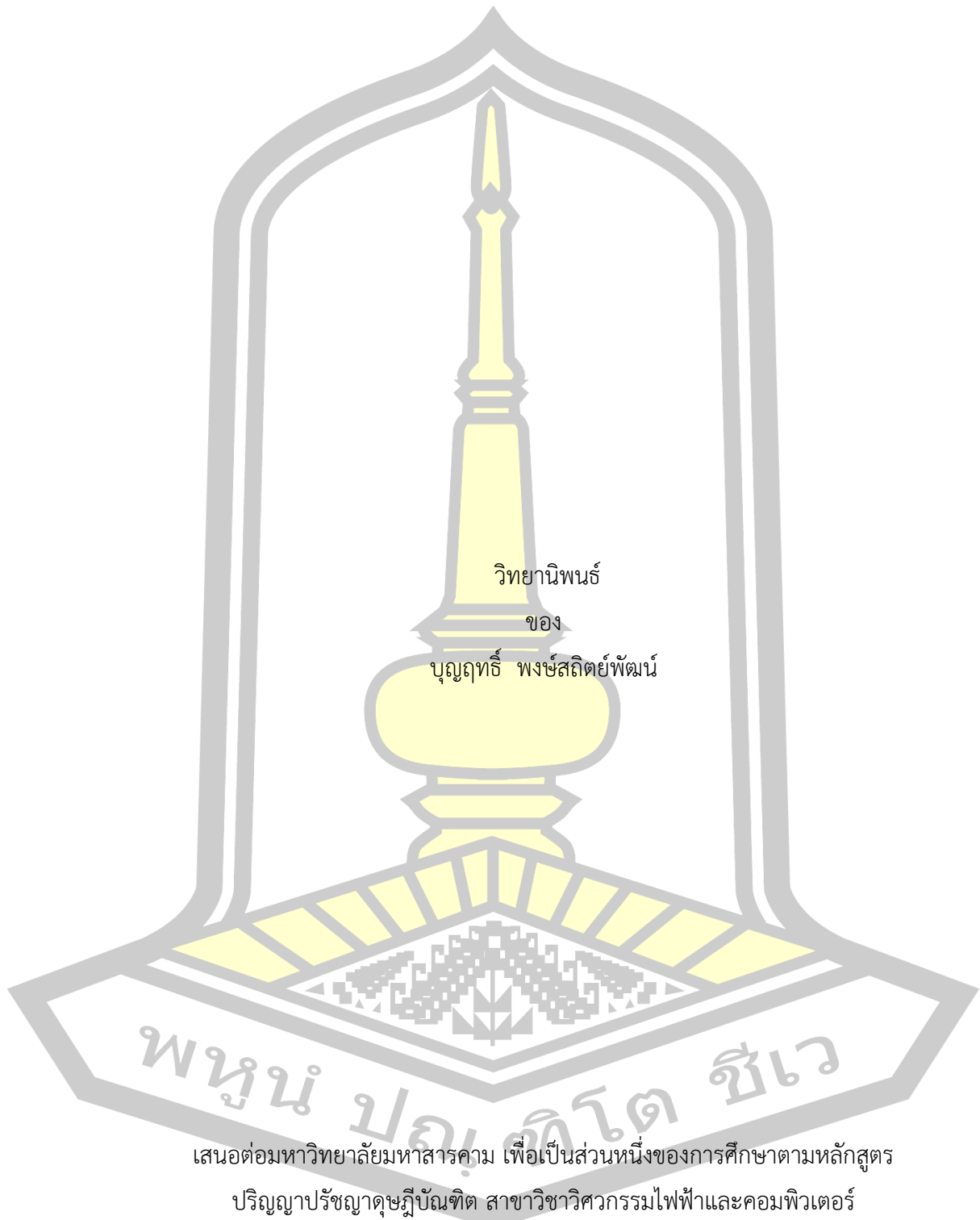
การแยกส่วนเนื้ออกในสมองจากภาพ MRI โดยวิธีการแบ่งขีดภาพมอร์โฟโลยีที่เหมาะสม

วิทยานิพนธ์
ของ
บุญฤทธิ พงษ์สถิตย์พัฒน์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มิถุนายน 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การแยกส่วนเนื้ออกในสมองจากภาพ MRI โดยวิธีการแบ่งขีดภาพมอร์โฟโลยีที่เหมาะสม



เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

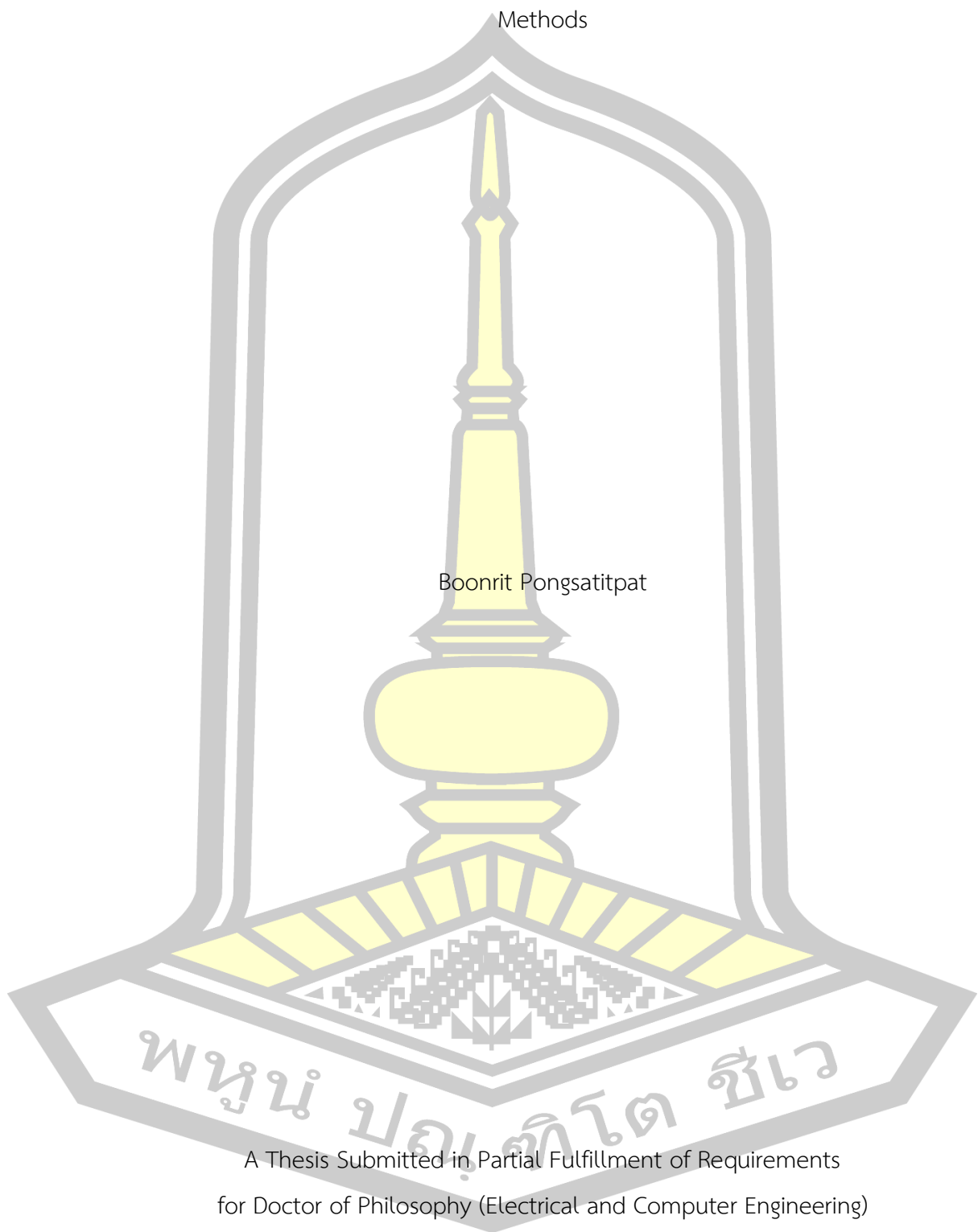
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มิถุนายน 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Segmentation of Brain Tumors in MRI Image using Optimal Morphology Thresholding

Methods



Boonrit Pongsatitpat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Doctor of Philosophy (Electrical and Computer Engineering)

June 2021

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายบุญฤทธิ์ พงษ์สถิตย์
พัฒน์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. วรวัฒน์ เสี่ยงมิบูล)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ณีรัฐฉวี สุวรรณทา)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. นิวัตร อังควิศิษฐพันธ์)

.....กรรมการ

(รศ. ดร. ชลธิ์ โพธิ์ทอง)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การแยกส่วนเนื้องอกในสมองจากภาพ MRI โดยวิธีการแบ่งขีดภาพมอร์โฟโลยีที่เหมาะสม		
ผู้วิจัย	บุญฤทธิ์ พงษ์สถิตย์พัฒน์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วรวัฒน์ เสี่ยงมวิบูล		
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพ เพื่อนำไปใช้ในการตรวจหาตำแหน่งและขนาดเนื้องอกจากภาพถ่ายสมองชนิด MRI ขั้นตอนที่น่านำมาใช้ในงานวิจัย โดยนำภาพถ่ายจากฐานข้อมูลสาธารณะมาประมวลผลจำนวน 100 ภาพ ซึ่งจะมีภาพเนื้องอกสมองที่มีตำแหน่งและขนาดต่าง ๆ กัน โดยผ่านกระบวนการกรองภาพด้วยวิธีเกาส์เซียนฟิลเตอร์แบบวนลูบซ้ำและมีการนำเทคนิคการขีดแบ่งภาพใช้ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของจำนวนพิกเซลของวัตถุและพื้นหลังคำนวณหาจุดขีดแบ่งภาพที่เหมาะสมร่วมกับวิธีการมอร์โฟโลยีโดยใช้วิธีการกัดกร่อนแล้วขยาย เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของภาพถ่ายเนื้องอกสมอง ในขั้นตอนสุดท้ายเมื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ จะได้ภาพผลลัพธ์ที่มีเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้องอกสมอง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจำนวนพิกเซลของเนื้องอกสมองระหว่างข้อมูลภาพสาธารณะกับงานวิจัยเท่ากับ 9.909% และค่าความถูกต้องเท่ากับ 98.00%

คำสำคัญ : ขีดแบ่งภาพ มอร์โฟโลยี ค่าเหมาะสม

พูน ปณ ทิโต ชีเว

TITLE	Segmentation of Brain Tumors in MRI Image using Optimal Morphology Thresholding Methods		
AUTHOR	Boonrit Pongsatitpat		
ADVISORS	Associate Professor Dr. Worawat Sa-Ngiamvibool		
DEGREE	Doctor of Philosophy	MAJOR	Electrical and Computer Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2021

ABSTRACT

The research presents the development of image processing techniques to detect the location and size of brain tumors from MRI-type photographs. The repetitive procedure used in the research was using 100 photos collection from the public database, which features images of brain tumors with different positions and sizes. The Gaussian filter structuring process, repetition and visual breakdown techniques apply variance and average the number of pixels of objects and backgrounds. The calculation of the appropriate visual break point in combination with the method of morphologies using corrosion methods and expanding to improve the structure of brain tumor photos. Finally, when the process is finished, the results are only shown in the brain tumor, with an average tolerance of the number of tumors between public image data and research of 9.909%, and accuracy of 98.00%.

Keyword : Thresholding Morphology Optimal

พงษ์ ปณฺฑิต ชีวะ
ปณฺฑิต ชีวะ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วรวัฒน์ เสี่ยงมวิบูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร ผู้ทรงคุณวุฒิประธานกรรมการสอบ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐฉัตร สุวรรณทา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร อังควิเศษฐพันธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ชลธิ โปธิ์ทอง ที่เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ได้กรุณาให้คำแนะนำช่วยเหลือผู้วิจัยด้วยดี มาโดยตลอด และเพื่อนนิสิตปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำในการเรียนมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณครอบครัวพงษ์สทิพย์พัฒน์ ทั้งคุณพ่อสมนึก (เสียชีวิตแล้ว) คุณแม่สวาท ซึ่งเป็นแรงสนับสนุนค่าใช้จ่ายด้านการศึกษา น้องสุกัญญา น้องสุดารัตน์ ที่ให้กำลังใจเสมอมา รวมทั้ง คุณอัญชลี พงษ์สทิพย์พัฒน์ ภรรยาและลูกๆ ที่ช่วยผลักดันและสนับสนุนในทุกๆ ด้านให้ผู้วิจัยมีกำลังใจ ขณะที่กำลังศึกษาเล่าเรียนอยู่

คุณค่าและประโยชน์จากการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศเพื่อบูชาพระคุณบิดา มารดา และบูรพาจารย์ที่ให้การอบรมสั่งสอนให้มีสติปัญญาและคุณธรรมอันเป็นเครื่องชี้ความสำเร็จของชีวิต และผู้มีอุปการคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยสนับสนุนให้ผู้วิจัยประสบผลสำเร็จในการวิจัยครั้งนี้

บุญฤทธิ์ พงษ์สทิพย์พัฒน์

พหุบัณฑิต ชีวะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ปรีทัศน์เอกสารข้อมูล.....	3
2.1 โครงสร้างสมอง.....	3
2.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดเนื้องอกในสมอง.....	5
2.2.1 ปัจจัยภายใน.....	6
2.2.2 ปัจจัยภายนอก.....	7
2.3 การแบ่งระยะของเนื้องอกในสมอง.....	8
2.4 วิธีรักษาเนื้องอกร้าย.....	10
2.4.1 ผ่าตัด.....	10
2.4.2 รังสีรักษา.....	11
2.4.3 เคมีบำบัด.....	11
2.4.3.1 การกดไขกระดูก.....	11

2.4.3.2	คลื่นไส้อาเจียน.....	12
2.4.3.3	ผมร่วง.....	12
2.4.3.4	เบื่ออาหาร น้ำหนักลด.....	12
2.4.3.5	ท้องเสีย.....	12
2.5	การดึงข้อมูลภาพ (Image acquisition).....	13
2.6	การแบ่งขีดภาพ (Image threshold).....	14
2.7	การเชื่อมจุดต่อของพิกเซลในรูปภาพ (Connected components labeling).....	18
2.8	การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature extraction).....	20
2.9	การประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ (Morphological Image Processing).....	21
2.10	การขยายภาพ (Dilation).....	23
2.11	การย่อภาพ (Erosion).....	25
2.12	โอเพอเรชัน Opening และ Closing.....	27
2.12.1	โอเพอเรชันการ Opening.....	27
2.12.2	โอเพอเรชันการ Closing.....	27
2.13	สี่เหลี่ยมในการปิดล้อมวัตถุ (Bounding Box).....	27
2.14	วิธีการหาขอบรูปภาพ (Edge Detections).....	28
2.15	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
2.16	สรุป.....	32
บทที่ 3	วิธีดำเนินงานวิจัย.....	33
3.1	ขั้นตอนการนำเข้าสู่ข้อมูลภาพ (Input Image).....	34
3.2	การเตรียมข้อมูลภาพก่อนการประมวล (Pre-Processing).....	35
3.2.1	การปรับค่าความเข้มแสงของภาพ (Intensity Manipulation).....	35
3.2.2	การปรับความคมชัดของภาพทั้งภาพ (Global Contrast Enhancement).....	38

3.2.3 การจำกัดสิ่งรบกวนในภาพ (Noise Removal)	39
3.3 การเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพสีเทา (RGB Colure to Gray level).....	41
3.4 การหาค่าขีดแบ่งภาพ (Thresholding).....	42
3.4.1 การหาค่าขีดแบ่งภาพแบบพื้นฐาน (Basic thresholding)	42
3.4.2 การหาค่าขีดแบ่งภาพแบบเหมาะสม (Optimum thresholding).....	44
3.5 วิธีการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างของภาพ (Morphological Methods).....	47
3.6 การวัดประสิทธิภาพ (Evaluation and Performance)	48
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	50
4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	50
4.2 ตัวอย่างภาพถ่ายในงานวิจัย	50
4.3 การหาตำแหน่งเงือกในสมอง.....	52
4.4 การทดสอบประสิทธิภาพ.....	99
บทที่ 5 บทสรุป	101
5.1 สรุปผลการทดลองและการดำเนินงานวิจัย.....	101
5.2 แนวทางการพัฒนาต่อ.....	102
บรรณานุกรม.....	103
ประวัติผู้เขียน.....	109



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 แสดงลักษณะการแพร่กระจายของโรคมะเร็ง	8
ตาราง 3.1 แสดงการวัดประสิทธิภาพการค้นหาเนื้องอกในสมอง	49
ตาราง 4.1 แสดงตัวอย่างภาพจากฐานข้อมูล.....	53
ตาราง 4.2 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 1	56
ตาราง 4.3 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 2	60
ตาราง 4.4 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 3.....	64
ตาราง 4.5 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 4	68
ตาราง 4.6 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 5.....	72
ตาราง 4.7 แสดงรูปภาพสมองผ่านวิธีการขีดแบ่งภาพแบบเหมาะสม	77
ตาราง 4.8 แสดงภาพเนื้องอกสมองด้วยขบวนการ Bounding Box.....	80
ตาราง 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีฐานของภาพถ่ายเนื้องอกสมอง	83
ตาราง 4.10 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 1.....	86
ตาราง 4.11 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 2.....	88
ตาราง 4.12 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 3.....	90
ตาราง 4.13 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 4.....	92
ตาราง 4.14 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ตัวอย่างที่ 5.....	94
ตาราง 4.15 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปจากฐานข้อมูลกับรูปในงานวิจัย.....	96
ตาราง 4.16 แสดงผลการตรวจพบและไม่พบเนื้องอกสมองจากภาพถ่าย	99
ตาราง 4.17 การเปรียบเทียบวิธีการค้นหาตำแหน่งของเนื้องอกในสมองจากภาพถ่าย.....	100

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 2.1 ส่วนประกอบสมอง.....	4
ภาพประกอบ 2.2 แสดงความเข้มแสงเทียบกับค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพ.....	14
ภาพประกอบ 2.3 แสดงฮิสโตแกรมที่วัตถุและพื้นหลังมีค่าความเข้มแสงแยกออกจากกัน	15
ภาพประกอบ 2.4 แสดงภาพ Binary image ที่ได้จากวิธี Global Thresholding.....	19
ภาพประกอบ 2.5 ผลที่ได้จากการทำงานของ Connected Components Labeling.....	19
ภาพประกอบ 2.6 แสดงเวกเตอร์ ขนาด 2 มิติทั้งคู่ (Obj1,Obj2).....	21
ภาพประกอบ 2.7 ข้อมูลภาพพื้นฐานสำหรับการทำโอเปอเรชัน	22
ภาพประกอบ 2.8 ข้อมูลภาพหลังการทำโอเปอเรชัน	22
ภาพประกอบ 2.9 แสดงตำแหน่งเริ่มต้นของภาพ (Origin).....	23
ภาพประกอบ 2.10 การยูเนียน Template ของภาพ	23
ภาพประกอบ 2.11 ข้อมูลภาพแถวแรก	24
ภาพประกอบ 2.12 การยูเนียนกับ Template แถวแรก.....	24
ภาพประกอบ 2.13 การยูเนียนกับ Template แถวสอง.....	24
ภาพประกอบ 2.14 การยูเนียนกับ Template ภาพทั้งหมด.....	25
ภาพประกอบ 2.15 ข้อมูลภาพและ Template.....	25
ภาพประกอบ 2.16 ผลที่ได้มี 3 ตำแหน่ง	26
ภาพประกอบ 2.17 ข้อมูลภาพที่ผ่านการทำโอเปอเรชันกับ Template.....	26
ภาพประกอบ 3.1 ขั้นตอนของกระบวนการวิเคราะห์รูปภาพสมองที่มีเนื้องอกในสมอง.....	34
ภาพประกอบ 3.2 ตัวอย่างภาพถ่ายสมองชนิด MRI	35
ภาพประกอบ 3.3 ภาพเนื้องอกแบบจำลองสี Gray และการกระจายฮิสโตแกรมแบบสมมาตร.....	37
ภาพประกอบ 3.4 การเปรียบเทียบหลังการกระจายฮิสโตแกรมแบบสมมาตร	39

ภาพประกอบ 3.5 แสดงรูปภาพที่ผ่านการกำจัดสิ่งรบกวนในภาพ..... 40

ภาพประกอบ 3.6 แสดงกราฟฮิสโตแกรมของภาพค่าความเข้มสีระดับสีเทา 43

ภาพประกอบ 3.7 แสดงกราฟฮิสโตแกรมความเข้มระดับสีเทาที่มีค่าขีดแบ่งภาพหลายส่วน..... 43

ภาพประกอบ 3.8 แสดงวิธีการหาค่าขีดแบ่งภาพที่เหมาะสม 45

ภาพประกอบ 3.9 แสดงภาพก่อน-หลังโดยใช้วิธีการขีดแบ่งภาพแบบอัตโนมัติ ตัวอย่างที่ 1..... 46

ภาพประกอบ 3.10 แสดงภาพก่อน-หลังโดยใช้วิธีการขีดแบ่งภาพแบบอัตโนมัติ ตัวอย่างที่ 2 46

ภาพประกอบ 3.11 แสดงภาพก่อน-หลังโดยใช้วิธีการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง1 47

ภาพประกอบ 3.12 แสดงภาพก่อน-หลังโดยใช้วิธีการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง2..... 48

ภาพประกอบ 4.1 แสดงภาพถ่ายจากฐานข้อมูลเป็นภาพสี..... 51

ภาพประกอบ 4.2 แสดงภาพถ่ายจากฐานข้อมูลเป็นภาพสีเทา..... 52

ภาพประกอบ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนพิกเซลเนื้องอกสมอง..... 98

ภาพประกอบ 4.4 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของจำนวนพิกเซลเนื้องอกสมองจำนวน 100 ภาพ ... 98



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื้องอกสมอง (Brain Tumor) คือ เนื้อที่เกิดจากการเจริญเติบโตอย่างผิดปกติของเซลล์ในสมองหรือบริเวณเนื้อเยื่อและต่อมต่าง ๆ บริเวณใกล้เคียงกับสมอง ซึ่งอาจรบกวนระบบประสาทและการทำงานของสมอง จนทำให้มีอาการต่าง ๆ ตามมา ตั้งแต่ปวดหัว คลื่นไส้ อาเจียน มีปัญหาด้านพฤติกรรม บุคลิกภาพ การพูด การได้ยิน การมองเห็น ความจำ ไปจนถึงอาจเกิดอาการชัก เป็นอัมพาตครึ่งซีก หรือลุกลามเป็นมะเร็งในระยะอันตรายได้หากไม่ได้รับการรักษาให้ทันการณ์ จากการเก็บสถิติข้อมูลของ The Central Brain Tumor Registry of The United States [1] ในปี ค.ศ. 2011 ถึง ค.ศ.2015 อัตราการเกิดเนื้องอกในสมองจะเกิดขึ้นประมาณ 23.03 คนต่อประชากร 100,000 คน ซึ่งจะพบเนื้องอกที่ไม่เป็นเนื้อร้ายและเนื้องอกของระบบประสาทสมองส่วนกลาง โดยโรคเนื้องอกสมองเป็นโรคที่พบ 1 ใน 5 อันดับแรกของโรกระบบประสาทที่พบมากที่สุดและยังพบผลลัพธ์หลังการรักษาคือ ผู้ป่วยต้องพึ่งพาผู้อื่นและเป็นภาระของครอบครัว

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องของผู้ป่วยโรคเนื้องอกสมองที่มีผลในภาวะการทำงานที่ด้านร่างกายของผู้ป่วย ได้แก่ สภาพเนื้องอกสมองแตกต่างกันไปตามประเภทของเนื้องอกสมอง เนื่องจากกลุ่มเนื้องอกที่มีโอกาสความเป็นเนื้อร้ายสูงมีลักษณะการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อสมองส่วนลึกจะมีผลต่อการทำหน้าที่ทางระบบประสาทสมองอย่างรุนแรงและทำให้มีการบาดเจ็บของสมอง ดังนั้นประเภทของเนื้องอกอาจจะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของภาวะการทำงานด้านร่างกาย ผู้ป่วยโรคเนื้องอกสมองที่เข้ารับการรักษาไม่ว่าจะเป็นการรักษาโดยวิธีการผ่าตัด, รังสีรักษา และเคมีบำบัด อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงภาวะการทำงานด้านร่างกายภายหลังการรักษากล่าวคือ ภายหลังการผ่าตัดผู้ป่วยส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 81.5 เปอร์เซ็นต์มีภาวะการทำงานที่ของร่างกายดีขึ้นกว่าในช่วงก่อนการผ่าตัด ผู้ป่วยร้อยละ 18.5 เปอร์เซ็นต์มีผลลัพธ์หลังการผ่าตัดแยกลงกว่าเดิม ส่วนการรักษาโดยวิธีรังสีรักษาในช่วงก่อนและหลังการรักษา คือ ผู้ป่วยรู้สึกไม่มีเรี่ยวแรง ไม่มีสมาธิ มีปัญหาในด้านการอ่าน, การแสดงออกไม่สามารถจดจำสิ่งใหม่ๆที่เกิดขึ้นและไม่สามารถทำงานได้ดังเดิม สำหรับการรักษาโดยวิธีรังสีรักษาร่วมกับได้รับยาเคมีบำบัดจะพบว่าผู้ป่วยมีปัญหาทางด้านความคิดบกพร่องเกิดขึ้น [2]

ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจวินิจฉัยในเบื้องต้นหรือเป็นผู้ป่วยที่มีการกลับเป็นซ้ำ ซึ่งเข้ามารับการรักษาโรคเนื้องอกสมองโดยการผ่าตัดหรือวิธีการให้รังสีรักษาหรือการให้ยาเคมีบำบัด แพทย์จะทำการตรวจร่างกายและทำการทดสอบทางประสาทวิทยาาก่อน เช่น ตรวจทัศนวิสัยในการมองเห็น การได้ยิน

การทรงตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและปฏิกิริยาตอบสนองทางร่างกาย จนถึงขั้นตรวจเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ หรือ CT scan ,เครื่องตรวจวินิจฉัยโรคด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ Magnetic Resonance Imaging (MRI) หรือเครื่องถ่ายภาพรังสี PET scan เพื่อในการวินิจฉัยว่าเป็นเนื้องอกที่อยู่ในชั้นและระดับความรุนแรงเท่าใดเป็นเนื้อร้ายหรือไม่เพื่อวางแผนการรักษาอย่างถูกต้องเหมาะสมต่อไป [3]

นักวิจัยหลายคนได้นำเสนอวิธีการและอัลกอริทึมมากมายสำหรับการตรวจหาเนื้องอกสมองและความผิดปกติอื่น ๆ ในสมองมนุษย์โดยใช้ภาพจากเครื่องตรวจวินิจฉัยด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า MRI สามารถให้ภาพที่แยกความแตกต่างระหว่างเนื้อเยื่อ ได้อย่างชัดเจน ทำให้มีความถูกต้องแม่นยำในการวินิจฉัยโรคมายิ่งขึ้นใช้ได้ดีกับการตรวจสมอง เส้นประสาทไขสันหลัง เส้นประสาทในร่างกาย กล้ามเนื้อ ตรวจเส้นเลือดได้ โดยไม่ต้องเสี่ยงกับการฉีดสารทึบรังสี และการสวนสายยางซึ่งมีประโยชน์ต่อวงการแพทย์แผนปัจจุบัน การตรวจด้วยเครื่อง MRI ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อเพราะไม่ใช่คลื่นรังสี ปัจจุบันการตรวจด้วยเครื่อง MRI สามารถตรวจพบความผิดปกติได้อย่างรวดเร็ว มีประโยชน์ในการวินิจฉัยโรค สามารถบอกขอบเขตของโรคได้ทำให้แพทย์สามารถวางแผนการรักษาโรคต่อไป [4]

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาคุณลักษณะและตรวจหาตำแหน่งของเนื้องอกสมองจากภาพถ่าย
- 1.2.2 เพื่อประยุกต์เทคนิคการประมวลผลภาพและนำไปใช้ในการหาตำแหน่งเนื้องอกในสมอง
- 1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพความแม่นยำในการหาตำแหน่งของเนื้องอกในสมอง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 แยกภาพเนื้องอกออกจากภาพสมองต้นฉบับโดยใช้โปรแกรม MATLAB
- 1.3.2 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพความแม่นยำจากการจำแนกดำเนินการบนระบบปฏิบัติการ Windows 10 Enterprise หน่วยประมวลผลแบบ Intel(R) Core(TM) i7-3537u @ 2.0GHz หน่วยความจำ 8.00 GB
- 1.3.3 ชุดข้อมูลที่ใช้เป็นฐานข้อมูลแบบสาธารณะที่ใช้ทดสอบความแม่นยำและถูกต้อง
- 1.3.4 จำนวนภาพที่นำมาวิเคราะห์ ไม่น้อยกว่า 100 ภาพ
- 1.3.5 ภาพที่นำมาทดสอบมีขนาดของภาพไม่เกิน 1024x768 พิกเซล

บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

เนื้อหาในบทนี้ผู้วิจัยจะอธิบายโครงสร้างของสมอง โรคที่เกิดกับสมอง วิธีการวินิจฉัยและการรักษาเทคนิคที่ใช้ในการจำแนกภาพที่ต้องการก็คือเนื้องอกสมองออกจากภาพถ่ายภาพสมองด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (MRI) [5] หรือตรวจเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan) แล้วนำมาแปลงเป็นไฟล์ภาพชนิด *.JPG ผ่านการกรองสัญญาณรบกวนในภาพและปรับขนาดภาพให้เหมาะสมในการวิจัย จากนั้นปรับภาพที่ได้ให้อยู่ในรูปของภาพสีเทา (Gray Scale Image) แล้วผ่านขบวนการหาค่าขีดแบ่งรูปภาพหรือการเทรสโฮลดภาพ โดยภาพที่ได้จะเป็นภาพ ขาว-ดำ และทำ Morphological คือการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ ใช้วิธีการ Bounding Box ในบริเวณที่มีลักษณะคล้ายเนื้องอกในสมอง จากนั้นก็จะหาประสิทธิภาพและความแม่นยำต่อไป

2.1 โครงสร้างสมอง

สมองเป็นส่วนหนึ่งของร่างกาย มีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลมคว่ำ ส่วนโค้งอยู่ทางด้านบน ส่วนแบนอยู่ทางด้านล่าง มีแกนตรงกลางยาวยื่นออกมาจากครึ่งทรงกลมนี้ทางด้านล่างเรียกว่า ก้านสมอง (brainstem) ก้านสมองนี้มีส่วนต่อยาวเลยท้ายทอยลงไป ส่วนที่ยาวมาจากท้ายทอยเมื่อพันกระดูกสันหลังไปแล้วจะทอดตัวเป็นลำยาวภายใน ช่องตลอดแนวกระดูกสันหลังเรียกว่า ไขสันหลัง (spinal cord) ตลอดระยะความยาวของไขสันหลัง จะมีเส้นใยประสาท (Nerves) แยกออกและแผ่ขยายออกไปครอบคลุมเกือบจะทั่วทุกส่วนของร่างกาย เพื่อรับเอาข้อมูลต่าง ๆ จากอวัยวะประสาทไปสู่สมอง และในขณะเดียวกันก็จะนำคำสั่งจากสมองไปยังอวัยวะเหล่านั้นด้วย [6]

สมองมีหน้าที่เกี่ยวกับ การจดจำ การคิด และความรู้สึกต่างๆ สมอง ประกอบด้วยตัวเซลล์ประมาณ 10 พันล้านตัว ถึง 12 พันล้านตัว แต่ละตัวมีเส้นใยที่เรียกว่า แอกซอน (Axon) และเดนไดรต์ (Dendrite) สำหรับให้กระแสไฟฟ้าเคมี (Electrochemical) แล่นผ่านถึงกัน การที่เราจะคิดหรือจดจำสิ่งต่าง ๆ นั้น เกิดจากการเชื่อมต่อของกระแสไฟฟ้าในสมอง คนที่ฉลาดที่สุดก็คือ คนที่สามารถใช้ กำลังไฟฟ้าได้เต็มที่โครงสร้างของสมอง แบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามวิวัฒนาการของสมอง [7-9]



ภาพประกอบ 2.1 ส่วนประกอบสมอง

สมองส่วนแรก อาร์เบรน (R-brain) หรือ เรปทีเลียนเบรน (Reptilian brain) แปลว่ามาจาก สัตว์เลื้อยคลาน หรือ สมองสัตว์ชั้นต่ำมีหน้าที่ขั้นพื้นฐานที่ง่ายที่สุดเกี่ยวกับการเต้นของหัวใจ การหายใจ ทำหน้าที่เกี่ยวกับรับรู้ประสาทสัมผัส และสั่งงานให้กล้ามเนื้อเกิดการเคลื่อนไหว สมองส่วนนี้ยังรับและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้จากสมอง หรือ ระบบประสาทส่วนถัดไปและทำให้เกิดเป็นระบบตอบโต้อัตโนมัติขึ้น ทำให้เกิดมีปฏิกิริยาอย่างง่าย ๆ ปราศจากอารมณ์ ปราศจากเหตุผล [10] สมองส่วนที่สองเรียกว่า ลิมบิกเบรน (Limbic brain) หรือ โอลด์แมมมาเลียนเบรน (Old Mammalian brain) คือ สมองของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สมองส่วนฮิปโปแคมปัส เทมโปราลโลบ และบางส่วนของ ฟรอนทอลโลบซึ่งมีหน้าที่ เกี่ยวกับ ความจำ การเรียนรู้ พฤติกรรม ความสุข อารมณ์ขั้นพื้นฐาน ความรู้สึก เช่น ชอบ ไม่ชอบ ดี ไม่ดี โกรธ หรือ มีความสุข เศร้า หรือ สนุกสนาน รัก หรือเกลียด สมอง ส่วนลิมบิก จะทำให้คนเราปรับตัวได้ดีขึ้น มีความฉลาดมากขึ้น และสามารถเรียนรู้โลกได้กว้างขึ้นเป็นสมองส่วนที่สลับซับซ้อน มากขึ้น [11-13] สมองส่วนที่สามเรียกว่า นิวแมมมาเลียนเบรน (New Mammalian brain) หรือสมองของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสมัยใหม่ คือสมองใหญ่ สมองทั้งหมดจะทำหน้าที่เกี่ยวกับ ความรู้สึกนึกคิด การเรียนรู้ สติสัมปชัญญะ และรายละเอียดที่สลับซับซ้อน ซึ่งสมองส่วนนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าสมองอีก 2 ส่วนถึง 5 เท่าด้วยกัน สมองส่วนนี้เป็นศูนย์รวมเกี่ยวกับ ความฉลาด ความคิดสร้างสรรค์ การคำนวณ ความรู้สึก เห็นอกเห็นใจผู้อื่น ความรัก ความเสนาหา เป็นสมองส่วนที่ทำให้มนุษย์รู้จักคิด หาหนทางเอาชนะธรรมชาติ หรือควบคุมสิ่งแวดล้อมในโลกนี้ [14]

2.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดเนื้องอกในสมอง

ก้อนเนื้อผิดปกติที่เกิดขึ้นในอวัยวะต่างๆของร่างกายนั้น เกิดจากการแบ่งตัวเซลล์ในร่างกายมากจนเกินไป ซึ่งไม่ได้เกิดจากเชื้อโรควิ่งไม่ใช่โรคติดต่อ ผู้ป่วยจะมีอาการปวดศีรษะแบบเรื้อรังเป็นสิ่งสำคัญ โดยพบว่าผู้ที่มีอาการปวดศีรษะ 100,000 คน มีสาเหตุมาจากเนื้องอกในสมองประมาณ 10 คน [15] ส่วนวิธีการรักษาและผลการรักษาย่อมแตกต่างกันไปตามชนิด ขนาด และตำแหน่งของก้อนเนื้องอก โรคชนิดนี้เป็นโรคที่พบได้ไม่บ่อยนัก (ประมาณ 1.67% ของโรคมะเร็งทั้งหมด) สามารถพบได้ในคนทุกวัยตั้งแต่เด็กเล็กจนถึงผู้สูงอายุ พบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง ส่วนกลุ่มอายุที่พบได้บ่อยนั้นจะขึ้นอยู่กับเนื้องอกในสมองแต่ละชนิด เช่น Medulloblastoma เป็นเนื้องอกชนิดที่มักพบในผู้ป่วยเด็ก [16, 17] ส่วน Glioblastoma multiforme (GMB) เป็นเนื้องอกชนิดที่มักพบในผู้ใหญ่ เป็นต้นแต่กล่าวโดยรวมแล้วส่วนใหญ่จะพบได้มากใน 2 ช่วงอายุ คือ กลุ่มอายุ 40-70 ปี ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเนื้องอกชนิดทุติยภูมิที่มะเร็งแพร่กระจายมาจากส่วนอื่น และกลุ่มอายุ 3-12 ปี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเนื้องอกชนิดปฐมภูมิที่มีต้นกำเนิดจากเซลล์หรือเนื้อเยื่อที่อยู่ภายในกะโหลกศีรษะเอง เนื้องอกในสมองถือเป็นโรคมะเร็งที่พบได้บ่อยที่สุดในเด็ก การแบ่งตัวนี้มี 2 ชนิด คือ

1. เซลล์เนื้องอกที่แบ่งตัวช้า จะไม่ค่อยทำลายเซลล์ข้างเคียงที่ผิดปกติ ไม่มีการกินทะลุเข้าไปในหลอดเลือดและท่อน้ำเหลือง ทำให้ไม่มีโอกาสที่เซลล์เนื้องอกจะกระจายตามหลอดเลือดและท่อน้ำเหลือง ไม่ไปเติบโตที่อวัยวะอื่นที่อยู่ไกลออกไป การเติบโตแบบนี้ทำให้เกิดเนื้องอกไม่ร้าย (Benign tumor) ตัวอย่างเช่น Fibroadenoma ของเต้านม [18], Follicular adenoma ของต่อมไทรอยด์ [19], Myoma ของมดลูก , Mixed tumor ของต่อมน้ำลาย , Lipoma ของเนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนัง [20] เป็นต้น

2. เซลล์เนื้องอกที่แบ่งตัวเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว มีการเบียดแทรกและทำลายเซลล์ปกติที่อยู่ข้างเคียงอีกทั้งยังสามารถแทรกตัวทะลุเข้าไปในหลอดเลือดและท่อน้ำเหลืองได้ และอาศัยการไหลเวียนของเลือดและน้ำเหลืองพัดพาผ่านไปเจริญเติบโตเป็นก้อนที่อวัยวะอื่นได้ การแบ่งตัวแบบนี้ก่อให้เกิดเนื้องอกร้าย (Malignant tumor) [21] หรือที่คนทั่วไปเรียกกันว่า มะเร็ง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่ม ตามชนิดของเซลล์ ดังนี้

- มะเร็งกลุ่ม Carcinoma ได้แก่ มะเร็งที่มาจากเซลล์เยื่อบุผิว เป็นชนิดที่พบมากที่สุด
- มะเร็งกลุ่ม Sarcoma ได้แก่ มะเร็งที่มาจากเซลล์ไขมัน กล้ามเนื้อ เส้นประสาท เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน กระดูก และกระดูกอ่อน
- มะเร็งกลุ่ม Lymphoma ได้แก่ มะเร็งที่มาจากเซลล์ของต่อมน้ำเหลืองและเนื้อเยื่อของระบบภูมิคุ้มกัน

- มะเร็งกลุ่ม Leukemia ได้แก่ มะเร็งของเซลล์ต้นกำเนิดเม็ดเลือดที่อยู่ในไขกระดูก
- มะเร็งกลุ่ม Melanoma ได้แก่ มะเร็งที่มาจากเซลล์ผลิตเม็ดสี (Melanocytes) ซึ่งพบตามผิวหนัง

ในความเป็นจริงเนื้องอกไม่ร้ายพบมากกว่าเนื้องอกร้ายจำนวนหลายเท่า และสามารถเกิดได้ตั้งแต่เด็กแรกเกิดไปจนถึงวัยชรา แต่เราอาจไม่สนใจนัก เพราะรักษาได้ไม่ยากและรอดได้หากยังไม่รักษา ผิดกับมะเร็งที่จะต้องรักษาเฉพาะในระยะเริ่มต้นเท่านั้น ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเนื้องอกในสมองนั้นมีได้ดังนี้

2.2.1 ปัจจัยภายใน

การเกิดเนื้องอกโดยเฉพาะมะเร็งนั้น ส่วนมากมาจากปัจจัยภายในร่างกายของเราเอง มากกว่าปัจจัยภายนอก ปัจจัยภายในเหล่านี้คือ ยีนที่ควบคุมการแบ่งตัวของเซลล์ ซึ่งมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นยีนที่ยับยั้งการแบ่งเซลล์ (Tumor suppressor gene) ตัวอย่างยีนชนิดนี้ ได้แก่ p53 gene [22] โดยเมื่อเซลล์ถูกแสงอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งอาจทำให้ DNA เกิดความเสียหายได้ p53 gene จะสร้าง transcription factor โดยหยุดเซลล์ไว้ที่ระยะ G1 เพื่อซ่อมแซม DNA ที่แตกหักเสียหาย ก่อนที่จะปล่อยให้เซลล์เข้าสู่ระยะ S ซึ่งมีการสังเคราะห์ DNA ใหม่ ในกรณีที่ DNA เสียหายจนไม่อาจซ่อมให้กลับดังเดิมได้ p53 จะกำหนดให้เซลล์ตาย (Apoptosis) ในภาวะเซลล์ที่ขาด p53 gene จะส่งผลให้เกิดการกลายพันธุ์มากขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดมะเร็ง กลุ่มที่สองเป็นยีนที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์ (Oncogene) เพื่อควบคุมเซลล์ในร่างกายของเราให้มีเพียงพอแก่การใช้งานได้ตลอดเวลา ยีนกลุ่มนี้เมื่อมีการแสดงออกมากเกินไปจะทำให้เซลล์แบ่งตัวโดยไม่มีที่สิ้นสุด

ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายของแต่ละบุคคล โดยปกติเซลล์มะเร็งจะสร้างสารต่างๆ ในรูปแบบของโปรตีนและโพลีเปปไทด์ออกมาที่พื้นผิว เหมือนสิ่งแปลกปลอมให้ระบบภูมิคุ้มกันของเราตรวจจับได้ เรียกว่า Tumor Associated Antigen (TAA) หรือ Tumor Specific Transplantation Antigen (TSTA) แต่โดยเหตุใดก็ตามที่ร่างกายไม่สามารถจะตรวจพบหรือไม่สามารถทำลายแอนติเจนเหล่านี้ เซลล์มะเร็งก็จะแบ่งตัวไปได้เรื่อยๆ ในส่วนของเชื้อชาติ อายุ กรรมพันธุ์ และเพศ เนื้องอกบางชนิดพบมากในเฉพาะบางเชื้อชาติ มะเร็งกลุ่ม Sarcoma พบมากในคนอายุน้อย ขณะที่มะเร็งกลุ่ม Carcinoma จะพบมากในคนอายุมาก และมะเร็งบางชนิดจะพบเฉพาะในเด็กเท่านั้น เช่น มะเร็งของลูกตาชนิดเรตินอบลาสโตมา (Retinoblastoma) ยีนที่เราได้รับมาจากบรรพบุรุษ เช่น BRCA1 และ BRCA2 จะเพิ่มความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งเต้านมและมะเร็งรังไข่

นอกจากนั้นมะเร็งบางชนิดก็พบมากในเพศชาย เช่น มะเร็งปอด มะเร็งตับ แต่มะเร็งเต้านมกลับพบมากในเพศหญิง จึงเชื่อว่ายังมีปัจจัยภายในอีกมากที่ยังไม่ทราบที่กระตุ้นให้เกิดเนื้องอกขึ้น

ในส่วนของรอยโรคตั้งต้น (Precancerous lesion) เช่น ฝ้าดำ ตึงเนื้อในลำไส้ใหญ่ แผลที่หลอดอาหารที่เกิดจากกรดไหลย้อนในกระเพาะเรื้อรัง รอยโรคเหล่านี้มีโอกาสที่จะกลายเป็นเนื้องอกร้ายในภายหลัง ในบางครั้งอาจถูกมองว่าปัจจัยภายในเหล่านี้เป็นสิ่งที่ควบคุมไม่ได้ แต่ในทางการแพทย์ทางตะวันตกออกกระบุว่าสามารถเสริมกลไกของธรรมชาติภายในร่างกายของเราได้ง่าย ๆ จากความรู้สึกของเราเอง ความรู้สึกกลัว คาดหวัง ด้อยค่า ขาดแคลน ฯลฯ จะบั่นทอนพลังการสมานตัวภายในร่างกาย ขณะที่ความกล้าเผชิญกับทุกสิ่งทุกอย่างที่เข้ามา รู้ค่าและพอใจกับสิ่งที่มีที่เป็นอยู่ ไม่คาดหวังหรือวางแผนอะไรที่ฝืนธรรมชาติ ซึ่งก็อาจจะช่วยให้ร่างกายของเราทำหน้าที่ต่าง ๆ ตามที่ถูกกำหนดมาได้อย่างเรียบร้อยสมบูรณ์

2.2.2 ปัจจัยภายนอก

ปัจจัยภายนอกแม้จะเป็นส่วนน้อย แต่ก็เป็นส่วนที่สามารถจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเพื่อหลีกเลี่ยงต่อการเกิดเนื้องอกต่าง ๆ น้อยลง ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

- บุหรี่ เป็นสารก่อมะเร็งตัวสำคัญของโลก และยังเป็นสาเหตุต้น ๆ ของโลกทุกพลาภาพทางปอดต่าง ๆ ด้วย
- สุรา เป็นปัจจัยเสริมของการเกิดมะเร็งหลายชนิด รวมทั้งมะเร็งตับจากโรคตับแข็ง อีกทั้งยังเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดอุบัติเหตุและคดีความต่างๆมากมายในแต่ละปีอีกด้วย
- เนื้อสัตว์ที่ผ่านการปิ้งย่างจะเกรียม มีสารที่ส่งเสริมการเกิดมะเร็งของกระเพาะอาหารได้
- อาหารที่ปนเปื้อนเชื้อราอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) เช่น ในถั่วงอกที่เก็บไว้เป็นเวลานาน
- เชื้อโรคบางชนิด เช่น ไวรัสเอชพีวี (Human Papillomavirus) , Epstein-Barr virus , ไวรัสตับอักเสบบีเรื้อรัง , ไวรัสเอดส์ , แบคทีเรีย H. pylori , พยาธิใบไม้ในตับ เป็นต้น
- สารเคมีบางชนิด เช่น แร่ใยหิน (Asbestos) , ไดออกซิน (Dioxin) , สารหนู (Aesenic) , เบนซีน , นิเกิล , แคดเมียม , โครเมียม , ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl chloride) เป็นต้น
- รังสีบางชนิด เช่น รังสีแกมมา มอนุภาคแอลฟา , รังสีเอกซ์ , รังสียูวี , สารกัมมันตภาพรังสี ที่ได้รับในปริมาณมาก

2.3 การแบ่งระยะของเนื้องอกในสมอง

การแบ่งระยะของเนื้องอกในสมองเป็นระบบที่ใช้เพื่อที่จะแบ่งเซลล์มะเร็งในรูปแบบของความผิดปกติที่เห็นโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ และระยะเวลาในการเจริญเติบโตรวมถึงการแพร่กระจายของเนื้องอกมีองค์ประกอบหลายอย่างที่ถูกนำมาใช้พิจารณา เพื่อพิจารณาระดับของเนื้องอก รวมถึงโครงสร้างและรูปแบบการเจริญเติบโตของเซลล์ องค์ประกอบที่เฉพาะเจาะจง ระยะของโรคเนื้องอกในสมองเมื่อเริ่มวินิจฉัยเป็นตัวบอกลถึงการลุกลามและความรุนแรงของโรคมะเร็ง ช่วยให้ทราบถึงวิธีการรักษาที่เหมาะสมและโอกาสที่จะมีชีวิตรอด และยังสามารถนำไปเทียบเคียงกับผลการวิจัยที่ทำกับคนไข้ในระยะเดียวกัน เพื่อให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับโรคและการรักษาได้ดียิ่งขึ้น [23]

การแบ่งระยะของโรคต้องอาศัยทั้งการตรวจร่างกาย ภาพรังสีต่างๆ ผลเลือด ผลชิ้นเนื้อ และลักษณะของก้อนที่พบจากการผ่าตัด ทางกรแพทย์ใช้ระบบ TNM กับมะเร็งส่วนใหญ่ ยกเว้นมะเร็งของเส้นประสาทไขสันหลัง มะเร็งต่อมน้ำเหลือง มะเร็งเม็ดเลือด มะเร็งที่อวัยวะสืบพันธุ์ และมะเร็งในเด็กบางชนิด แต่ในความเข้าใจของคนทั่วไปแบ่งง่ายๆ เป็นระยะที่ ศูนย์, หนึ่ง, สอง, สาม, สี่ ดังแสดงในตาราง 2.1 ดังนี้

ตาราง 2.1 แสดงลักษณะการแพร่กระจายของโรคมะเร็ง

ระยะ 0	Tis	N0	M0
ระยะ 1A	T1a, b	N0	M0
ระยะ 1B	T2a	N0	M0
ระยะ 2A	T1a, b	N1	M0
	T2a	N1	M0
	T2b	N0	M0
ระยะ 2B	T2b	N1	M0
ระยะ 3A	T3	N0	M0
	T1, T2	N2	M0
	T3	N1, N2	M0
	T4	N0, N1	M0

ตาราง 2.1 แสดงลักษณะการแพร่กระจายของโรคมะเร็ง (ต่อ)

ระยะ 3B	T4	N2	M0
	Any T	N3	M0
ระยะ 4	Any T	Any N	M1a, b

เมื่อ

Tx หมายถึง ไม่สามารถประเมินก้อนเนื้อได้

T0 หมายถึง ไม่มีหลักฐานของก้อนเนื้อ

Tis หมายถึง มะเร็งระยะต้นๆ ที่อยู่บนชั้นของเซลล์ปกติยังไม่แทรกเข้าไปในเนื้อเยื่อปกติ

T1,2,3,4 หมายถึง ขนาดต่างๆ ก้นของก้อนจากเล็กไปใหญ่

Nx หมายถึง ไม่สามารถประเมินต่อมน้ำเหลืองได้

N0 หมายถึง ไม่พบมะเร็งในต่อมน้ำเหลือง

N1,2,3 หมายถึง มะเร็งเข้าไปในต่อมน้ำเหลือง (จำนวนต่อมและตำแหน่งต่อมที่แพร่ไป)

Mx หมายถึง ไม่สามารถประเมินการแพร่กระจายได้

M0 หมายถึง ไม่พบการแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่น

M1 หมายถึง แพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่น

ตาราง 2.1 แสดงระยะของโรคมะเร็ง

ระยะที่	ความหมาย
ระยะที่ 0	มะเร็งระยะต้น ๆ (Carcinoma in situ) ที่อยู่บนชั้นของเซลล์ปกติยังไม่แทรกเข้าไปในเนื้อเยื่อปกติ
ระยะที่ 1,2,3	ขนาดต่าง ๆ ก้นของก้อนจากเล็กไปใหญ่ จำนวนต่อมน้ำเหลือง และตำแหน่งต่อมน้ำเหลืองที่แพร่ไป
ระยะที่ 4	แพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่น

ในตาราง 2.2 เป็นการแสดงระยะของโรคมะเร็ง โดยระยะที่ ศูนย์ เป็นระยะ Carcinoma in situ เซลล์มะเร็งอยู่บนชั้นของเซลล์ปกติ ยังไม่แทรกเข้าไปในเนื้อเยื่อปกติ ในระยะที่หนึ่ง เซลล์มะเร็งแทรกผ่านชั้น Basement membrane ของเนื้อเยื่อแล้วแต่ก้อนยังมีขนาดเล็ก และยังไม่มีการกระจายไปยังต่อมน้ำเหลือง ระยะที่สอง เซลล์มะเร็งอยู่ในต่อมน้ำเหลืองข้างเคียง ระยะที่สาม มีเซลล์มะเร็งอยู่ในต่อมน้ำเหลืองที่ไกลออกไป หรือก้อนมีขนาดใหญ่ หรือมีก้อนที่อวัยวะเดียวกัน มากกว่าหนึ่งตำแหน่งและระยะที่สี่จะมีเซลล์มะเร็งอยู่ในอวัยวะอื่น

ระยะเวลาตั้งแต่ระยะที่สี่จนถึงระยะสุดท้าย (End stage) ยังมีระยะเวลาไม่แน่นอนขึ้นกับธรรมชาติของโรค และสภาพร่างกายของผู้ป่วยด้วย ระหว่างนี้ ผู้ป่วย แพทย์ และญาติควรวางแผนร่วมกันเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีที่สุด

2.4 วิธีรักษาเนื้องอกร้าย

มะเร็งแต่ละชนิดและแต่ละระยะมีวิธีการรักษาที่ต่างกัน ผลการรักษามะเร็งจะวัดที่ระยะเวลาที่โรคไม่แสดงอาการหลังการรักษา (Remission) และอัตราการมีชีวิตยืนยาวต่อไปในอีก 5 ปี (5-year survival rate) บ่อยครั้งมะเร็งนั้นหรือในระยะนั้นตอบสนองต่อวิธีการรักษาต่างๆไม่ตีคู่กับค่าใช้จ่ายและผลข้างเคียงจากการรักษา ซึ่งแพทย์จะเป็นผู้เลือกทางที่ดีที่สุดให้กับเรา ซึ่งจะได้อธิบายถึงวิธีการรักษามะเร็งเท่าที่มีในปัจจุบันและผลข้างเคียงที่พบบ่อย ซึ่งเราอาจจะต้องตัดสินใจเสี่ยงเพื่อแลกกับโอกาสที่จะมีชีวิตยืนยาวต่อไปอีกระยะหนึ่ง

2.4.1 ผ่าตัด

เมื่อมีเนื้องอกเกิดขึ้น การผ่าตัดจะเข้ามามีบทบาททั้งเพื่อการวินิจฉัยและเพื่อการรักษา หากเป็นมะเร็งระยะแรกการผ่าตัดเป็นวิธีที่ให้ผลการรักษาที่ดีที่สุด หากเป็นในระยะกลางอาจต้องใช้วิธีการรักษาอื่นร่วมด้วยหลังผ่าตัด และหากเป็นในระยะที่มะเร็งมีการแพร่กระจายไปที่อื่นแล้ว การผ่าตัดอาจเพียงช่วยบรรเทาอาการลงบ้างเท่านั้น หลังผ่าตัดผู้ป่วยจะต้องอยู่กับร่างกายใหม่ที่ปราศจากอวัยวะที่เป็นมะเร็ง เช่น ไม่มีเต้านมข้างหนึ่ง, ต้องมีถุงเก็บอุจจาระที่หน้าท้อง, หรืออาจมีความพิการบางอย่างที่คงอยู่ตลอดไป ซึ่งผู้ป่วยมะเร็งควรเตรียมใจรับสภาพนั้นให้ได้ก่อนที่จะตัดสินใจเข้ารับการผ่าตัด แต่การมีหรือไม่มีอวัยวะใดไม่สามารถเปลี่ยนตัวตนที่แท้จริงของเราได้ มันอาจทำให้เรารู้จักกับตัวเองมากขึ้นด้วยซ้ำ หากการผ่าตัดนั้นมีโอกาสที่จะหายขาดได้สูงก็ควรที่จะทำ และผู้ใกล้ชิดก็ควรจะให้กำลังใจผู้ป่วยให้มากหลังจากนั้นมะเร็งที่เกิดเฉพาะที่ที่ถูกประเมินว่าเป็น

มะเร็งระยะแรกนั้น แจกมีการกระจายไปแล้วหลังทราบผลพยาธิวิทยาของชิ้นเนื้อที่ผ่าตัดออกไป ดังนั้น ระยะของโรคที่แท้จริงจะทราบแน่ชัดหลังการผ่าตัด

2.4.2 รังสีรักษา

รังสีที่ใช้รักษาโรคมะเร็ง ได้แก่ รังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ รังสีทั้งสองชนิดนี้ทำให้ เซลล์มะเร็งตายหรือเซลล์สูญเสียคุณสมบัติในการแบ่งตัว การฉายรังสีไปยังตำแหน่งที่เป็นโรคสามารถ คำนวณพื้นที่ครอบคลุมและความลึกของปริมาณรังสีสูงสุดได้อย่างแม่นยำ แต่ผู้ป่วยจำเป็นต้องนอน นิ่งๆในขณะที่ฉายรังสี ซึ่งกินเวลาเพียงไม่กี่นาทีเท่านั้น การฉายรังสีไม่ทำให้เกิดความเจ็บปวดเหมือน อย่างการผ่าตัด แต่ปริมาณรังสีรวมสำหรับการฆ่าเซลล์มะเร็งแต่ละชนิดโดยที่ไม่ก่อให้เกิดอาการแทรก ซ้อนจึงทำให้ค่อยๆให้ไปในแต่ละวัน ระยะเวลาในการให้การรักษาทั้งหมดนานประมาณ 4-6 สัปดาห์ นอกจากการฉายรังสีรักษาแล้ว ยังมีการให้รังสีรักษาแบบหนึ่ง คือ การสอดใส่หรือการฝังแร่เข้าไปยัง ตำแหน่งที่เป็นมะเร็ง วิธีนี้จะใช้กับก้อนมะเร็งขนาดเล็ก ตำแหน่งเดียว และไม่มีต่อมน้ำเหลืองโต เป็นการเพิ่มปริมาณรังสีเฉพาะที่ อวัยวะข้างเคียงจะได้รับรังสีลดลง อาจใช้ร่วมกับการฉายรังสีก็ได้

2.4.3 เคมีบำบัด

ขณะที่รังสีรักษาและการผ่าตัดเป็นการรักษาเฉพาะส่วน แต่ยาเคมีบำบัดสามารถ กระจายไปได้ทุกส่วนของร่างกายเพื่อกำจัดเซลล์มะเร็งที่แพร่กระจายยังอวัยวะอื่น เคมีบำบัดมักใช้ ร่วมกับการผ่าตัด และ/หรือ รังสีรักษา เมื่อมะเร็งอยู่ในระยะกระจายตัวแล้ว ยาเคมีบำบัดจะออกฤทธิ์ กับเซลล์ที่มีการแบ่งตัวเท่านั้น โดยไม่แยกว่าเป็นเซลล์มะเร็งหรือเซลล์ปกติที่กำลังแบ่งตัว ไม่ออกฤทธิ์ กับเซลล์ที่อยู่ในระยะพัก ดังนั้นเซลล์รากผม เซลล์เยื่อบุทางเดินอาหาร เซลล์เม็ดเลือด หรือเซลล์อื่นที่ มีการแบ่งตัวเป็นประจำจะได้รับผลข้างเคียงจากการใช้ยาเคมีบำบัด ในปัจจุบันมียาเคมีบำบัดมากกว่า 100 ชนิด ยาแต่ละชนิดก็มีประสิทธิภาพในการรักษาโรคมะเร็งแต่ละชนิด มีวิธีการใช้ รวมทั้งมี ผลข้างเคียงของยาต่างกัน ซึ่งจะแสดงอาการดังต่อไปนี้

2.4.3.1 การกดไขกระดูก

เม็ดเลือดขาวและเกร็ดเลือดจะลดถึงระดับต่ำสุดภายในระยะเวลา 7-14 วัน หลัง การให้ยาแต่ละรอบ ซึ่งช่วงนี้ผู้ป่วยจะติดเชื้อง่ายและมีเลือดออกง่าย เสี่ยงต่อการเสียชีวิตในทุกๆรอบ ของกาให้ยาเคมีบำบัด มีไข้หรือเลือดออกตามไรฟันต้องแจ้งให้แพทย์ทราบทันที ส่วนเม็ดเลือดแดงจะ ลดสู่ระดับต่ำสุดภายในระยะ 3-4 สัปดาห์ หลังจากได้ยาเคมีบำบัด ผู้ป่วยอาจมีอาการอ่อนเพลีย ซีด

เวียนศีรษะหายใจเร็ว ความดันโลหิตต่ำ และหัวใจเต้นเร็ว หากซีดมากแพทย์จะให้เลือดหรือยาที่กระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดง

2.4.3.2 คลื่นไส้อาเจียน

อาการชนิดนี้จะพบบ่อยมากแม้แพทย์จะให้ยาต้านอาเจียนแล้ว แต่ผู้ป่วยก็คงยังมีอาการอยู่ แต่สามารถลดอาการเหล่านี้ลงได้ โดยให้ผู้ป่วยดื่มน้ำจืด น้ำส้ม ใช้จินตนาการบำบัดหรือดนตรีบำบัดช่วย

2.4.3.3 ผม่วาง

ภาวะผม่วางจะเริ่มประมาณ 2-3 สัปดาห์ หลังจากได้รับยาเคมีบำบัด เป็นภาวะที่เกิดขึ้นชั่วคราวเท่านั้น เส้นผมจะเริ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการรักษา

2.4.3.4 เบื่ออาหาร น้ำหนักลด

ยาเคมีบำบัดส่วนใหญ่ทำให้ผู้ป่วยไม่อยากอาหาร การรับรสเปลี่ยนไป เจ็บปาก เจ็บคอ มีแผลในปาก อาการดังกล่าวจะเกิดขึ้นชั่วคราวในระหว่างวันที่ 5-14 หลังรับยา และเป็นอยู่ประมาณ 2-3 สัปดาห์ อาการจะหายสนิทเมื่อเสร็จสิ้นการให้ยาเคมีบำบัด

2.4.3.5 ท้องเสีย

อาการนี้อาจพบร่วมกับท้องอืดหรือปวดท้องได้ ซึ่งพบถึง 3 ใน 4 ของผู้ป่วยที่ได้รับยาเคมีบำบัด เนื่องจากยาเคมีบำบัดทำลายเซลล์เยื่อบุลำไส้ ผู้ป่วยควรดื่มน้ำเข้าไปชดเชยทุกครั้งที่ย่ำ และหากอุจจาระมีสีดำควรแจ้งให้แพทย์ทราบทันที

เนื่องจากผู้ที่ได้รับเคมีบำบัดจะมีระดับยาที่สูงในเลือดและสามารถขับออกทางร่างกายทั้งทางปัสสาวะ อุจจาระ และการอาเจียนแล้ว ซึ่งอาจเกิดการระคายเคืองเมื่อถูกสัมผัสร่างกาย ยาส่วนใหญ่จะถูกขับออกหมดภายใน 48 ชั่วโมง ดังนั้นภายใน 48 ชั่วโมงหลังได้รับยา ผู้ป่วยควรนั่งปัสสาวะทั้งหญิงและชายเพื่อไม่ให้กระเด็น ควรกดชักโครก 2 ครั้ง และปิดฝาชักโครกทุกครั้งที่เกิด หากอาเจียนควรทำสะอาดอย่างน้อยสองรอบ ผู้ดูแลควรใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษเพื่อป้องกันการสัมผัสสารน้ำจากตัวผู้ป่วย ควรสวมถุงมือแบบใช้ครั้งเดียวทุกครั้งที่ทำความสะอาด และล้างมือด้วยน้ำสะอาดและสบู่ทุกครั้ง เสื้อผ้าและผ้าปูที่นอนของผู้ป่วยควรซักด้วยเครื่องซักผ้า 2 ครั้งด้วย

น้ำอุ่น ไม่ควรซักร่วมกับเสื้อผ้าของผู้อื่น และหากไม่สามารถซักได้ทันทีควรเก็บในถุงพลาสติกและปิดให้มิดชิด

ในการวินิจฉัยโรคเนื้องอกในสมองโดยใช้เครื่องตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า Magnetic Resonance Imaging (MRI) ในปัจจุบันได้มีการตรวจเพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรคของเนื้องอกในสมอง กระจก ข้อ และโรคอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก การตรวจ MRI จะเห็นความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในโพรงสมอง หรือส่วนที่อยู่ข้างเคียงได้อย่างชัดเจน เช่น เนื้องอกภายในสมอง ภาพถ่ายจาก MRI จะสามารถบอกขอบเขตของสมองได้ถูกต้องแม่นยำ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนการรักษาโรคบางอย่างเช่น การขาดเลือดไปเลี้ยงที่หัวของกระดูกต้นขา ฉะนั้นการตรวจ MRI เป็นการตรวจที่เร็วที่สุด สามารถตรวจพบความผิดปกติได้ แม้ภาพเอกซเรย์ธรรมดาจะยังไม่ชัดพอ ส่วนที่มีการตรวจ MRI มากที่สุด คือ ข้อม่า ข้อม่า คือ ข้อม่า เมื่อสงสัยว่าจะมีการฉีกขาดของเส้นเอ็นหรือกระดูกอ่อนภายในข้อ ภาพ MRI จะเห็นส่วนประกอบต่างๆภายในข้อได้อย่างชัดเจน และบอกได้อย่างแม่นยำ ว่ามีการบาดเจ็บต่อส่วนประกอบเหล่านั้นอย่างไรบ้างก่อนเข้ารับการรักษา โดยการตรวจร่างกายด้วยเครื่องตรวจที่ใช้คลื่นสนามแม่เหล็กความเข้มสูงและคลื่นความถี่วิทยุ ในการสร้างภาพเหมือนจริงของอวัยวะภายในต่างๆของร่างกาย โดยเฉพาะ สมอง หัวใจ กระจก-กล้ามเนื้อ และส่วนที่เป็นมะเร็งด้วยคอมพิวเตอร์รายละเอียดและความคมชัดสูง เป็นภาพตามระนาบได้ทั้งแนวขวาง แนวยาวและแนวเฉียง เป็น 3 มิติ ภาพที่ได้จึงจะชัดเจนกว่า ทำให้แพทย์สามารถตรวจวินิจฉัยความผิดปกติในร่างกายได้อย่างแม่นยำ [24-26]

2.5 การดึงข้อมูลภาพ (Image acquisition)

การดึงข้อมูลภาพถ่ายเนื้องอกสมอง (Image acquisition) คือ กระบวนการที่เริ่มตั้งแต่การถ่ายภาพโดยกล้อง ตลอดจนถึงการดึงภาพซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในกล้องสู่คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ประมวลผล เพื่อที่จะได้ประมวลผลและตัดสินใจส่งงานจากผลที่ได้ต่อไป กระบวนการดังกล่าวมีรายละเอียดปลีกย่อยที่สำคัญดังนี้ ประเภทของกล้องที่ใช้ในงานตรวจสอบชิ้นส่วนในเชิงอุตสาหกรรม กล้องที่ใช้กับงานตรวจสอบชิ้นส่วนในปัจจุบันนั้นจะเป็นกล้องดิจิทัล ซึ่งใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เรียกกันว่าเซ็นเซอร์รับภาพ (Image sensor) เพื่อใช้ในการรับภาพเซ็นเซอร์ดังกล่าวมีขนาดเล็กมากเท่าเล็บมือคนเท่านั้น [27] ซึ่งจะประกอบด้วยไดโอดที่มีความไวต่อแสงเรียงตัวกันอยู่จำนวนมากทันทีทันใดที่แสงมีการตกกระทบไดโอดเหล่านี้ ไดโอดแต่ละตัวจะทำการจดจำความเข้มแสงหรือความสว่างของแสงที่ตกกระทบไดโอดแต่ละตัวไว้ โดยปริมาณประจุไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวไดโอดซึ่งแปรผันกับแรงดันตกคร่อมตัวไดโอดนั้นจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบ ซึ่งความเข้มแสงที่ได้จดจำไว้ในไดโอดแต่ละตัวจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปข้อมูลที่เป็นดิจิทัลและเก็บไว้ในหน่วยความจำที่อยู่

ในตัวกล้องเพื่อรอส่งต่อให้อุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกกล้องต่อไป สำหรับไดโอดนี้เรียกกันว่า เซลล์รับภาพ (พิกเซล pixel) ซึ่งหนึ่งเซลล์รับภาพจะให้ค่าความเข้มแสงที่ตกกระทบเพียงหนึ่งค่าเท่านั้น โดยทั่วไปค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพจะมีค่าระหว่าง 0-255 เท่านั้น ช่วงข้อมูลดังกล่าวสามารถแทนด้วยข้อมูลขนาด 1 ไบต์ หรือ 8 บิตที่จะให้ความละเอียด 256 ระดับ สามารถเก็บภาพได้ 16 ล้านสี ส่วนภาพที่มีข้อมูลขนาด 2 ไบต์ หรือ 16 บิตที่จะให้ความละเอียด 65,536 ระดับสามารถเก็บภาพได้ 28,000 ล้านสี ซึ่งเป็นความละเอียดของกล้องที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปในท้องตลาด อย่างไรก็ตามจะมีกล้องบางประเภทที่ให้ค่าความเข้มแสงที่มีความละเอียดสูง ถึง 16 บิต โดยหากค่าที่ได้มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าที่เซลล์รับภาพนั้นมีความเข้มแสงต่ำสุดหรือเป็นด้านมืดและหากมีค่าเท่ากับ 255 ก็แสดงว่าที่เซลล์รับภาพที่ตำแหน่งนั้นมีความเข้มแสงสูงสุดหรือเป็นด้านสว่าง ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 2.2 [23, 28, 29]



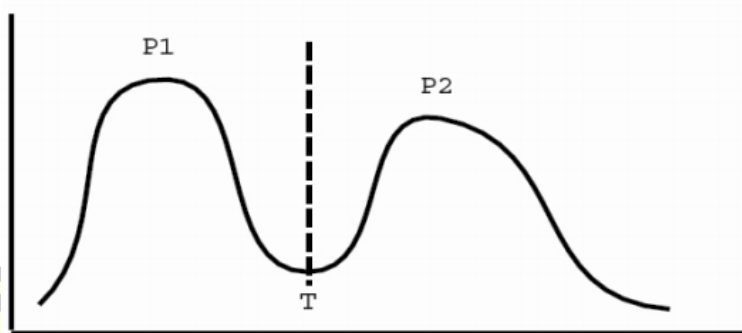
ภาพประกอบ 2.2 แสดงความเข้มแสงเทียบกับค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพ
ที่มา: <https://helloartsy.com/value-scale/9-step-value-scale/>

2.6 การแบ่งขีดภาพ (Image threshold)

การใช้ค่า Threshold เพื่อแปลงภาพ Gray scale ให้เป็นภาพที่มีเพียง 2 ระดับ (binary image) นั้น กระบวนการดังกล่าวจัดเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญสำหรับกระบวนการแยกบริเวณเป็นอย่างมาก นอกจากนั้น ยังเป็นกระบวนการที่นำไปใช้อย่างแพร่หลายในงานตรวจสอบภาพที่ต้องการ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ง่ายและทำได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงของภาพสีเทาตั้งต้น ณ พิกเซลที่กำลังพิจารณากับค่าคงที่ค่าหนึ่ง ที่เรียกกันว่าค่าแบ่งขีดภาพ หรือ Threshold หากความเข้มแสงของภาพตั้งต้นน้อยกว่าค่า Threshold แล้วก็ให้ภาพขาออกที่ตำแหน่งเดียวกันเป็นจุดมืดและในทางกลับกัน ถ้าความเข้มแสงมากกว่าหรือเท่ากับค่า Threshold ก็ให้ภาพขาออกที่ตำแหน่งนั้นเป็นจุดสว่างหรือค่า 255 [29] ซึ่งสามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2.1)

$$O = \begin{cases} 0, & \text{If } I < T \\ 2^B - 1, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (2.1)$$

เมื่อ B คือ จำนวนบิตของระบบภาพ I คือ ค่าความเข้มแสงของพิกเซล ณ ตำแหน่งที่กำลังพิจารณา O คือ ค่าความเข้มแสงของภาพขาออกที่ตำแหน่งเดียวกัน T คือ ค่า Threshold เราควรพิจารณาวิธีการใช้ค่า Threshold ที่มีการให้ค่าจำกัดความไวในงาน machine vision ทั่วไป ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบด้วยกันคือ Global Thresholding คือการใช้ค่า Threshold ค่าเดียวกันหมดทั้งภาพและ Local Thresholding คือการแบ่งภาพหลักออกเป็นภาพย่อย ๆ ที่แต่ละภาพย่อยเหล่านั้นจะมีค่า Threshold เป็นของตัวเอง ค่า Threshold ที่ใช้จะเป็นลักษณะ Local Thresholding ซึ่งแต่ละบริเวณจะถูกกำหนดค่าโดยผู้ใช้งาน การเลือกค่า Threshold ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละบริเวณย่อย ๆ แบบอัตโนมัติ นั้น โดยทั่วไปการตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าความเข้มแสงของบริเวณที่เป็นวัตถุที่สนใจ และบริเวณที่เป็นฉากหลังมีความแตกต่างกันพอประมาณ ซึ่งค่า Threshold ที่เลือกใช้นั้น จะต้องสามารถแบ่งฉากหลังและวัตถุออกจากกันได้เป็นอย่างดีดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 2.3



ภาพประกอบ 2.3 แสดงฮิสโตแกรมที่วัตถุและพื้นหลังมีค่าความเข้มแสงแยกออกจากกัน

จากภาพประกอบ 2.3 ซึ่งแสดงฮิสโตแกรมที่มี 2 ยอด (Bimodal histogram) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานแต่ละประเภทว่า ส่วนที่เป็นวัตถุนั้น จะเป็นด้านมืด (P1) หรือด้านสว่าง (P2) ซึ่งค่า Threshold ที่เหมาะสมนั้น จะต้องสามารถแบ่งแยกบริเวณที่เป็นวัตถุและบริเวณที่เป็นพื้นหลังได้อย่างถูกต้อง [30] ในปัจจุบันมีวิธีการเลือก ค่า Threshold ที่มีสมมุติฐานว่าฮิสโตแกรมมี 2 ยอดอยู่หลากหลายวิธี แต่วิธีที่เป็นที่นิยมมากที่สุดอีกทั้งยังนำมาใช้ใน MATLAB ด้วย คือ วิธีการของ Otsu (Otsu's Thresholding method) จากภาพประกอบ 2.3 ซึ่งแสดงฮิสโตแกรมที่มี 2 ยอด (Bimodal

histogram) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานแต่ละประเภทว่าส่วนที่เป็นวัตถุนั้นจะเป็นด้านมืด (P1) หรือ ด้านสว่าง (P2) ซึ่งค่า Threshold ที่เหมาะสมนั้น จะต้องสามารถแบ่งแยกบริเวณที่เป็นวัตถุและ บริเวณที่เป็นพื้นหลังได้อย่างถูกต้อง หลักการเลือกค่า Threshold ของ Otsu's Methods นั้นคือ จะต้องเป็นค่าที่สามารถทำให้ฮิสโตแกรมทั้งสองกลุ่มมีการกระจายตัวน้อยที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติเราไม่สามารถทำการเปลี่ยนรูปร่างของฮิสโตแกรมทั้งสองยอดได้ แต่เราสามารถเปลี่ยนลักษณะการกระจายตัวของทั้งสองยอดได้ด้วยการใช้ค่า Threshold เป็นตัวแบ่ง นั่นคือ ถ้าเพิ่มค่าดังกล่าวจะทำให้การกระจายตัวของยอดหนึ่งลดลงและการกระจายตัวของอีกยอดหนึ่งเพิ่มขึ้น ซึ่งเป้าหมายของ Otsu คือ การเลือกค่า Threshold ที่ทำให้ “การกระจายตัวรวม” ของทั้งสองยอดมีค่าต่ำที่สุด “การกระจายตัวรวม” ของทั้งสองยอดนั้น สามารถวัดได้ โดยความแปรปรวนภายในกลุ่มรวมกัน (Within-class variance, σ_{within}^2) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของความแปรปรวน (Variance) คูณ กับ จำนวนพิกเซลของแต่ละกลุ่มและสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วัด การกระจายตัวรวมของทั้งสองกลุ่มนั้น แสดงไว้ในสมการที่ (2.2)

$$\sigma_{within}^2(T) = n_D(T)\sigma_D^2(T) + n_B(T)\sigma_B^2(T) \quad (2.2)$$

เมื่อ T คือ ค่า Threshold ที่ใช้แบ่งทั้งสองบริเวณออกจากกัน $n_D(T)$ คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมดของบริเวณด้านมืด (Dark area) ที่มีค่าความเข้มแสงตั้งแต่ 0 จนถึงค่าความเข้มแสงเท่ากับ T-1 ซึ่ง สามารถคำนวณได้จากสมการ (2.3)

$$n_D(T) = \sum_{I=0}^{T-1} P(i) \quad (2.3)$$

$n_B(T)$ คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมดของด้านสว่าง (Blight area) ที่มีค่าความเข้มแสงตั้งแต่ T จนถึงค่าความเข้มแสงเท่ากับค่าสูงสุดคือ 2^B-1 เมื่อ B คือจำนวนบิตของระบบภาพ ซึ่งถ้าเป็นระบบทั่วไปที่เป็นระบบภาพ 8 บิต พจน์ 2^B-1 จะมีค่าเท่ากับ 255 และจำนวนพิกเซลทั้งหมดของด้านสว่างสามารถคำนวณได้จากสมการ (2.4)

$$n_B(T) = \sum_{I=T}^{2^B-1} P(i) \quad (2.4)$$

$\sigma_D(T)$ คือ ความแปรปรวน (Variance) ของบริเวณด้านมืด

$\sigma_B(T)$ คือ ความแปรปรวน (Variance) ของบริเวณด้านสว่าง

$P(i)$ คือ จุดพิกเซลที่ i ในพิกัดภาพ

ดังนั้นสามารถใช้สมการที่ (2.2) เพื่อหาค่า Threshold ที่เหมาะสมได้โดยการเลือกค่า Threshold ที่ทำให้พจน์ดังกล่าวมีค่าน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม ค่า Threshold ที่เป็นไปได้นั้นมีความยุ่งยากมาก เนื่องจากจะต้องคำนวณความแปรปรวนของแต่ละบริเวณ ทั้งบริเวณที่มีมืดและสว่างของ Threshold ทุกค่า ซึ่งเราสามารถเลือกค่า Threshold ที่เหมาะสมได้ด้วยวิธีการที่ง่ายกว่านั้น นั่นคือ ถ้าเรานำค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มรวมกันมาลบออกจากค่าความแปรปรวนรวมจะได้ 2 พจน์ เรียกว่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between-class variance, σ^2 between) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.5)

$$\sigma_{Between}^2 = \sigma^2 - \sigma_{Within}^2 \quad (2.5)$$

$$\sigma_{Between}^2 = n_D(T)[\mu_D(T) - \mu]^2 + n_B(T)[\mu_B(T) - \mu]^2 \quad (2.6)$$

เมื่อ $\sigma_{Between}^2$ คือ ความแปรปรวนรวมของทั้งฮิสโตแกรม

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทั้งฮิสโตแกรม

จากสมการข้างต้นจะสังเกตเห็นว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between-class variance, σ^2 Between) คือ ผลบวกถ่วงน้ำหนักของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละบริเวณกับค่าเฉลี่ยรวมของทั้ง ฮิสโตแกรม ซึ่งค่าเฉลี่ยของทั้งฮิสโตแกรมก็คือ ผลบวกถ่วงน้ำหนักของค่าเฉลี่ยของแต่ละบริเวณและสามารถเขียนได้ดังสมการ (2.7)

$$\sigma_{Between}^2 = n_D(T)\mu_D(T) + n_B(T)\mu_B(T) \quad (2.7)$$

เมื่อแทนค่าของสมการ (2.7) ลงไปในสมการ (2.6) แล้วทำการจัดพจน์ใหม่ สามารถคำนวณความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม σ^2 Between ได้ง่ายขึ้นดังสมการ (2.8)

$$\sigma_{Between}^2 = n_D(T)n_B(T)[\mu_D(T) - \mu_B(T)]^2 \quad (2.8)$$

เมื่อเปรียบเทียบอย่างง่าย ๆ ระหว่างสมการที่ (2.7) และสมการที่ (2.8) ซึ่งเป็นการคำนวณค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มและการคำนวณความแปรปรวนภายในกลุ่มรวมกันตามลำดับ จะพบว่า สมการทั้งสองสามารถนำไปใช้หาค่า Threshold ได้อย่างอัตโนมัติและให้ค่า Threshold ที่เท่ากัน จะพบว่าสมการที่ 2 เป็นการคำนวณที่เปรียบเสมือนดัชนีวัดการกระจายตัวของแต่ละบริเวณรวมกัน ซึ่งถ้ามีค่าสูงแสดงว่า สมาชิกที่อยู่ในแต่ละบริเวณจะมีการกระจายตัวออกห่างไปจากค่าเฉลี่ยมากซึ่งไม่เป็นการดี เนื่องจากความเข้มแสงของบริเวณเดียวกันควรจะใกล้เคียงกันให้มากที่สุด ดังนั้นในการใช้

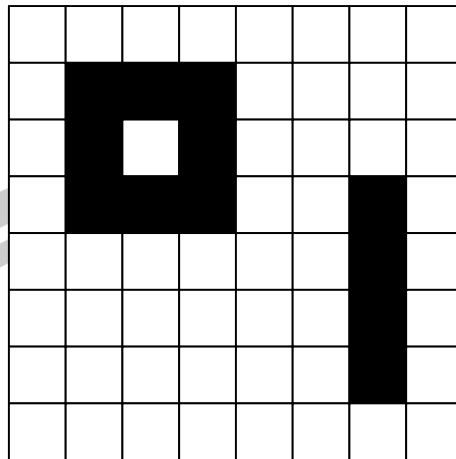
สมการที่ (2.7) เพื่อหาค่า Threshold แบบอัตโนมัติ นั้น จะต้องเลือกค่า Threshold ที่ทำให้ผลการคำนวณตามสมการที่ (2.7) มีค่าน้อยที่สุด ในขณะที่สมการที่ (2.8) ซึ่งเป็นการคำนวณที่เปรียบเสมือนการวัดระยะห่างในฮิสโตแกรมระหว่าง 2 บริเวณหรือ 2 ยอด ซึ่งหากค่าที่ได้มีค่าสูงเท่าใดก็ยิ่งดีเท่านั้น ดังนั้นในการใช้สมการที่ (2.8) เพื่อหาค่า Threshold แบบอัตโนมัติ นั้น จะต้องเลือกค่า Threshold ที่ทำให้ผลการคำนวณตามสมการที่ (2.8) มีค่ามากที่สุด

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบความซับซ้อนในการคำนวณนั้น จะพบว่าสามารถคำนวณค่าตามสมการ (2.8) ได้ง่ายกว่า ดังนั้นสมการ (2.8) จะเป็นสมการสุดท้ายที่จะนำไปเขียนโปรแกรมเพื่อหาค่า Threshold แบบอัตโนมัติ [31] ซึ่งมีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 คำนวณฮิสโตแกรมและแยกกลุ่มของพิกเซลออกเป็น 2 กลุ่มโดยใช้ค่า Threshold, T
- ขั้นตอนที่ 2 หาค่าความเข้มแสงเฉลี่ยของพิกเซลทั้งสองกลุ่ม
- ขั้นตอนที่ 3 หาค่ากำลังสองของผลต่างของค่าเฉลี่ยของทั้งสองบริเวณ
- ขั้นตอนที่ 4 คูณผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ด้วยผลคูณระหว่างจำนวนพิกเซลของทั้งสองบริเวณ
- ขั้นตอนที่ 5 เลือกค่า Threshold ที่ทำให้ผลการคำนวณในข้อ 4 มีค่ามากที่สุด

2.7 การเชื่อมต่อของพิกเซลในรูปภาพ (Connected components labeling)

ในการเชื่อมต่อของพิกเซลในรูปภาพซึ่งผลที่ได้จากการทำงานของกระบวนการย่อยนี้ จะทำให้สามารถทราบพิกเซลในแต่ละตำแหน่งนั้น จุดใดเป็นของวัตถุชิ้นใด ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 2.4 ซึ่งแสดงภาพ Binary image ที่ได้จากวิธี Global Thresholding ซึ่งในที่นี้เป็น การพิจารณาวัตถุสีดามีพื้นหลังเป็นสีขาว ส่วนภาพประกอบ 2.5 จะอธิบายความหมายของเลขต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อแทนชิ้นวัตถุที่พิกเซลตำแหน่งนั้น ๆ เป็น “สมาชิก” อยู่ [32, 33]



ภาพประกอบ 2.4 แสดงภาพ Binary image ที่ได้จากวิธี Global Thresholding

	1	1	1				
	1		1				
	1	1	1			2	
						2	
						2	
						2	
						2	

ภาพประกอบ 2.5 ผลที่ได้จากการทำงานของ Connected Components Labeling

พิกเซลในแต่ละตำแหน่งนั้นเป็นของวัตถุชิ้นใด ซึ่งในรูปนั้นจะมีวัตถุอยู่ 2 ชิ้นด้วยกัน คือ วัตถุหมายเลข 1 และ 2 หลังจากที่เราพบว่าพิกเซลแต่ละตำแหน่งเป็นของบริเวณหรือวัตถุใดแล้ว ขั้นตอนที่สำคัญต่อมาคือ จะทำการเก็บพิกัดของพิกเซลที่จัดอยู่ในบริเวณหรือวัตถุเดียวกันเหล่านั้นได้อย่างไร สำหรับส่วนนี้มีสิ่งที่จะต้องพิจารณาอยู่ 2 อย่าง คือ

2.7.1 วิธีการเก็บพิกัดของกลุ่มพิกเซล ซึ่งจัดเป็นการบีบอัดข้อมูล (Data compression) แบบหนึ่งที่จะต้องเลือกใช้วิธีที่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

วิธีการเก็บพิกัดของกลุ่มพิกเซลมีหลายแบบด้วยกันเช่น Chain code, Run-length encoding เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันออกไป

2.7.2 โครงสร้างของข้อมูล (Data structure) ส่วนนี้จะเป็นการกล่าวถึงการเก็บข้อมูลที่ได้จากหัวขอก่อนหน้าเข้าด้วยกันเพื่อความสะดวกในการอ้างอิง โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างที่จะเป็น Linked list ที่มีลักษณะเป็นอาร์เรย์แบบเปิดที่สามารถเก็บข้อมูลเพิ่มได้ไม่จำกัด ทั้งนี้ เนื่องจากจำนวนพิกเซลที่จัดอยู่ในวัตถุเดียวกันนั้นไม่สามารถรู้จำนวนที่แน่นอนล่วงหน้าได้ การแยกบริเวณออกเป็นส่วน ๆ นั้น จะสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับแสงที่ต่างกันมาก ๆ กับตัววัตถุที่พิจารณา เพื่อให้สามารถแยกส่วนที่เป็นวัตถุและส่วนที่เป็นพื้นหลังออกจากกันโดยวิธี Thresholding ได้อย่างชัดเจน

2.8 การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature extraction)

การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature extraction) หลังจากทำการแยกบริเวณที่อยู่ในภาพออกเป็นส่วน ที่แต่ละส่วนมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันและทำการจัดเก็บพิกัดของพิกเซลที่เป็นของบริเวณเดียวกันโดยเลือกใช้รูปแบบการเก็บที่เหมาะสมแล้ว เราจะทำการคำนวณหาหรือวัดคุณสมบัติต่างๆ ของแต่ละบริเวณ หรือของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในรูป ซึ่งในทางปฏิบัติ การคำนวณหาคุณสมบัติบางประการนั้นสามารถทำไปพร้อมๆ กันกับกระบวนการ Connected Components Labeling ได้เลย เช่น การคำนวณหาพื้นที่ซึ่งเป็นเพียงการนับจำนวนพิกเซลที่เป็นของบริเวณหรือวัตถุนั้นๆ หรือการหาเส้นรอบวงของวัตถุที่เป็นการนับจำนวนพิกเซลของวัตถุ ที่มีด้านใดด้านหนึ่งติดอยู่กับบริเวณที่เป็นฉากหลัง แต่คุณสมบัติบางประการก็จะต้องทำหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนการดังกล่าวไปแล้วเพื่อให้ทราบพื้นที่ทั้งหมดของวัตถุเสียก่อน เช่น การหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ หรือการหาเฉดสีเฉลี่ย (Average hue) หรือความเข้มแสงเฉลี่ย (Average intensity) ของวัตถุทั้งชิ้น เป็นต้น และด้วยการที่บางบริเวณอาจมีค่าคุณสมบัติบางอย่างคล้ายคลึงกัน เช่น บริเวณที่เป็นเงาออกสมองและบริเวณที่เป็นส่วนกระโหลกต่างก็มีขนาดและเส้นรอบรูปต่างกัน หากเราต้องการแยกเป็นแต่ละส่วนที่อยู่ในภาพ จึงจำเป็นต้องใช้คุณสมบัติอื่นๆ มาพิจารณาร่วมด้วย เพื่อให้เห็นความแตกต่างของบริเวณที่เป็นสมองและกระโหลก ซึ่งหมายถึงเวลาที่โปรแกรมใช้คำนวณจะต้องเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน ดังนั้นผู้ออกแบบจำเป็นต้องเลือกลักษณะเด่น (Salient features) เพียงไม่กี่ชนิด ที่สามารถใช้จำแนกส่วนต่างๆ ออกจากกันได้อย่างชัดเจนแทนที่จะทำการวัดคุณสมบัติทุกอย่างของทุกบริเวณที่มีอยู่ในภาพ ทั้งนี้ก็เพื่อลดความสิ้นเปลืองดังกล่าว ผลที่ได้จากกระบวนการนี้คือ ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในภาพ ซึ่งถ้าหากนำมาจัดวางในรูปแบบเวกเตอร์ก็จะได้ Feature vector ซึ่งเป็นการแสดงค่าคุณสมบัติทั้งหมดที่วัดจากวัตถุนั้นๆ ที่อยู่ในรูปของเวกเตอร์ ยกตัวอย่างเช่น วัตถุชิ้น

ที่หนึ่งมีพื้นที่เท่ากับ 120 พิกเซลและเส้นรอบวงยาว 50 พิกเซล และวัตถุชิ้นที่สองที่ปรากฏในภาพมีพื้นที่เท่ากับ 200 พิกเซลและเส้นรอบวงยาว 30 พิกเซล ซึ่งจะสามารถเขียน Feature vector ของวัตถุชิ้นแรก (Obj1) และของวัตถุชิ้นที่สอง (Obj2) ซึ่งเป็นเวกเตอร์ ขนาด 2 มิติทั้งคู่ได้ดังนี้ ดังภาพประกอบ 2.6

$$\text{Obj1} = \begin{pmatrix} 120 \\ 50 \end{pmatrix}$$

$$\text{Obj2} = \begin{pmatrix} 200 \\ 30 \end{pmatrix}$$

ภาพประกอบ 2.6 แสดงเวกเตอร์ ขนาด 2 มิติทั้งคู่ (Obj1,Obj2)

เมื่อตำแหน่งแรก คือ พื้นที่ของวัตถุที่มีหน่วยเป็นพิกเซล ตำแหน่งที่สอง คือ ความยาวรอบรูปของวัตถุที่มีหน่วยเป็นพิกเซล [34, 35]

2.9 การประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ (Morphological Image Processing)

การประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ เป็นการประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพโอเปอเรชันพื้นฐานโดยทั่วไปได้แก่ การ Dilation , Erosion และ Skeleton โดยการ Dilation คือการขยายภาพโดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพส่วนการ Erosion คือการย่อภาพ ส่วนการทำ Skeleton เป็นการหาโครงสร้างหลักของวัตถุ นอกจากโอเปอเรชันพื้นฐานดังที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วยังมีโอเปอเรชันอื่น ๆ ได้แก่การ Opening และ Closing [36]

2.9.1 เทคนิคของการ Hit และ Miss

โอเปอเรชันพื้นฐานสำหรับการกระทำกับรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ ไม่ว่าจะเป็นการย่อหรือการขยายภาพ จำเป็นที่จะต้องมีการนำเอาเทคนิคการ Hit และ Miss มาใช้แนวคิดของนี้คือการกำหนดให้มีเมตริก (Template) ที่มีขนาดเล็ก ๆ และเป็นจำนวนคี่ (โดยทั่วไปจะมีค่าเท่ากับ 3x3) ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ โดยการเปรียบเทียบจะทำตลอดทั้งภาพตั้งแต่ต้นภาพจนถึงท้ายภาพ ถ้าข้อมูลของภาพมีลักษณะเหมือนกับเมตริกดังกล่าวเอาพู่ที่ได้จะขึ้นอยู่กับพิกเซลที่

เป็นศูนย์กลางของเมตริกนั้น ซึ่งจะถูกกำหนดให้เป็นค่าตามต้องการ (1 หรือ 0) แต่ถ้าข้อมูลในเมตริกไม่เหมือนกับข้อมูลภาพข้อมูลเอาพุทที่ได้จะมีค่าเป็นค่าที่ตรงกันข้ามกัน

2.9.2 โอเปอเรชั่นพื้นฐานสำหรับรูปร่างหรือโครงสร้างพื้นฐาน

เมื่อพิจารณาข้อมูลภาพจะเป็นลักษณะดังนี้

$$\begin{matrix} 1 & * & 1 & * & 1 \\ * & 1 & * & 1 & * \\ 1 & * & 1 & * & 1 \end{matrix}$$

ภาพประกอบ 2.7 ข้อมูลภาพพื้นฐานสำหรับการทำโอเปอเรชั่น

(ที่มา: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/240-373/Chap6.pdf>)

เนื่องจากสามารถแทนลักษณะภาพได้ดังรูปภาพประกอบ 2.7 ดังนั้นสามารถกำหนดให้มีข้อมูลภาพสำหรับการทำโอเปอเรชั่นได้ดังนี้ ดังภาพประกอบ 2.8

$$A = \begin{matrix} 1 & * & 1 & * & 1 \\ * & 1 & * & 1 & * \\ 1 & * & 1 & * & 1 \end{matrix} \quad B = \begin{matrix} * & * & * & 1 & 1 \\ * & * & * & 1 & 1 \\ * & * & * & 1 & 1 \end{matrix}$$

(ก)

(ข)

$$A \text{ ยูเนียน } B = \begin{matrix} 1 & * & 1 & 1 & 1 \\ * & 1 & * & 1 & 1 \\ 1 & * & 1 & 1 & 1 \end{matrix} \quad A \text{ อินเตอร์เซกชัน } B = \begin{matrix} * & * & * & * & 1 \\ * & * & * & 1 & * \\ * & * & * & * & 1 \end{matrix}$$

(ค)

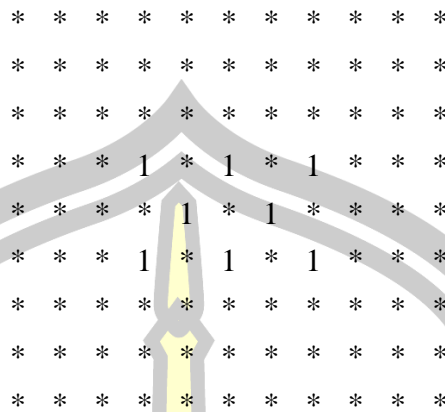
(ง)

(ก) ข้อมูลภาพ A (ข) ข้อมูลภาพ B (ค) การยูเนียนข้อมูลภาพ A และ B (ง) การอินเตอร์เซกชันข้อมูลภาพ A และ B

ภาพประกอบ 2.8 ข้อมูลภาพหลังการทำโอเปอเรชั่น

(ที่มา: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/240-373/Chap6.pdf>)

ข้อมูลภาพประกอบ 2.8 แสดงถึงพิกเซลที่ทราบค่าเท่ากับ 1 และค่าที่ไม่ทราบ แสดงด้วย * ชุดของข้อมูลภาพจะขยายออกไปทางด้านบน ล่าง ซ้าย ขวาแบบไม่จำกัดข้อมูลภาพสามารถเขียนได้ดังนี้



ภาพประกอบ 2.9 แสดงตำแหน่งเริ่มต้นของภาพ (Origin)

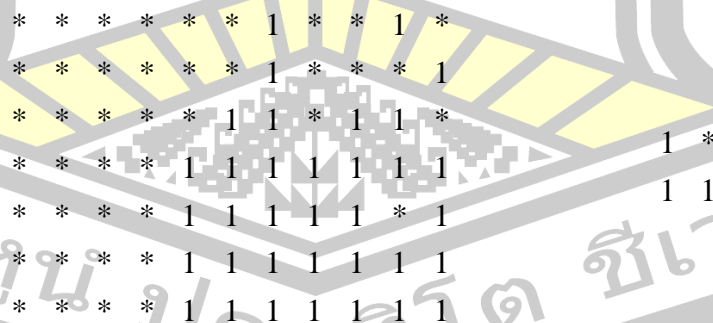
ที่มา: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/240-373/Chap6.pdf>

2.10 การขยายภาพ (Dilation)

การขยายภาพในที่นี้จะพิจารณาสำหรับข้อมูลภาพที่เป็นแบบไบนารีโดยการใช้เทคนิคการ Hit และ Miss ตามที่ได้กล่าวไว้ การขยายภาพจะทำได้โดยกำหนด Template (ซึ่งสามารถสร้างได้จาก * และ 1 โดยมีจุดเริ่มต้นที่กำหนดโดยวงกลม) และนำ Template นี้สแกนไปบนข้อมูลภาพตามลำดับตลอดทั้งภาพซึ่งในขณะที่จุดเริ่ม (Origin) ของ Template ตรงกับตำแหน่งข้อมูลภาพที่พิกเซลมีค่าเท่ากับ 1 นั่นก็จะทำการยูเนียน Template นี้เข้ากับข้อมูลภาพดังภาพประกอบ 2.10, 2.11, 2.12 และ 2.13

ข้อมูลภาพ

Template



ภาพประกอบ 2.10 การยูเนียน Template ของภาพ

ที่มา: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/240-373/Chap6.pdf>

ข้อมูลแถวแรกของภาพเป็นดังนี้

* * * * * * 1 * * 1 *

ภาพประกอบ 2.11 ข้อมูลภาพแถวแรก

ที่มา: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/240-373/Chap6.pdf>

เมื่อทำการยูเนียนกับ Template ณ. ตำแหน่งข้อมูลภาพที่พิกเซลเท่ากับ 1 ในแถวแรก

* * * * * * 1 * * * *
* * * * * * 1 1 * 1 *

ภาพประกอบ 2.12 การยูเนียนกับ Template แถวแรก

ที่มา: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/240-373/Chap6.pdf>

และเมื่อยูเนียนกับ Template เข้ากับพิกเซลที่มีค่าเท่ากับ 1 ณ. ตำแหน่งพิกเซลที่สองในแถวแรก

* * * * * * 1 * * * *
* * * * * * 1 1 * 1 1

ภาพประกอบ 2.13 การยูเนียนกับ Template แถวสอง

ที่มา: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/240-373/Chap6.pdf>

และเมื่อทำการยูเนียนทั้งภาพจะได้ภาพประกอบ 2.14

พณฺณ ปณฺ ทิโต ชเว

```

* * * * * 1 * * 1 * *
* * * * * 1 1 * 1 1 *
* * * * * 1 1 1 1 1 1 1
* * * * 1 1 1 1 1 1 1 1
* * * * 1 1 1 1 1 1 1 1
* * * * 1 1 1 1 1 1 1 1
* * * * 1 1 1 1 1 1 1 1
* * * * 1 1 1 1 1 1 1 1

```

ภาพประกอบ 2.14 การยูเนียนกับ Template ภาพทั้งหมด

ที่มา: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/240-373/Chap6.pdf>

2.11 การย่ภาพ (Erosion)

การย่ภาพเป็นลักษณะของการลบข้อมูลภาพบริเวณขอบของภาพ การย่ภาพสามารถทำได้มีลักษณะคล้ายกับการขยายภาพโดยการสร้าง Template ขึ้นแล้วนำ Template ไปสแกนตามข้อมูลภาพ

สำหรับทุกตำแหน่งที่เลื่อน Template ไปบนภาพก็จะมีเปรียบเทียบับข้อมูลภาพ ถ้าข้อมูลภาพมีค่าเหมือนกับ Template จะทำการกำหนดค่าข้อมูลภาพในตำแหน่งที่ตรงกับจุดเริ่มต้น (Origin) ของ Template ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1

ข้อมูลภาพ	Template
<pre> * * * * * 1 * * 1 * * * * * * 1 * * * 1 * * * * * 1 1 * 1 1 * * * * * 1 1 1 1 * 1 * * * * 1 1 1 1 1 * 1 * * * * 1 1 1 1 1 1 * * * * 1 1 1 1 1 1 </pre>	<pre> 1 * 1 1 1 1 1 * 1 1 * 1 1 1 1 1 </pre>

ภาพประกอบ 2.15 ข้อมูลภาพและ Template

ที่มา: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/240-373/Chap6.pdf>

จากภาพประกอบ 2.15 ผลที่ได้จะมีเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้นที่มีค่าเหมือนกับ Template

```

* * * * * * * * * *
* * * * * * * * * *
* * * * * * * * * *
* * * * * 1 * * 1 *
* * * * * * * * * *
* * * * * * * * 1 *
* * * * * * * * * *
    
```

ภาพประกอบ 2.16 ผลที่ได้มี 3 ตำแหน่ง

(ที่มา: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/240-373/Chap6.pdf>)

ผลที่ได้ตามภาพประกอบ 2.16 ข้อมูลภาพที่ผ่านการทำโอเปอเรชันกับ Template แล้วพบว่าข้อมูลของภาพเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้นที่เหมือนกับ Template ถ้ามีการเปลี่ยน Template

เป็น $\begin{matrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{matrix}$ ผลที่ได้มีลักษณะดังนี้ ดังภาพประกอบ 2.17

```

* * * * * * * * * *
* * * * * * * * * *
* * * * * * * * * *
* * * * * 1 * * 1 *
* * * * * 1 1 1 1 1 *
* * * * * 1 1 1 1 *
* * * * * 1 1 1 1 1 *
    
```

ภาพประกอบ 2.17 ข้อมูลภาพที่ผ่านการทำโอเปอเรชันกับ Template

(ที่มา: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/240-373/Chap6.pdf>)

ผลที่ได้ตามภาพประกอบ 2.17 จะเห็นว่าจะเป็นการย่อขนาดของภาพแต่สามารถย่อขนาดได้น้อยกว่าเมื่อใช้ Template $\begin{matrix} 1 & * \\ 1 & 1 \end{matrix}$ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่ายอมรับมากกว่า ดังนั้นในการเลือก Template

เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการย่อและขยายภาพ [37]

2.12 โอเพอเรชัน Opening และ Closing

ในการทำภาพแบบ Opening สามารถทำได้โดยการเรียกฟังก์ชันกระบวนการ Erosion แล้วตามด้วย Dilation และในการทำภาพแบบ Closing ทำได้โดยการเรียกฟังก์ชันกระบวนการ Dilation แล้วตามด้วย Erosion

2.12.1 โอเพอเรชันการ Opening

กำหนดให้ OPEN (I, T) เป็นการกระทำ Opening ของภาพ I โดยใช้ Template T ซึ่งมีลักษณะดังสมการต่อไปนี้

$$OPEN(I, T) = D(E(I)) \quad (2.9)$$

จากสมการที่ (2.9) จะได้ว่าการทำโอเพอเรชัน OPEN คือการนำข้อมูลภาพ I ผ่านการทำย่อภาพ (Erosion) แล้วตามด้วยการขยายภาพ (Dilation) โดยใช้ Template ชุดเดียวกันคือ T

2.12.2 โอเพอเรชันการ Closing

กำหนดให้ CLOSE (I, T) เป็นการกระทำแบบ Closing ของภาพ I โดยใช้วิธีการ Template T ซึ่งมีลักษณะดังสมการต่อไปนี้

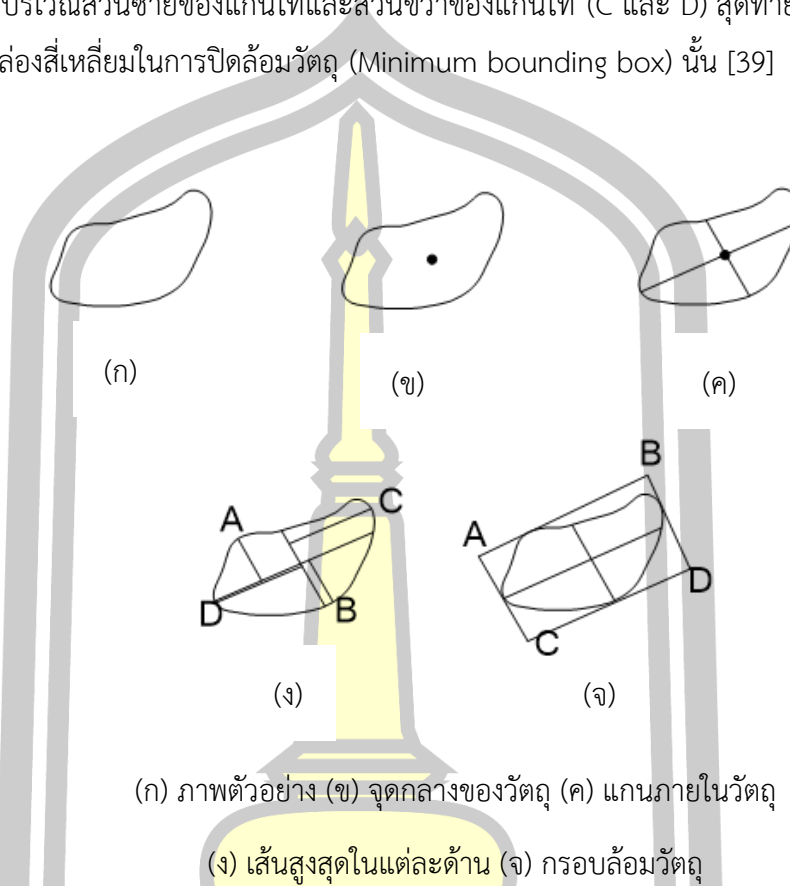
$$CLOSE(I, T) = E(D(I)) \quad (2.10)$$

จากสมการที่ (2.10) จะได้ว่าการทำโอเพอเรชัน CLOSE คือการนำข้อมูลภาพ I ผ่านการทำการขยายภาพ (Dilation) แล้วตามด้วยการย่อภาพ (Erosion) โดยใช้ Template ชุดเดียวกันคือ T [38]

2.13 สีเหลี่ยมในการปิดล้อมวัตถุ (Bounding Box)

วิธีการทำสีเหลี่ยมเพื่อปิดล้อมวัตถุในรูปภาพ นั่นคือการทำกล่องสีเหลี่ยมสำหรับปิดล้อมรอบบริเวณนั้นๆ หรือบริเวณที่ถูกกำหนด ซึ่งกล่องสีเหลี่ยมนี้จะช่วยในการคำนวณจุดศูนย์กลางพื้นที่ ความยาวแกนเอก-แกนโท จุดพิกัด ๆ ของบริเวณหรือวัตถุในภาพที่สนใจ โดยจากภาพประกอบ 2.18 จะแสดงแนวความคิดการสร้างกรอบภาพ โดยภาพประกอบ 2.18 (ก) คือภาพวัตถุสีขาว-ดำ ส่วนในภาพประกอบ 2.18 (ข) คือขอบและจุดศูนย์กลาง (Centroid) ของวัตถุ ต่อจากนั้นจะมีการหาแกนเอกและแกนโทของวัตถุตั้งภาพประกอบ 2.18 (ค) จากนั้นจะมีการหาจุดที่มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางวัตถุถึงขอบวัตถุที่ยาวที่สุดโดยพิจารณาจากส่วนด้านบนของแกนเอกและส่วนล่างของแกน

เอก (A และ B) รวมทั้งการหาจุดที่มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางวัตถุถึงขอบวัตถุที่ยาวที่สุดโดยพิจารณาจากบริเวณส่วนซ้ายของแกนโทและส่วนขวาของแกนโท (C และ D) สุดท้ายก็จะได้จุดพิกัดในการสร้างกล่องสี่เหลี่ยมในการปิดล้อมวัตถุ (Minimum bounding box) นั้น [39]



ภาพประกอบ 2.2 แนวความคิดการสร้างสี่เหลี่ยมในการปิดล้อมวัตถุ

(ที่มา:<https://endcodes.wordpress.com/2014/05/28/การนับวัตถุในภาพ>)

2.14 วิธีการหาขอบรูปภาพ (Edge Detections)

วิธีการหาขอบรูปภาพคือเส้นที่แบ่งระหว่างวัตถุกับพื้นหลัง หรือ แยกวัตถุสองวัตถุออกจากกัน ทำให้เห็นลักษณะ รูปร่าง และรายละเอียดที่ชัดเจนยิ่งขึ้นจากพื้นหลัง การหาขอบภาพจะเป็นการประมวลผลจากพิกเซลข้างเคียงโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่เกิดขึ้น นั่นคือขอบภาพจะเห็นได้ชัดถ้าค่าการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสง หรือ Intensity มีค่ามาก ในทางตรงกันข้ามกัน หากค่าการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสง หรือ Intensity มีค่าน้อย ขอบภาพก็จะเห็นได้ไม่ชัดเจน การหาขอบภาพ จะใช้หลักการหาความชันของความเข้มสี หรือ intensity เนื่องจากที่ขอบรูปจะเป็นบริเวณมีความแตกต่างของสีมาก ซึ่งหากเราหาความชันของค่าความเข้มสีก็จะได้ความชันมาก แต่หากรูปนั้นไม่มีขอบค่าความเข้มสี บริเวณนั้นจะใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน ทำให้ไม่มีความชัน สำหรับในที่นี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่ได้นำมาใช้ในงานวิจัยอย่างแพร่หลาย คือ Robert Operator, Sobel Operator, Canny Operator, Prewitt Operator และ Laplacian of Gaussian [23, 40]

2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ยังได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแยกภาพเนื้องอกในสมองออกจากภาพต้นฉบับ ซึ่งได้มีการออกแบบเทคนิควิธีการแบ่งส่วนภาพของสมองและพัฒนาอัลกอริทึมที่มีอยู่แล้วหรือคิดค้น อัลกอริทึมใหม่เพื่อแบ่งส่วนภาพของสมองจากชุดภาพถ่าย MRI ของสมองโดยวิธีที่ใช้กันอย่าง แพร่หลาย ตัวอย่างเช่น วิธีใช้ค่าขีดแบ่งและวิธี morphological watershed เป็นวิธีแบ่งส่วนแบบ อัตโนมติ โดยวิธีการแบ่งส่วนโดยอัตโนมติที่ใช้ค่าขีดแบ่งที่พัฒนาขึ้น พัฒนาจากพื้นฐานความรู้ที่ว่า ระดับความสว่างของสมองแบบ White matter, gray matter และ CSF ในภาพ T1-weighted MRI ของสมองจะมีความสว่างจากมากไปน้อย ดังนั้นวิธีใช้ค่าขีดแบ่งนี้จึงให้ผลการแบ่งส่วนสมองที่ดีกับ ภาพที่มีข้อมูลในลักษณะดังกล่าว ส่วนวิธี morphological watershed เป็นวิธีที่เหมาะสมจะใช้ภาพที่ บริเวณสมองมีความสว่างที่กลมกลืนกันและไม่แตกต่างกันมาก ไม่ควรมีสัญญาณรบกวนและควรเป็น บริเวณที่แยกจากส่วนอื่นๆ อย่างค่อนข้างชัดเจน แต่ข้อมูลภาพ MRI ส่วนมากมีความหลากหลาย เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น การเลือกวิธีการจัดทำข้อมูลภาพมีหลากหลาย เช่น ทำเป็น T1-weighted หรือ T2-weighted ด้วยเทคนิคย่อยต่างๆ การเลือกความหนาของสไลซ์ (Slice) รวมถึงลักษณะของ เครื่อง MRI เอง ก็ส่งผลต่อการแบ่งส่วนสมองจากภาพ MRI ที่มีความหลากหลายทั้งดีและไม่ดี ดังนั้น จึงมีงานวิจัยนี้ที่พยายามพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อให้สามารถเลือกแบ่งส่วนภาพด้วยตนเองรวมทั้งมีตัว กระทำการ Preprocessing เช่น การทำ Normalization การทำ Diffusion และ Post processing เช่นตัวกระทำการทางสัญญาณวิทยาต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถปรับปรุงข้อมูลก่อนและหลังจากการแบ่ง ส่วนด้วยตัวเองและแบบอัตโนมัติได้ด้วย ในงานวิจัยนี้ก็มีงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์และการทำงานที่ คล้ายๆกัน คือ Heng-Long Chuang, Chun, Ming Chen [41] ในงานวิจัยนี้การนำเสนออัลกอริทึม การแบ่งส่วนของภาพสำหรับการแยกวัตถุเนื้องอกในภาพ CT Scan คือการตรวจจับบริเวณความเข้ม ที่ผิดปกติโดยอัตโนมัติในรูปปริมาตร CT Scan นอกจากนี้ยังเสนออัลกอริทึมที่มีการปรับเปลี่ยนซึ่งใช้ วิธีไฮบริดเพื่อตรวจหาความเข้มสองแบบเพื่อแยกบริเวณของเนื้องอกในสมองด้วยความแม่นยำสูง ดังนั้นอัลกอริทึมที่นำเสนอไม่เพียงแต่สามารถตรวจพบบริเวณที่ภาพแบบ CT Scan ได้ แต่ยังสามารถ แยกบริเวณของเนื้องอก 3 มิติได้อย่างถูกต้องและลดการใช้เวลาที่ต้องใช้โดยการประมวลผลล่วงหน้า และหลังการประมวลผลด้วยตนเอง ขั้นตอนสุดท้ายนำเสนออัลกอริทึมที่ใช้กับภาพ CT Scan ปริมาตรจริงเพื่อประเมินประสิทธิภาพของการแบ่งส่วนภาพเนื้องอก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมที่นำเสนอสามารถตรวจจับและแบ่งพาร์ติชันแบบเนื้องอกได้อย่างถูกต้อง

Da-Chuan Cheng, Xiaoyi Jiang, Arno Schmidt-Trucksäss [42] ในงานวิจัยนี้ได้ นำเสนอวิธีการใหม่ในการแยกส่วนรูปภาพที่ต้องการ โดยใช้วิธีการหาฮิสโตแกรมที่ดีที่สุดตาม แบบจำลองเกาส์ (Gaussian models) เพื่อลดฟังก์ชันต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ การจัดกลุ่มฮิสโต

กรรมเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยอธิบายความน่าจะเป็นของค่าสีเทาที่ระบุในหมวดหมู่ พร้อมกับการพิจารณาข้อมูลเชิงพื้นที่ของการแบ่งส่วนภาพชนิดนี้ใช้ในทางการแพทย์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในการวิจัยนี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์รูปถ่ายในหลายๆ ชนิดซึ่งก็ทำได้ดี ต่อมา JoungMin Lee, SooMin Song, KyeongMin Kim, Myoung-Hee Kim [43] งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการจัดกลุ่มที่มีประสิทธิภาพในการตรวจหาเนื้องอกในการตรวจเอกซเรย์การแผ่รังสี positron (PET) ของเนื้องอกที่มีขนาดเล็ก จะใช้วิธีการทำซ้ำ (Iteration) เพื่อลบภาพพื้น หลังจากนั้นใช้สองขั้นตอนสำหรับการจัดกลุ่มตามลำดับ ขั้นตอนที่หนึ่ง คือการจัดกลุ่มตามความเข้มของพิกเซลในภาพเพื่อการแบ่งส่วนของเนื้องอก ขั้นตอนที่สอง คือการจัดกลุ่มตามการเชื่อมต่อเพื่อลบพื้นที่เชิงบวกที่ไม่ต้องการออกไปแล้วจึงแบ่งองค์ประกอบทั้งหมดของภาพออกเป็นหลายๆกลุ่ม การใช้ FCM กับค่าเฉลี่ยเริ่มต้นที่จัดลำดับของแต่ละกลุ่มจะหลุดออกจากการเพิ่มประสิทธิภาพที่ไม่ถูกต้องและลดระยะเวลาที่ใช้ไม่เพียงแต่ตรวจหาเนื้อเยื่อเนื้องอกเท่านั้น แต่ยังสามารถตรวจหาอวัยวะอื่น ๆ เช่น หัวใจ, กระเพาะปัสสาวะ ยังสามารถใช้กับรูปภาพที่มีค่าความเข้มสูงเช่นเกิดจากการเผาผลาญกลูโคสเพื่อแยกเนื้องอกและพื้นที่ที่เป็นที่จับบวกที่ไม่ต้องการออกไป จึงใช้การจัดกลุ่มทางเรขาคณิตโดยอาศัยการเชื่อมต่อ วิธีการแบ่งส่วนที่นำเสนอสามารถนำไปสู่การวิเคราะห์การเติบโตของเนื้องอกได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถใช้ในการวัดเชิงปริมาณ เช่น ขนาดเนื้องอกหรือปริมาตรของเนื้องอกหรือตำแหน่งที่เกิดเนื้องอกได้ Ming-Ni Wu; Chia-Chen Lin; Chin-Chen Chang [44] ในงานวิจัยนี้ขอเสนอการใช้ segmentation ของภาพสี ซึ่งใช้ K-means clustering เทคนิคในการติดตามวัตถุเนื้องอกในสมองจากภาพถ่ายชนิดแม่เหล็กresonance (MR) ภาพสมอง แนวคิดที่สำคัญในเรื่องนี้ อัลกอริทึมการแบ่งส่วนสีด้วย K-means คือเพื่อแปลงภาพสีเป็นสีเทาระดับหนึ่งให้เป็นสีภาพพื้นแล้วแยกตำแหน่งของเนื้องอกจากรูปอื่น ๆ ของภาพ MR โดยใช้ Kmeans การแบ่งกลุ่มและ histogram-clustering การทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีนี้สามารถทำได้ประสบความสำเร็จในการแบ่งส่วนของภาพสมองเพื่อช่วยให้เห็นความแตกต่างของเนื้องอกได้ชัดเจน Azadeh Yazdan-Shahmorad, Hesamoddin Jahanian, Suresh Patel [45] งานวิจัยนี้ใช้อัลกอริทึมที่มีการจัดกลุ่มแบบหลายส่วนเพื่อแบ่งส่วนเนื้องอกในสมองในพื้นที่ที่ต้องการซึ่งแยกออกจากภาพที่นำมาทดสอบ อัลกอริทึมนี้ใช้กับภาพผู้ป่วยจำนวน 20 รายที่มีประเภทเนื้องอก 4 ชนิด ผลการแบ่งส่วนของเนื้องอกมีความถูกต้องโดยพิจารณาจากผลการแบ่งส่วนโดยใช้ภาพทางกายวิภาคมาเปรียบเทียบ Parmida Moradi Birgani, Meghdad Ashtiyani, Saeed Asadi [46] ในงานวิจัยนี้ได้ใช้การถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (MRI) มากกว่ารูปแบบการวินิจฉัยภาพอื่น ๆ ซึ่งจะมีความละเอียดต่อพื้นที่สูงกว่าและใช้งานที่ต้องตรวจหาความผิดปกติของเนื้อเยื่อได้ดี ภาพถ่าย MRI ที่ต้องการสำหรับการตรวจสอบเงื่อนไขเหล่านี้ซึ่งจะต้องมีการแยกส่วนออกเป็นระดับความเข้มที่แตกต่างกัน ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่ดีสำหรับการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ เช่นการวาดภาพขอบที่แม่นยำของเนื้องอกและความน่าเชื่อถือ, การแบ่งส่วนของ

ภาพซ้ำ จุดมุ่งหมายของงานนี้คือการนำเสนอขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มโดยใช้ Fuzzy C-means (FCM) และประสาทเครือข่ายเทียม (Neural Network) สำหรับการแยกส่วนที่ต้องการจากภาพ MRI ส่วน Dipali M. Joshi, Dr.N. K. Rana , V. M. Misra [47] ได้นำเสนอระบบตรวจหาและจำแนกเนื้องอกในสมองได้รับการออกแบบและพัฒนาโดยใช้คอมพิวเตอร์ based เพื่อตรวจหาก้อนเนื้องอกหรือแผลและแบ่งประเภทชนิดของเนื้องอก โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมจากภาพชนิดแบบ MRI ภาพของผู้ป่วยที่มีประเภทของเนื้องอกในสมองแตกต่างกัน เทคนิคการประมวลผลภาพเช่น histogram เป็นการทำให้ระดับความเข้มของภาพเท่าเทียมกัน, การแบ่งส่วนภาพ, การเพิ่มประสิทธิภาพของภาพ, การดำเนินการทางสัญญาณวิทยาและการสกัดคุณลักษณะพัฒนาขึ้นเพื่อตรวจหาเนื้องอกในสมองจากภาพชนิด MRI ของผู้ป่วยที่ได้รับผลกระทบ การตรวจพบเนื้องอกในสมองได้สำเร็จโดยใช้เมทริกซ์การเกิด Co-occurrence ระดับสีเทา คุณสมบัติเหล่านี้คือเปรียบเทียบกับคุณสมบัติที่เก็บไว้ในฐานการเรียนรู้ของ Neuro Fuzzy Classifier ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อตระหนักถึงความแตกต่างของโรคเนื้องอกในสมอง ระบบทั้งหมดได้รับการทดสอบเป็นระยะ ๆ มีทั้งหมดสองช่วง คือ ระยะการเรียนรู้/การฝึกอบรมและประการที่สอง Recognition / Testing Phase MRI พบว่างานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพอย่างมากในการจัดกลุ่มตัวอย่างเหล่านี้และตรวจพบความผิดปกติได้ดี ในงานวิจัยของ Nilesh Bhaskarrao Bahadure, Arun Kumar Ray และ Har Pal Thethi [48] ได้ใช้วิธีการ Berkeley wavelet transformation (BWT) เพื่อปรับปรุงความแม่นยำและเพิ่มประสิทธิภาพของตัวจำแนกโดยใช้วิธี support vector machine (SVM) วิธี support vector machine (SVM) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมในการตัดแยกที่มีการนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในด้านการประมวลผลเป็นภาพดิจิทัล หลักการของ SVM คือการให้อินพุตที่ใช้ฝึกเป็นเวกเตอร์ในสเปซ N มิติ เช่น ถ้าในกรณีของ 2 มิติ และ 3 มิติจะเป็นจุดที่อยู่ในระนาบ xy และสเปซ xyz ตามลำดับ จากนั้นทำการสร้างไฮเปอร์เพลน(Hyperplane) ที่จะแยกกลุ่มของเวกเตอร์อินพุตออกเป็นประเภทต่างๆ ในกรณีที่เป็น 2 มิติ และ 3 มิติ ไฮเปอร์เพลน คือเส้นตรงและระนาบตามลำดับ ต่อมา Prof. N.D.Pergad, Ms. Kshitija V.Shingare [49] ใช้อัลกอริทึม Gray level co-occurrence matrix (GLCM) ใช้ความแตกต่างของความสว่างระหว่างพิกเซลอยู่ในระดับภาพสีเทา (Gray Scale Image) โดยมีการแบ่งช่วงสีเทาออกเป็น 4 ระดับ ระดับที่ 0 มีค่าความสว่างของพิกเซลอยู่ระหว่าง 0 ถึง 63 ระดับที่ 1 มีค่าความสว่างของพิกเซลอยู่ระหว่าง 64 ถึง 127 ระดับที่ 2 มีค่าความสว่างของพิกเซลอยู่ระหว่าง 128 ถึง 191 ระดับที่ 3 มีค่าความสว่างของพิกเซลอยู่ระหว่าง 192 ถึง 255 ทำให้มีการแบ่งช่วงสีจาก 256 ระดับเหลืออยู่เพียง 4 ระดับเพื่อการรวมกลุ่มของความสว่างของพิกเซลง่ายขึ้น จากนั้นใช้ระบบเครือข่ายประสาทเทียม Probabilistic Neural Network (PNN) เพื่อใช้ในการแบ่งส่วนที่ต้องการคือ ส่วนของเนื้องอกออกจากส่วนที่ไม่ต้องการ K. SUDHARANiA, Dr.T.C. SARMAb และ Dr. K. SATYA PRASADc [50] นำเสนอวิธีการแบ่งส่วนโดยอัตโนมัติในภาพ MRI เพื่อหาตำแหน่งของเนื้องอกใน

สมองและมีการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระบุขนาดของเนื้องอกได้ โดยการใช้อัลกอริทึมที่นำเสนอกำหนดพื้นที่ของเนื้องอกในสมองและความยาวของพื้นที่ในรูปภาพ โดยมีการปรับค่าความสว่างและความเข้มของรูปภาพต้นฉบับ ใช้เทคนิคการฮิสโตแกรมเพื่อกระจายค่าสีพร้อมทั้งทำโทรโซฮิสลเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป จากนั้นนำวิธีการโมโฟโลยีเพื่อตรวจหาเนื้องอกในรูปภาพ พบว่าสามารถทำได้เนื่องจากตรวจหาและกำหนดขนาดของเนื้องอกในสมองได้อย่างถูกต้องและใช้เวลาในการประมวลผลน้อยลง ซึ่งจะช่วยให้แพทย์ในการวิเคราะห์สมองเนื้องอกได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

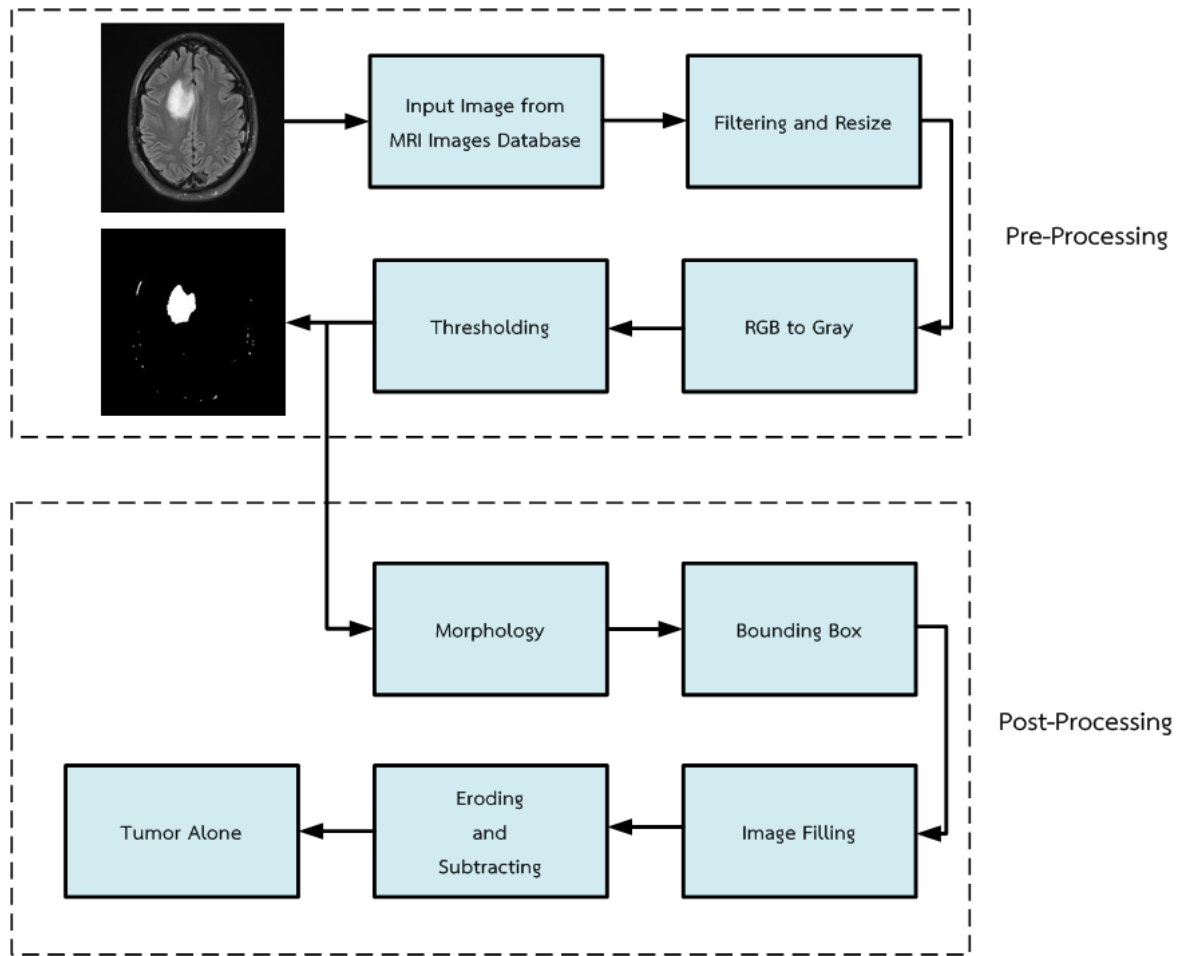
2.16 สรุป

การนำเทคนิคการประมวลผลภาพและนำอัลกอริทึมต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการหาตำแหน่งของเนื้องอกในสมอง เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาขนาดรูปร่างและขนาดของเนื้องอกในสมองที่ได้จากภาพถ่าย MRI เพื่อวินิจฉัยต่อไปว่าเนื้องอกนั้นปกติสามารถรักษาให้หายขาดหรือเป็นเนื้องอกระดับอันตรายที่จะต้องพิจารณาหาวิธีการรักษาที่เหมาะสมและปลอดภัยต่อคนไข้อย่างไร โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพในการเตรียมรูปภาพให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในเทคนิคจำแนกประเภทของเซลล์เนื้องอกโดยการกรองเอาสัญญาณรบกวนในภาพออก และเข้าสู่กระบวนการของอัลกอริทึมเพื่อการจำแนกประเภทของเซลล์ที่สนใจและจะต้องแปลงคุณภาพของภาพไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่งนั้น ถือว่ามีความสำคัญมากในการที่จะใช้อัลกอริทึมต่อ ๆ ไป คุณลักษณะถูกต้องและแม่นยำ จึงต้องใช้ข้อมูลภาพที่เป็นมาตรฐานที่งานวิจัยในลักษณะเดียวกันนำมาใช้เพื่อที่จะได้ทดสอบประสิทธิภาพและความแม่นยำค่าความถูกต้อง

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

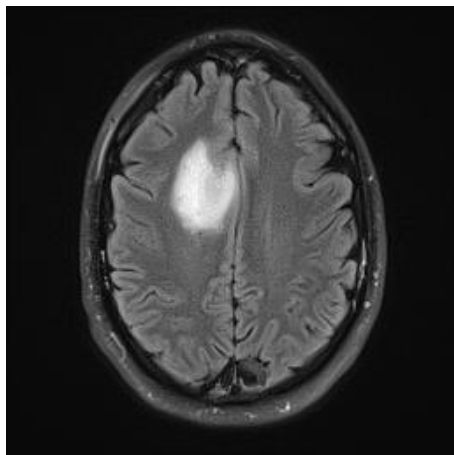
เนื้องอกสมอง (Brain Tumor) คือ ภาวะการเกิดเนื้อเยื่อผิดปกติที่สมอง ทำให้ระบบประสาทและสมองทำงานผิดปกติ จนเกิดอาการต่างๆ เช่น ปวดหัวอย่างรุนแรง คลื่นไส้ อาเจียน เกิดอาการชัก มีปัญหาการพูดและการฟัง รวมถึงการมองเห็น เนื้องอกที่สมองสามารถกลายเป็นมะเร็งสมองได้ หากไม่ได้รับการรักษา งานวิจัยนี้จึงมีความต้องการที่จะนำเสนอการแก้ปัญหาดังกล่าว ด้วยการประยุกต์ใช้กระบวนการประมวลผลภาพ ซึ่งประกอบด้วยทั้งหมด 2 ขั้นตอนหลัก คือ Pre-Processing และ Post-Processing ดังภาพประกอบ 3.1 โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการเตรียมภาพตรวจหาภาพเนื้องอกในสมองที่ได้มาจาก MRI โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อให้พร้อมในกระบวนการวิเคราะห์หาตำแหน่งเนื้องอกในสมอง ซึ่งในงานวิจัยจะใช้โปรแกรม MATLAB เป็นโปรแกรมหลักในการประมวลผลภาพ เนื่องจากโปรแกรม MATLAB เป็นภาษาที่มีประสิทธิภาพสูง ตัวโปรแกรมได้รวมเอาความสามารถในการคำนวณหลาย ๆ สาขาวิชามาอยู่รวมกัน เพื่อใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลข และกราฟิกต่างๆทางวิศวกรรมศาสตร์ที่ซับซ้อนให้ง่ายต่อการใช้งาน มีความรวดเร็ว ยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรม รวมทั้งการเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยากทำความเข้าใจได้ง่าย เมื่อนำไปใช้งานทำให้สามารถเห็นผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็ว โดยที่วิธีการแก้ปัญหาและวิธีการหาคำตอบจะแสดงโดยใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์พร้อมทั้งแสดงผลในรูปของกราฟทั้ง 2 มิติและ 3 มิติ ดังนั้นจึงทำให้โปรแกรม MATLAB ถูกนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวางในงานทั่วไป โปรแกรม MATLAB จะมีกล่องเครื่องมือที่ใช้ในการหาคำตอบเรียกว่า Toolbox โดยโปรแกรม MATLAB จะมี toolbox ในแต่ละสาขา เช่น การประมวลผลสัญญาณ (Signal processing toolbox) การประมวลผลภาพ (image processing toolbox) ระบบควบคุม (control system toolbox) โครงข่ายประสาท (neural networks toolbox) ฟัชซีลอจิก (fuzzy logic toolbox) เวฟเลท (wavelet toolbox) การติดต่อสื่อสาร (communication toolbox) สถิติ(Statistics toolbox) และสาขาอื่นๆ มากมาย ภายใน toolbox แต่ละสาขาก็จะมีฟังก์ชันต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในสาขานั้นๆ ให้เลือกประยุกต์ใช้งานเป็นจำนวนมาก ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเขียนในรูปแบบเป็นฟังก์ชันจะเก็บไว้เป็นไฟล์ โดยมีนามสกุลเป็น *.m



ภาพประกอบ 3.1 ขั้นตอนของกระบวนการวิเคราะห์รูปภาพสมองที่มีเนื้องอกในสมอง

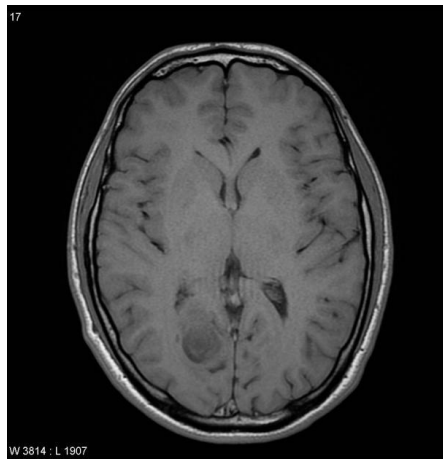
3.1 ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลภาพ (Input Image)

รูปภาพที่ใช้ในการทดลองเป็นรูปภาพที่ได้จากฐานข้อมูลสาธารณะที่สามารถใช้ได้ทั่วไป (ที่มา:<https://ncigt.org/>) รูปถ่ายภาพเนื้องอกในสมองจากกล้อง MRI โดยมีขนาดภาพจำนวนพิกเซลไม่เท่ากัน ความละเอียด 24 บิต ชนิดสีแบบ Truecolour และใช้รูปภาพทั้งหมดจำนวน 100 ภาพ ซึ่งภาพที่ใช้สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีตัวอย่างภาพดังภาพประกอบ 3.2



(ก)

(ก) ภาพถ่ายสมองที่มีเนื้องอก



(ข)

(ข) ภาพถ่ายสมองปกติ

ภาพประกอบ 3.2 ตัวอย่างภาพถ่ายสมองชนิด MRI

ประเภทของรูปภาพที่ใช้ในการทดสอบอัลกอริทึมสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการทดสอบกับภาพที่เป็นฐานข้อมูลแบบสาธารณะ โดยใช้ภาพในแบบจำลองสี RGB เพื่อให้ได้ซึ่งภาพและวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการตรวจว่าเจอหรือไม่เจอเนื้องอกในสมองโดยอัตโนมัติ

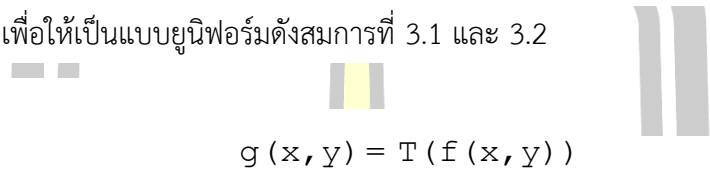
3.2 การเตรียมข้อมูลภาพก่อนการประมวล (Pre-Processing)

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่จะใช้ทดสอบให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน เนื่องจากแต่ละภาพอาจมี ปริมาณแสง ความคมชัด ความมืดของภาพที่แตกต่างกัน เป็นต้น จึงจำเป็นต้องทำการปรับปรุงภาพให้มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการตรวจหาภาพที่มีเนื้องอกในสมอง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1 การปรับค่าความเข้มแสงของภาพ (Intensity Manipulation)

การปรับค่าความเข้มแสงของภาพด้วยวิธีการปรับเปลี่ยนค่าของฮิสโตแกรมของภาพ (Histogram) โดยฮิสโตแกรมของภาพเป็นการเก็บค่าความถี่ของแต่ละค่าระดับความเข้มแสง หรือสี ที่เกิดขึ้นภายในภาพ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงตามคุณสมบัติของภาพจากฮิสโตแกรม จึงเป็นเพื่อลด หรือควบคุมปริมาณแสงที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพ หรือลดทอนรายละเอียดของข้อมูลบางส่วน ดังนั้น

จึงต้องปรับเปลี่ยนค่าความเข้มแสงของภาพในแต่ละภาพให้มีระดับค่าความเข้มแสงที่เหมาะสม สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งาน สำหรับงานวิจัยนี้ใช้วิธีการปรับค่าความเข้มแสงด้วยเทคนิคการกระจายของฮิสโตแกรมแบบสม่ำเสมอ (Histogram Equalization) เพื่อให้ฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็น (Probability Distribution Function: PDF) ของค่าความเข้มแสงของภาพมีการกระจายออกทำให้ความสูงของ PDF แบนราบลง ส่งผลให้ PDF สำหรับค่าความเข้มแสงหลังจากการแปลงนั้นมีการกระจายให้เข้าใกล้รูปแบบยูนิฟอร์มที่สุด นั่นคือ S จะมีค่าเท่าใด ก็จะมี PDF ของ $S(P_s(S)) = 1$ เพื่อให้เป็นแบบยูนิฟอร์มดังสมการที่ 3.1 และ 3.2



$$g(x, y) = T(f(x, y)) \quad (3.1)$$



$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w) dw \quad (3.2)$$

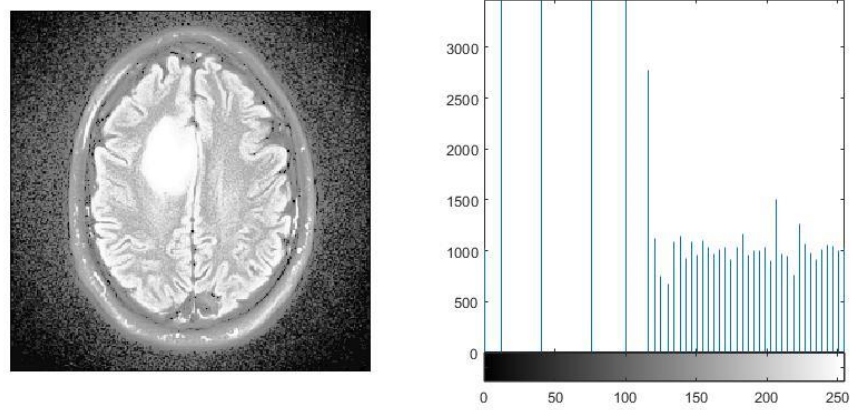
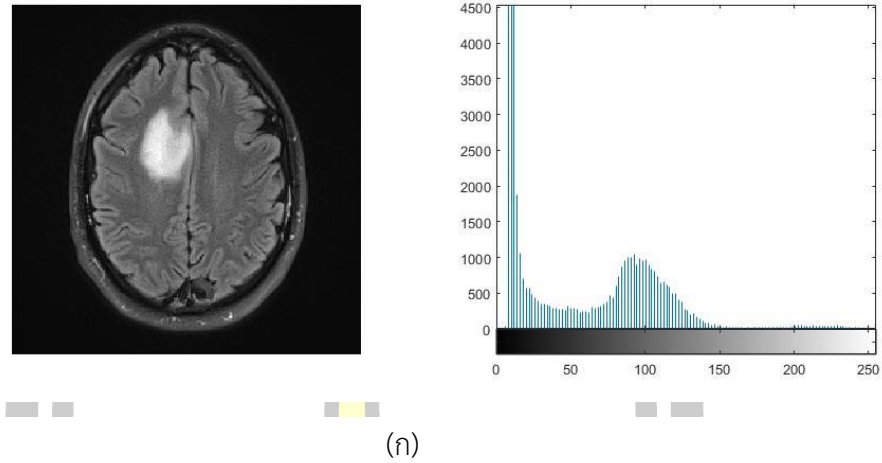
เมื่อ

$f(x,y) = r$ คือ ค่าความเข้มแสงก่อนแปลงค่า

$g(x,y) = s$ คือ ค่าความเข้มแสงหลังแปลงค่า

$p_r(r)$ คือ ค่า PDF ของตัวแปร r

$T(r)$ คือ ฟังก์ชันแปลงที่เป็นฟังก์ชันการกระจายความถี่สะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) เทคนิคการกระจายฮิสโตแกรมแบบสม่ำเสมอเป็นการปรับค่าความถี่ของค่าระดับความเข้มแสง หรือสี ให้มีการกระจายตัวสม่ำเสมอเท่ากันทั้งภาพ จึงทำให้รายละเอียดที่ถูกซ่อนไว้ชัดเจนขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงในฮิสโตแกรม ดังภาพประกอบ 3.3 ซึ่งเป็นภาพถ่ายเนื้องอกในสมองที่ใช้ในการทดสอบสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้



(ก) ภาพเนื้องอกในสมอง
ชนิดสี Gray

(ข) ฮิสโตแกรมของภาพเนื้องอกในสมองชนิดสี Gray

ภาพประกอบ 3.3 ภาพเนื้องอกแบบจำลองสี Gray และการกระจายฮิสโตแกรมแบบสมมาตร

จากภาพประกอบ 3.3 จะเห็นได้ว่าภาพตัวอย่างเมื่อทำการกระจายฮิสโตแกรมแบบสมมาตรพบว่าค่าความเข้มแสงภายในภาพมีการกระจายตัวสมมาตรทั่วทั้งภาพ ซึ่งจากภาพฮิสโตแกรมของภาพหลังการกระจายฮิสโตแกรมแบบสมมาตรแล้วกราฟฮิสโตแกรมของภาพจะมีค่าระดับความสว่างเกือบทุกช่วงระดับ ดังนั้นการปรับปรุงค่าความเข้มแสงของภาพทางด้านสถิติในบางแบบจำลองสีจะทำให้คุณภาพของภาพในด้านการมองเห็น หรือการรับรู้ของมนุษย์ได้ไม่ดี เพราะการกระจายของฮิสโตแกรมที่เพิ่มมากขึ้นอาจกระทบทำให้ภาพนั้นมีค่าความคมชัดน้อยลง

3.2.2 การปรับความคมชัดของภาพทั้งภาพ (Global Contrast Enhancement)

รูปภาพเมื่อถูกทำให้มีการกระจายตัวของแสงหรือความสว่างแบบสม่ำเสมอเท่ากันทั้งภาพจะทำให้ค่าความคมชัดของขอบภาพแย่ง ดังนั้นการปรับความคมชัดของภาพจึงเป็นเทคนิคที่ทำให้ระดับความแตกต่างกันของสี หรือระดับความเข้มแสงที่ไม่ต่อเนื่องมีความแตกต่างกันเพิ่มมากขึ้น นั่นก็คือตำแหน่งของเส้นที่เป็นขอบเขตของแต่ละพื้นที่ หรือขอบเขตของวัตถุ จะมีความคมชัดเพิ่มมากขึ้น สืบเนื่องจากการปรับค่าความเข้มแสงของภาพ โดยใช้วิธีการกระจายฮิสโตแกรมแบบสม่ำเสมอ นั้นจะทำให้แสงกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอเท่ากันทั้งภาพ เช่นภาพที่มีปริมาณแสงน้อยก็จะทำให้เห็นรายละเอียดของข้อมูลเพิ่มมากขึ้นเมื่อทำการปรับค่าฮิสโตแกรมแบบสม่ำเสมอ แต่ทั้งนี้ยังส่งผลต่อขอบของวัตถุ หรือขอบของพื้นที่ทำให้มีความคมชัดลดน้อยลง ดังนั้นในขั้นตอนที่สองหลังจากปรับปริมาณแสงของภาพให้มีลักษณะการกระจายตัวแบบสม่ำเสมอทั้งกันทั้งภาพแล้ว จึงจำเป็นต้องปรับค่าความคมชัดของภาพด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการปรับค่าความคมชัดของทั้งภาพ (Global Contrast Enhancement) [53] เพื่อเพิ่มความคมชัดของพื้นที่ที่เป็นวัตถุ หรือพื้นที่ที่สนใจ ให้มีขอบเขตที่แตกต่างกับพื้นที่บริเวณของวัตถุ และพื้นหลังโดยชัดเจน ดังสมการที่ (3.3)

$$S_k = T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k P_r(r_j) = \frac{(L-1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j \quad (3.3)$$

เมื่อ

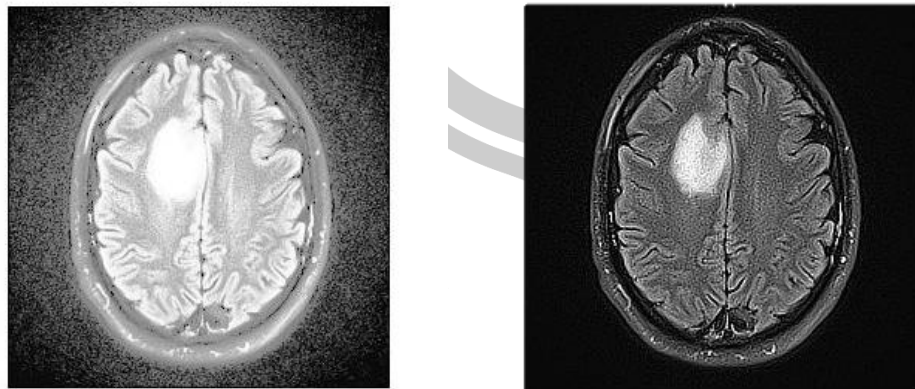
$k = 0, 1, 2, \dots, L-1, r_k$ คือ พิกเซลของภาพก่อนแปลงค่า

S_k คือ พิกเซลของภาพหลังแปลงค่า; $0 \leq S_k \leq 1$

$p_r(r_j)$ คือ ค่า PDF ของตัวแปร r_j

MN คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมดของค่าความเข้มแสง r_j

ความคมชัดของภาพจะถูกกำหนดโดยช่วงอัตราส่วนระหว่างความสว่าง และ ความเข้มของจุดมืดที่สุด ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่สามารถทำได้ง่าย และรวดเร็ว ผลของการปรับค่าความคมชัดของภาพหลังจากทำการกระจายฮิสโตแกรมแบบสม่ำเสมอของแบบจำลองสีที่ใช้ทดสอบ แสดงได้ดังภาพประกอบ 3.4



(ก)

(ก) ภาพตัวอย่าง หลังทำการ
กระจายฮิสโตแกรมแบบ
สม่ำเสมอ

(ข)

(ข) ภาพตัวอย่าง หลังทำการ
ปรับค่าความคมชัดของทั้งภาพ

ภาพประกอบ 3.4 การเปรียบเทียบหลังการกระจายฮิสโตแกรมแบบสม่ำเสมอ

จากภาพประกอบ 3.4 พบว่าเมื่อภาพ ได้ผ่านกระบวนการปรับค่าความคมชัดของภาพ ทั้งภาพแล้ว ภาพผลลัพธ์จะมีความแตกต่างของบริเวณพื้นที่ของภาพเมื่อเทียบกับภาพทั้งภาพโดยรวม อย่างชัดเจน ซึ่งทำให้เห็นรายละเอียดของภาพปรากฏชัดเจนมากขึ้น และใกล้เคียงกับการรับรู้ หรือ การมองเห็นของมนุษย์ในการแยกแยะความแตกต่างกันของวัตถุ

3.2.3 การกำจัดสิ่งรบกวนในภาพ (Noise Removal)

สัญญาณรบกวนในภาพอาจจะทำให้ภาพนั้นสูญเสียรายละเอียดของข้อมูลบางส่วนไป การกำจัดสัญญาณรบกวนให้หมดไปจากภาพนั้นอาจจะทำได้ไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากตำแหน่งและ ขนาดของสัญญาณรบกวนที่เกิดการรบกวนนั้นไม่แน่นอน ดังนั้นการกำจัดสัญญาณรบกวนเพื่อลด ผลกระทบจากสัญญาณรบกวนเพื่อช่วยให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดดีขึ้น และมีคุณภาพดีพอที่จะนำไปใช้ งานในขั้นตอนต่อไปได้ สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้การกรองสัญญาณเกาส์เซียนฟิลเตอร์ (Gaussian Filter) เนื่องจากเกาส์เซียนฟิลเตอร์มีคุณสมบัติสามารถลดทอนสัญญาณรบกวนได้ และไม่ ทำให้เกิดการสิ้นของความถี่สัญญาณภาพในตำแหน่งที่มีความแตกต่างของสัญญาณ เช่นบริเวณ รอยต่อของรอยหยักบริเวณพื้นที่สมอง โดยใช้เทคนิคคอนโวลูชัน (Convolution Technique) ซึ่งใช้ หน้ากาก (Mask) หรือ เคอเนล (Kernel) เคลื่อนที่ไปตามพิกเซลต่างๆ ในภาพ และค่าในหน้ากาก หรือ เทมเพลตเรียกว่า “ค่าสัมประสิทธิ์การกรอง หรือค่าถ่วงน้ำหนักการกรอง” และผลการ

ตอบสนองต่อตัวเทมเพลตที่ตำแหน่งพิกเซลใดๆ คือ ผลคูณของค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าความเข้มแสง ในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับค่าตัวถ่วงน้ำหนักภายในพื้นที่ที่เทมเพลตครอบคลุมดังสมการที่ (3.4) เทอมเพลตของตัวกรองสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ เทอมเพลตของเกาส์เซียนขนาด 3x3 ดังสมการที่ (3.5)

$$g(x, y) = \sum_{s=0}^{n-1} \sum_{t=0}^{m-1} w(s, t) f(x - s, y - t) \quad (3.4)$$

เมื่อ

$g(x,y)$ คือ ผลลัพธ์ภาพที่ได้จากการทำคอนโวลูชัน

n,m คือ ขนาดของภาพ

$w(s,t)$ คือ ค่าเทมเพลตขนาด $n \times m$

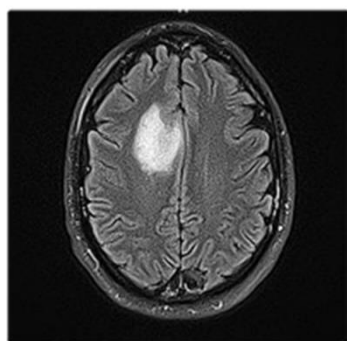
$f(x,y)$ คือ ค่าความเข้มแสงของภาพที่จุด x,y

$$w = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

เมื่อ

W คือ เทมเพลตของเกาส์เซียนขนาด 3x3

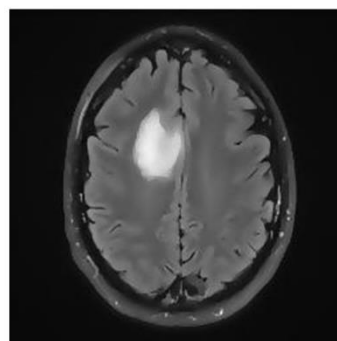
เมื่อได้นำรูปภาพที่ผ่านกระบวนการปรับความคมชัดแล้ว ก็ได้นำมากำจัดสิ่งรบกวนในภาพ เพื่อให้ได้ภาพดูกลมกลืนและเหมาะในการเตรียมในกระบวนการต่อไป ดังภาพประกอบ 3.5



(ก)

(ก) แสดงภาพก่อนกำจัด

สิ่งรบกวนในภาพ



(ข)

(ข)แสดงภาพหลังกำจัด

สิ่งรบกวนในภาพ

ภาพประกอบ 3.5 แสดงรูปภาพที่ผ่านการกำจัดสิ่งรบกวนในภาพ

ผลของการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผลซึ่งจะผ่านกระบวนการ การกระจาย ฮิสโตแกรมแบบสมมาตร การกระบวนการปรับค่าความคมชัดของทั้งภาพ และกระบวนการลดสัญญาณรบกวนด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์ร่วมกับแอนติโซติฟของแบบจำลองสีที่ใช้สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เมื่อภาพผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลภาพก่อนการประมวลผล ภาพทุกภาพในแต่ละแบบจำลองสีจะมีคุณสมบัติพื้นฐานคล้ายคลึงกัน ไม่ว่าจะเป็น ปริมาณสัญญาณรบกวน ปริมาณแสง และความคมชัดของภาพ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นปรับปรุงคุณภาพของภาพให้ข้อมูลภาพที่มีอยู่มีคุณภาพที่ดีขึ้นเหมาะสำหรับการนำไปประมวลผลในขั้นตอนถัดไป

3.3 การเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพสีเทา (RGB Colure to Gray level)

มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลายระบบด้วยกัน แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในแนวแกน 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในแนวแกนซึ่งแต่ละแกนจะมีอิสระต่อกัน ตัวอย่างเช่นในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แกนสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในระบบ HLS จะมีแกนเป็นค่าสี (Hue) ความสว่าง (Lightness) และความบริสุทธิ์ของสี (Saturation) ระบบสี RGB เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน โดยปกติจะใช้ในจอภาพแบบ CRT (Cathode Ray Tube) และเนื่องจากระบบสี RGB เป็นระบบสีของแสงจึงทำให้ภาพที่ได้ออกมานั้นมีความสมจริงและยังดูสวยงาม ในการใช้งานระบบสี RGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไปที่นิยมใช้งานได้แก่ RGB_{CIE} และ RGB_{NTSC} ระบบสีแบบ RGB_{CIE} เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย Commission Internationale del'Eclairage (CIE) ซึ่งอ้างอิงสีด้วยสีแดงที่ 700 nm สีเขียวเท่ากับ 546.1 nm และสีน้ำเงิน 435.8 nm

ระบบสีแบบ RGB ของ NTSC เป็นระบบที่พัฒนาโดย NTSC (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบ CRT ให้มีลักษณะเดียวกัน โมเดลสี หรือ Color Space ประกอบด้วย 3 แม่สีหลัก ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ถ้านำแต่ละแม่สีมาพล็อตกราฟในระดับพิกัดโมเดลสี โดยแต่ละสีมีค่า 0 ถึง 1 (0 แสดงถึงค่าความมืด และ 1 แสดงถึงค่าความสว่าง) จะได้ภาพการผสมสีทางแสงหรือการบวกแม่สีเข้าด้วยกัน (Additive Primary Color)

วิธีการแปลงภาพสีแบบ RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale image) โดยระดับสีเทาเป็นค่าซึ่งระบุความสว่างหรือความเข้มที่มีค่าตั้งแต่ 0-255 (0 คือระดับเข้มสูงสุด 255 คือระดับสว่างสูงสุด) รวมทั้งพิกัดแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งใช้ระบุตำแหน่งในแถวลำดับภาพ (Image Array) วิธีการหาค่าระดับเทาที่มีวิธีคิดตามความสว่างของแต่ละแม่สี โดยมีรูปแบบดังสมการที่ (3.6) และ (3.7)

$$\text{Gray Image} = (R+G+B)/3 \quad (3.6)$$

หรือ

$$\text{Grayscale image} = (w_1 * R) + (w_2 * G) + (w_3 * B) \quad (3.7)$$

เมื่อ

R คือ สีแดง และ w_1 คือค่าน้ำหนักของสีแดง

G คือ สีเขียว และ w_2 คือค่าน้ำหนักของสีเขียว

B คือ สีน้ำเงิน และ w_3 คือค่าน้ำหนักของสีน้ำเงิน

และ

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1 \text{ และ } w_1, w_2, w_3 > 0$$

แต่จากการศึกษาพบว่า การเฉลี่ยค่าของแม่สีทั้งสามตามสมการที่ 2.2 ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด จะได้ภาพระดับสีเทาซึ่งไม่ตรงตามที่สายตามนุษย์มองเห็น ดังนั้นเพื่อให้ได้ภาพระดับสีเทาที่มีความใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์มากที่สุด จึงได้มีการศึกษาและทดลองพบว่าค่าน้ำหนักในแต่ละสีที่เหมาะสมนั้นมีค่าดังสมการที่ (3.8)

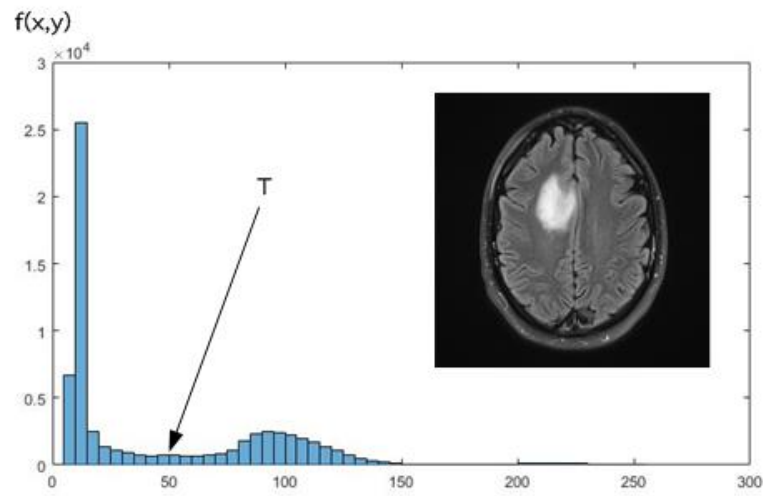
$$\text{Grayscale image} = (0.299 * R) + (0.587 * G) + (0.114 * B) \quad (3.8)$$

3.4 การหาค่าขีดแบ่งภาพ (Thresholding)

เมื่อนำภาพผ่านขบวนการเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา จะมีค่าระดับความเข้มของสีอยู่ในระหว่าง 0 ถึง 255 โดยส่วนที่เป็นวัตถุที่สว่างที่สุดจะมีความเข้มสีอยู่ที่ค่า 255 และส่วนที่เป็นพื้นหลังที่มืดที่สุดจะมีความเข้มสีอยู่ที่ค่า 0 (ศูนย์) ภาพที่เป็นระดับสีเทาจะเห็นกลุ่มการกระจายของระดับความเข้มสีแยกออกเป็นสองกลุ่มอย่างชัดเจน

3.4.1 การหาค่าขีดแบ่งภาพแบบพื้นฐาน (Basic thresholding)

ถ้าต้องการที่จะแยกวัตถุที่ต้องการออกจากพื้นหลัง จะต้องเลือกค่าขีดแบ่งภาพ (Threshold, T) ที่ถูกต้อง เมื่อฟังก์ชันของรูปภาพ คือ $f(x,y)$ ดังภาพประกอบ 3.6



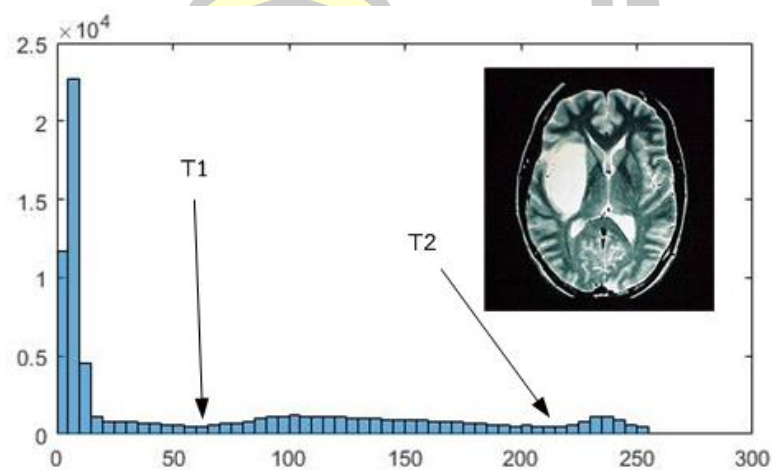
ภาพประกอบ 3.6 แสดงกราฟฮิสโตแกรมของภาพค่าความเข้มสีระดับสีเทา

เงื่อนไขของการเลือกค่าขีดแบ่งภาพจะได้ว่า

$f(x,y) > T$ จะกำหนดให้เป็นส่วนของวัตถุ

$f(x,y) \leq T$ จะกำหนดให้เป็นส่วนของพื้นหลัง

ถ้าฟังก์ชันของ image $f(x, y)$ ประกอบด้วยการกระจายสี gray level เป็นสามกลุ่ม เช่นมีวัตถุสองสิ่งที่เป็นสีอ่อนอยู่บนพื้นหลังสีเข้ม เมื่อต้องการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง อาจทำได้โดยใช้วิธีการเลือกค่าขีดแบ่งภาพหลายส่วน (Multiple thresholding) ดังภาพประกอบ 3.7



ภาพประกอบ 3.7 แสดงกราฟฮิสโตแกรมความเข้มระดับสีเทาที่มีค่าขีดแบ่งภาพหลายส่วน

เงื่อนไขของการเลือกค่าขีดแบ่งภาพจะได้ว่า

$T1 < f(x,y) \leq T2$ เป็นการกำหนดให้เป็นส่วนของวัตถุที่หนึ่ง

$f(x,y) > T2$ เป็นการกำหนดให้เป็นส่วนของวัตถุที่สอง

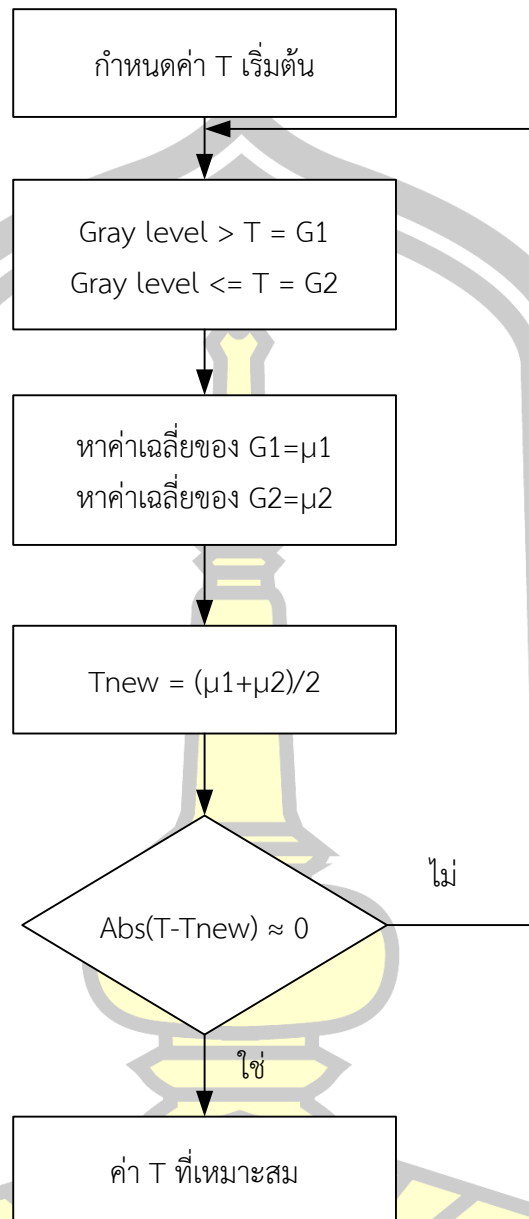
$f(x,y) \leq T1$ เป็นการกำหนดให้เป็นส่วนของพื้นหลัง

3.4.2 การหาค่าขีดแบ่งภาพแบบเหมาะสม (Optimum thresholding)

การแยกวัตถุที่ต้องการออกจากพื้นหลังด้วยวิธีการเลือกค่าขีดแบ่งภาพแบบพื้นฐาน จะต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ชำนาญการถึงจะได้ค่าขีดแบ่งภาพที่ถูกต้องหรือใกล้เคียง แต่ในบางครั้งกราฟฮิสโตแกรมที่แสดงภาพของเนื้องอกสมองจากภาพถ่าย MRI จะมีค่าความเข้มระดับสีของวัตถุที่ต้องการแยกออกที่มีมากกว่าหนึ่งค่าหรือมากกว่าสองค่า ซึ่งเป็นการยากที่จะเลือกค่าขีดแบ่งภาพเพื่อแยกภาพส่วนของเนื้องอกออกจากพื้นหลังได้ถูกต้อง จึงมีวิธีการอีกวิธีหนึ่งที่ใช้แก้ไขการเลือกค่าขีดแบ่งภาพแบบพื้นฐานให้ง่ายและสะดวกขึ้น นั่นคือ วิธีการหาค่าขีดแบ่งภาพ (T) แบบอัตโนมัติ (Automatic thresholding) โดยมีการเลือกค่าขีดแบ่งภาพตั้งอัลกอริทึมต่อไปนี้ ขั้นตอนแรกให้เลือกค่าเริ่มต้นให้กับค่า T อาจจะเป็นค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาในรูปภาพหรือใช้ค่ากลางระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของค่าระดับสีเทาในรูปภาพ วิธีที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้คือการใช้วิธีการหาค่ากลางของการแบ่งขีดภาพหลายช่วงโดยปรับปรุงวิธีการของ Otsu Methods เพื่อให้ได้ค่า T เริ่มต้น จากนั้นก็นำค่า T ที่ได้นำมาแบ่งภาพสีเทาออกเป็นสองส่วน คือ G1 และ G2 โดยที่ ค่า G1 จะเป็นค่าระดับสีเทาที่มีค่ามากกว่าค่า T ที่ตั้งไว้ ส่วนค่า G2 จะเป็นค่าระดับสีเทาที่มีค่าน้อยกว่าค่า T ที่ตั้งไว้ แล้วจึงทำการหาค่าเฉลี่ยระดับสีเทาของส่วน G1 จะได้เป็น μ_1 และหาค่าเฉลี่ยระดับสีเทาของส่วน G2 จะได้เป็น μ_2 แล้วนำค่าที่ได้นำมาหาค่า T ตัวใหม่ จะได้ดังสมการที่ (3.6)

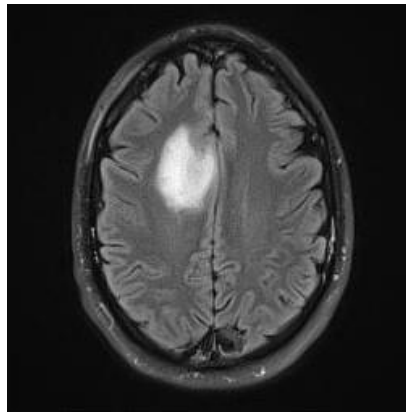
$$T = (\mu_1 + \mu_2) / 2 \quad (3.6)$$

เมื่อได้ค่า T ตัวใหม่จากสมการที่ (3.6) ก็นำค่า T ตัวนี้ไปแบ่งภาพสีเทาออกเป็นสองส่วน คือ G1 และ G2 อีกครั้งหนึ่ง แล้วก็ทำวนซ้ำตามกระบวนการที่ผ่านมาจนกระทั่งค่า T ที่ได้เริ่มที่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังภาพประกอบ 3.8



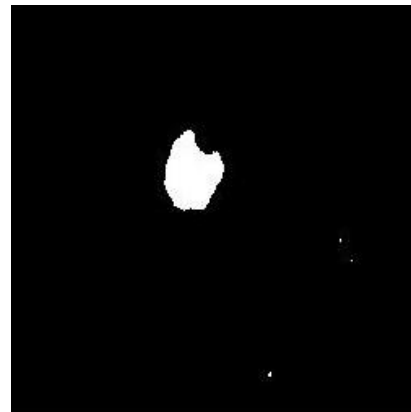
ภาพประกอบ 3.8 แสดงวิธีการหาค่าขีดแบ่งภาพที่เหมาะสม

โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกใช้วิธีการขีดแบ่งภาพแบบอัตโนมัติ โดยนำภาพถ่ายเนื้องอกในสมองชนิดภาพสี แบบทรูคัลเลอร์ นำมาผ่านกระบวนการที่กล่าวมาแล้วในเบื้องต้น จากนั้นก็ได้หาค่าขีดแบ่งภาพตามภาพประกอบ 3.8 เพื่อจะทำการแยกวัตถุที่ต้องการออกจากภาพพื้นหลัง วัตถุที่ต้องการนั้นจะเป็นสีขาว ส่วนวัตถุที่ไม่ต้องการจะอยู่พื้นหลังจะเป็นสีดำ ดังภาพประกอบ 3.9



(ก)

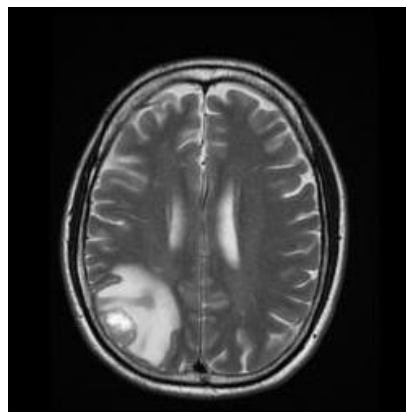
(ก) แสดงภาพเนื้องอกในสมอง



(ข)

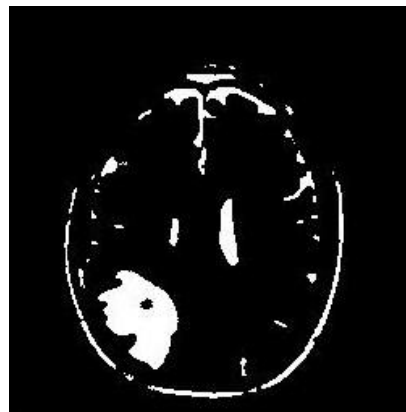
(ข) แสดงภาพเนื้องอกในสมองที่ผ่าน
การขีดแบ่งภาพแบบอัตโนมัติ

ภาพประกอบ 3.9 แสดงภาพก่อน-หลังโดยใช้วิธีการขีดแบ่งภาพแบบอัตโนมัติ ตัวอย่างที่ 1



(ก)

(ก) แสดงภาพเนื้องอกในสมอง



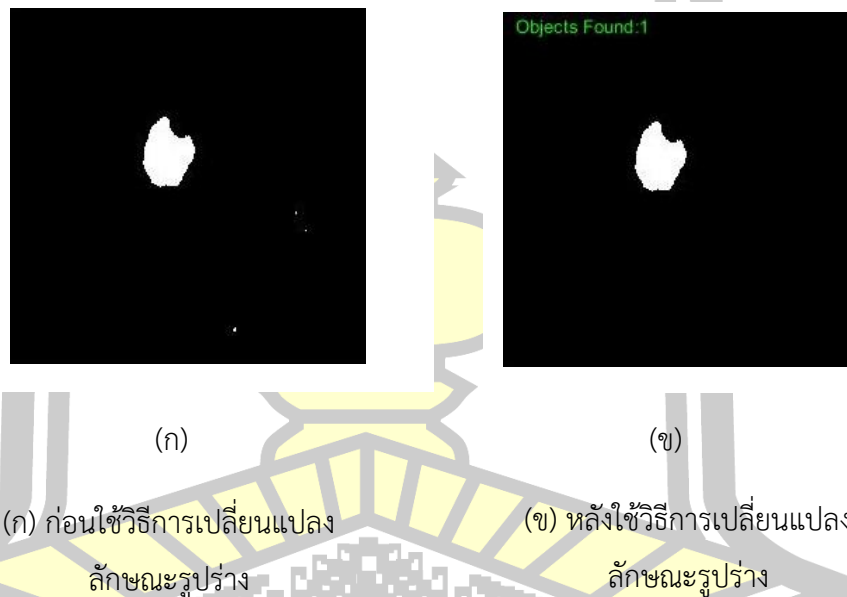
(ข)

(ข) แสดงภาพเนื้องอกในสมองที่ผ่าน
การขีดแบ่งภาพแบบอัตโนมัติ

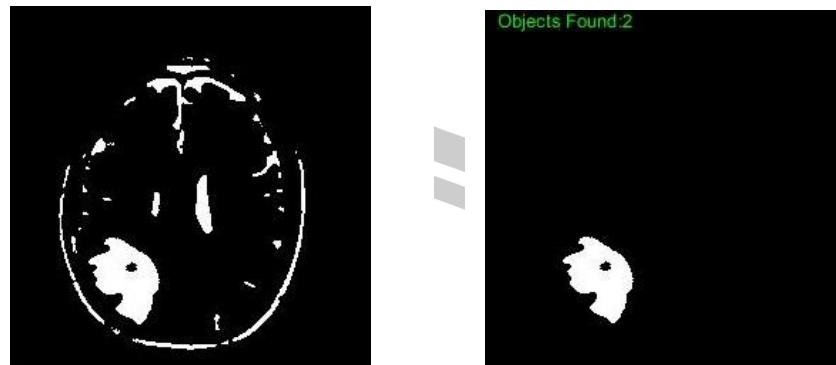
ภาพประกอบ 3.10 แสดงภาพก่อน-หลังโดยใช้วิธีการขีดแบ่งภาพแบบอัตโนมัติ ตัวอย่างที่ 2

3.5 วิธีการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างของภาพ (Morphological Methods)

วิธีการนี้จะใช้ภายหลังวิธีการแบ่งขีดภาพ เนื่องจากวิธีการแบ่งขีดภาพนั้น จะทำการแบ่งกลุ่มในภาพสีเทาให้เป็นสีขาวดำ โดยที่ส่วนพิกเซลของภาพสีเทาที่มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งภาพจะเป็นสีดำ ในทางกลับกัน ถ้าส่วนพิกเซลของภาพสีเทาที่มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งภาพจะเป็นสีขาว ผลของภาพที่ออกมานั้นจะมีทั้งส่วนที่ต้องการและไม่ต้องการปรากฏมาด้วย ดังภาพประกอบ 3.9 ในงานวิจัยนี้จะใช้โอเพอเรชั่น แบบ Opening สามารถทำได้โดยการเรียกฟังก์ชันกระบวนการกัดกร่อนภาพ Erosion แล้วตามด้วยฟังก์ชันกระบวนการขยายภาพ Dilation วิธีการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างของภาพโดยใช้วิธีกัดกร่อนภาพ (Erosion) ก่อนนั้น เพื่อให้ส่วนที่ไม่ต้องการได้ถูกลบออกไปจากภาพที่ต้องการวิเคราะห์ก่อน จากนั้นจึงใช้วิธีการขยายภาพ (Dilation) เพื่อขยายภาพวัตถุที่ต้องการให้กลับมาอยู่ให้ใกล้เคียงขนาดเดิมมากที่สุด ดังภาพประกอบ 11,12



ภาพประกอบ 3.11 แสดงภาพก่อน-หลังโดยใช้วิธีการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง 1



(ก)

(ก) ก่อนใช้วิธีการเปลี่ยนแปลง
ลักษณะรูปร่าง

(ข)

(ข) หลังใช้วิธีการเปลี่ยนแปลง
ลักษณะรูปร่าง

ภาพประกอบ 3.12 แสดงภาพก่อน-หลังโดยใช้วิธีการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง 2

3.6 การวัดประสิทธิภาพ (Evaluation and Performance)

การวัดประสิทธิภาพของระบบหรือกรรมวิธีที่นำเสนอ มีอยู่หลากหลายวิธี โดยวิธีที่นิยมใช้ คือ การวัดค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความจำเพาะ (Specificity) และค่าความไว (Sensitivity) โดยค่าความถูกต้อง คือ อัตราส่วนของจำนวนภาพที่ค้นพบภาพที่มีเนื้องอกในสมองที่ถูกต้องทั้งหมด จากจำนวนภาพที่มีอยู่ สำหรับค่าความจำเพาะ คือ อัตราส่วนของการค้นหาไม่พบเนื้องอกในสมอง และค่าความไว คือ อัตราส่วนของการค้นพบเนื้องอกในสมองจริง ดังนั้นสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปสมการได้ดังสมการที่ 3.7, 3.8 และ 3.9 และสามารถความสัมพันธ์ในการวัดประสิทธิภาพได้ดังตาราง 3.1

ค่าความถูกต้อง (Accuracy: Acc)

$$Acc = \frac{(TP + TN)}{(TP + FP + FN + TN)} \quad (3.7)$$

ค่าความไว (Sensitivity : Se)

$$Se = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (3.8)$$

ค่าความจำเพาะ (Specificity: Sp)

$$Sp = \frac{TN}{(FP + TN)} \quad (3.9)$$

โดย

- TP คือ ภาพถ่ายที่มีเนื้องอกสมองและมีการตรวจพบเนื้องอกสมอง
 FP คือ ภาพถ่ายที่มีเนื้องอกสมองและไม่มีการตรวจพบเนื้องอกสมอง
 FN คือ ภาพถ่ายที่ไม่มีเนื้องอกสมองและมีการตรวจพบเนื้องอกสมอง
 TN คือ ภาพถ่ายที่ไม่มีเนื้องอกสมองและไม่มีการตรวจพบเนื้องอกสมอง

ตาราง 3.1 แสดงการวัดประสิทธิภาพการค้นหาเนื้องอกในสมอง

ผลการทดสอบการตรวจพบเนื้องอกในสมอง		
ชนิดภาพถ่าย	พบ	ไม่พบ
มีเนื้องอก	TP	FP
ไม่มีเนื้องอก	FN	TN
ผลรวมข้อมูล	TP+FP+FN+TN	

พหุบัน ปณฺ ทิโต ชีเว

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

ผลการวิจัยนี้จะกล่าวถึงตัวอย่างของรูปภาพเนื้องอกสมองจากภาพถ่ายชนิด MRI จำนวน 100 ภาพ โดยชุดภาพดังกล่าวได้จากฐานข้อมูลสาธารณะที่สามารถใช้วิเคราะห์ได้ทั่วไป จะมีภาพถ่ายเนื้องอกในสมองและภาพที่วิเคราะห์ส่วนที่เป็นเนื้องอกโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ผู้ที่นำไปใช้สามารถทดสอบเพื่อหาตำแหน่งและขนาดของก้อนเนื้องอกในสมอง

ในส่วนนี้จะแสดงถึงวิธีการแต่ละขั้นตอนตั้งแต่นำภาพเข้ามาประมวลผล ทำการย่อขนาดภาพเพื่อความสะดวกในการประมวลผล ผ่านวิธีการกรองภาพเพื่อกำจัดสิ่งรบกวนในภาพและแปลงภาพสีให้เป็นสีเทา เพื่อจะทำการขีดแบ่งภาพโดยผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ ภาพที่ได้จะเป็นสีขาว-ดำ แล้วผ่านวิธีการมอร์โฟโลยี เพื่อลดส่วนที่ไม่พิจารณาออกจากภาพอีกครั้งหนึ่ง จนผลสุดท้ายได้เป็นภาพที่มีเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้องอกและนำเอาภาพเฉพาะส่วนที่มีเนื้องอกนำไปเปรียบเทียบกับภาพจากฐานข้อมูลที่มีเฉพาะเนื้องอก

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

ในงานวิจัยจะใช้คอมพิวเตอร์ที่มีซีพียู Intel Core i7 2.80GHz หน่วยความจำ 16GB ระบบปฏิบัติการ Windows10 โปรแกรมที่ใช้คือ MATLAB 2016a ใช้ในการประมวลผลภาพทั้งหมด

4.2 ตัวอย่างภาพถ่ายในงานวิจัย

ในงานวิจัยจะใช้ภาพถ่ายที่มีเนื้องอกในสมองเป็นภาพที่ได้จากฐานข้อมูลสาธารณะ จำนวน 100 ภาพ (ที่มา:<https://ncigt.org/>) เนื่องจากภาพฐานข้อมูลเก็บไว้ในรูปของชั้น (Layer) จึงต้องเขียนโปรแกรมเพื่อจะทำการแยกชนิดของภาพแต่ละภาพออกมาใช้งาน จึงได้เขียนโปรแกรมดังนี้

```
clc;
```

```
clear all;
```

```
load('12');
```

```
Image =double(cjdata.image);
```

```
figure(1);imagesc(Image);
```

```
Masktumor = double(cjdata.tumorMask);
```

```
figure(2);imagesc(Masktumor );
```

```
%=====
```

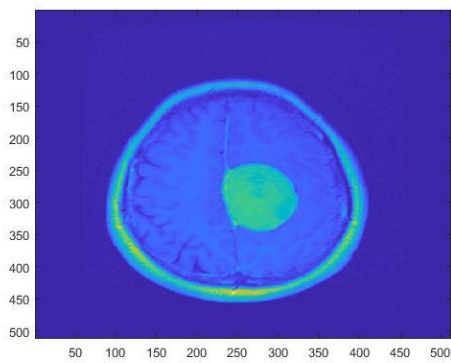
```
Img = mat2gray(Image);
```

```
figure(3);imshow(Img);
```

```
Img1 = mat2gray(Masktumor);
```

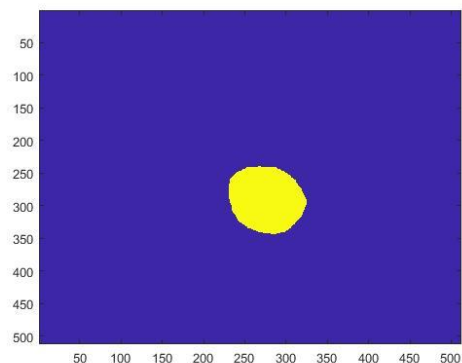
```
figure(4);imshow(Img1);
```

ผลของการรันโปรแกรมจึงได้ผลตามภาพประกอบ 4.1 และ 4.2



(ก)

(ก) ภาพถ่ายสมอง

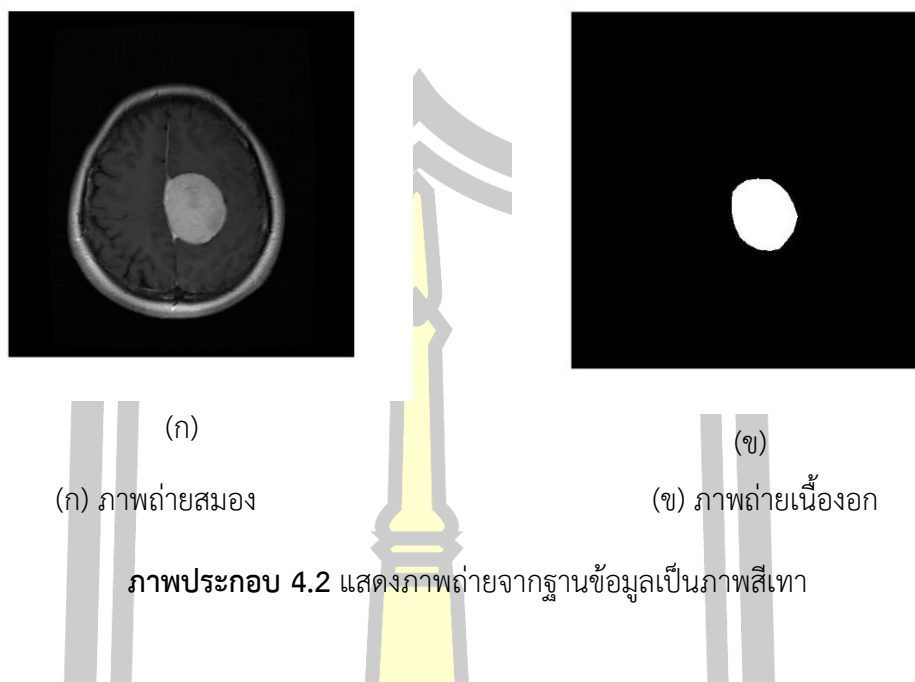


(ข)

(ข) ภาพถ่ายเนื้องอก

ภาพประกอบ 4.1 แสดงภาพถ่ายจากฐานข้อมูลเป็นภาพสี

พหุ ม ปณ ทั โต ชิว



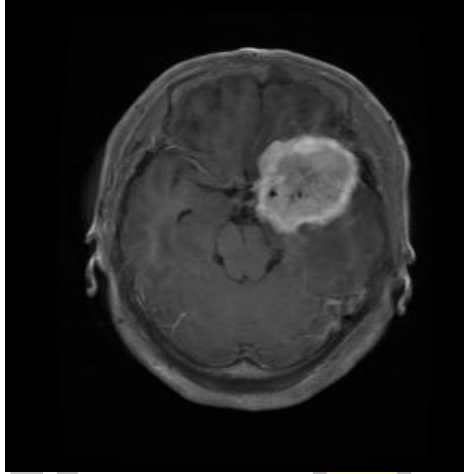
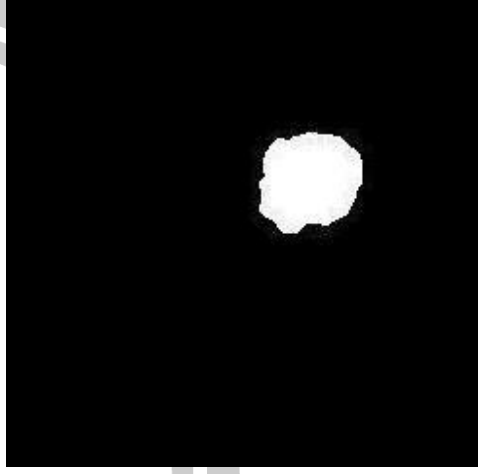
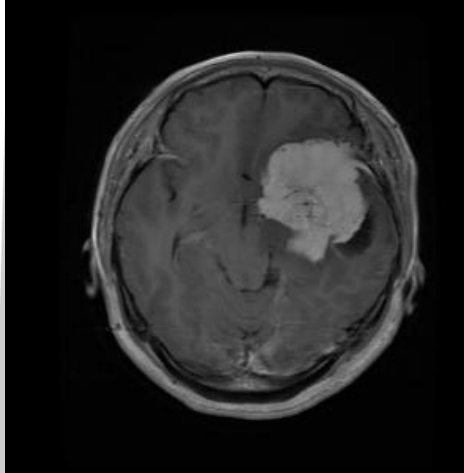
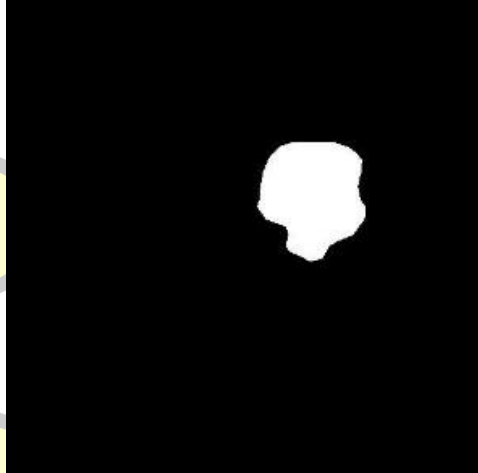
ภาพถ่ายสมองที่มีเนื้องอกจะมีหลายชนิด เช่น T1 weight , T2 weight หรือ FLAIR ในงานวิจัยนี้ได้เลือกภาพถ่ายชนิด T2 weight เนื่องจากภาพเป็นลักษณะภาพที่สามารถบ่งชี้รอยโรคที่เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อต่างๆได้ดี เนื่องจากในส่วนที่เป็นก้อนเนื้อหรือน้ำจะทำให้เกิดเป็นสีขาวขึ้นในภาพ ในกรณีที่มีการอักเสบเป็นก้อนเนื้อหรือบวมน้ำของเนื้อเยื่อประสาท จึงสามารถตรวจพบได้ง่าย ดังแสดงในตาราง 4.1

4.3 การหาค่าแห่งเนื้องอกในสมอง

ในขั้นตอนแรกจะนำรูปภาพจากฐานข้อมูลสาธารณะมาประมวลผล โดยการลดขนาดและกรองภาพโดยเอาสิ่งที่เจือปนในรูปภาพออกโดยใช้การกรองแบบเกาส์เซียนฟิลเตอร์โดยเพิ่มวิธีการทำวนลูบซ้ำได้ ดังแสดงใน ตาราง 4.2 ถึง 4.6

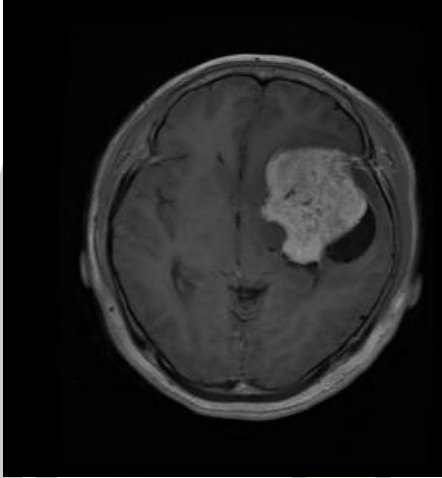
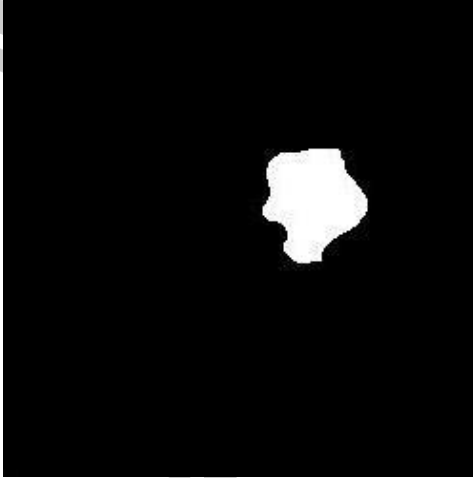
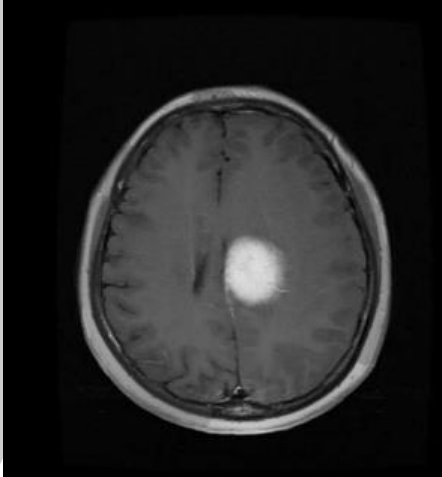
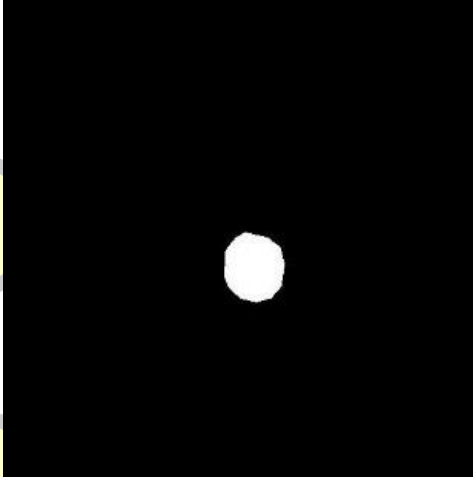
พหุบัณฑิต ชีวะ

ตาราง 4.1 แสดงตัวอย่างภาพจากฐานข้อมูล

ตัวอย่าง	ภาพที่นำเข้า	ภาพที่มีเนื้องอก
1		
2		

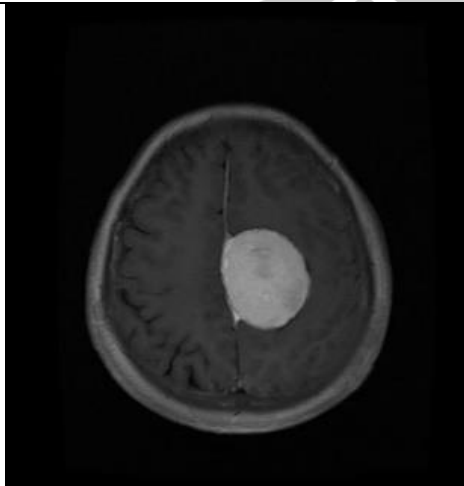
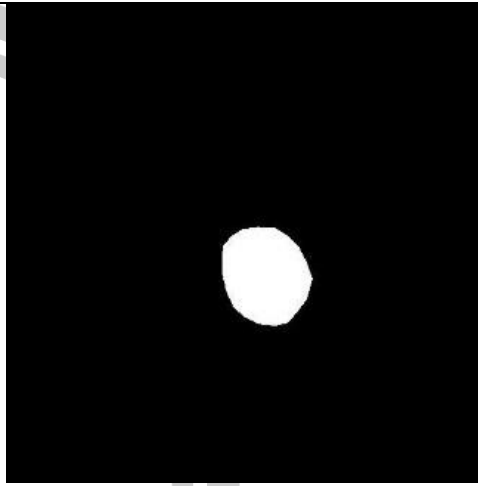


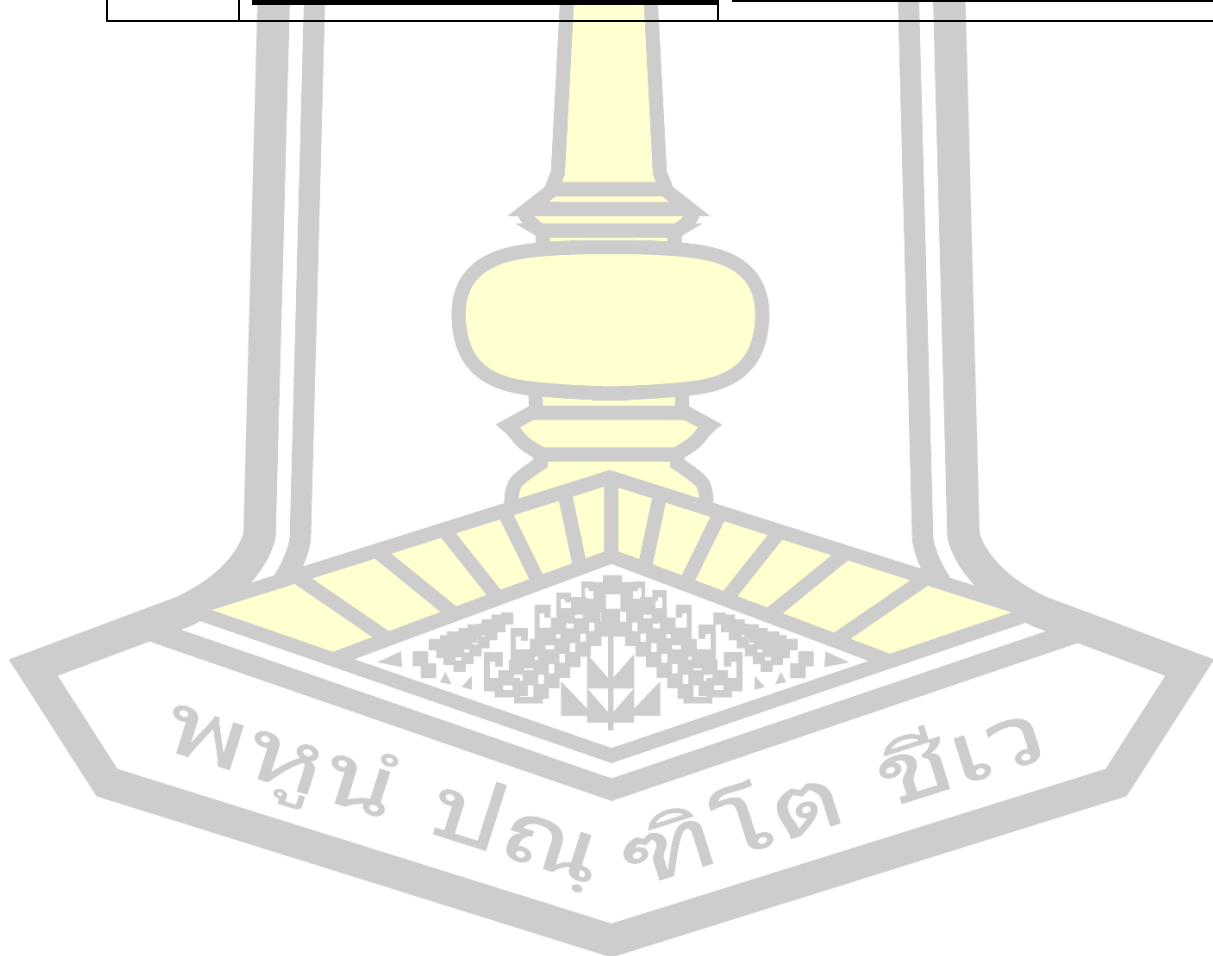
ตาราง 4.1 แสดงตัวอย่างภาพจากฐานข้อมูล (ต่อ)

ตัวอย่าง	ภาพที่นำเข้า	ภาพที่มีเงือก
3		
4		

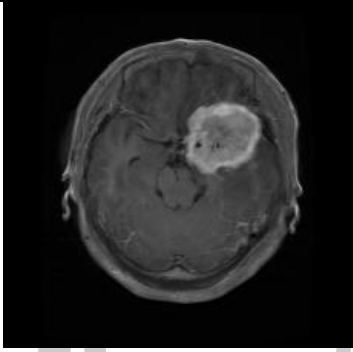
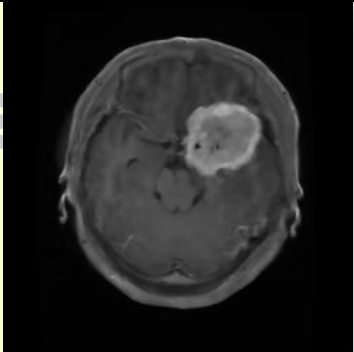
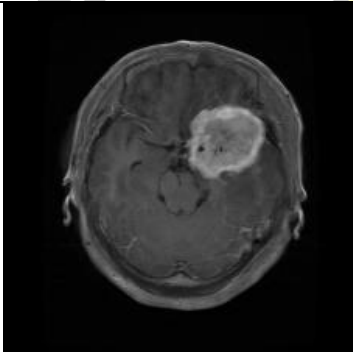
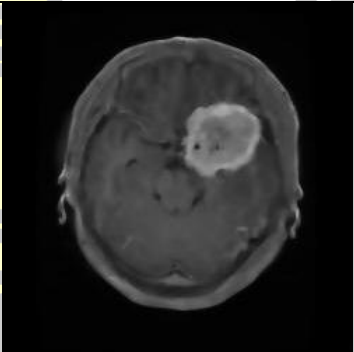
พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตาราง 4.1 แสดงตัวอย่างภาพจากฐานข้อมูล (ต่อ)

ตัวอย่าง	ภาพที่นำเข้า	ภาพที่มีเงือก
5		

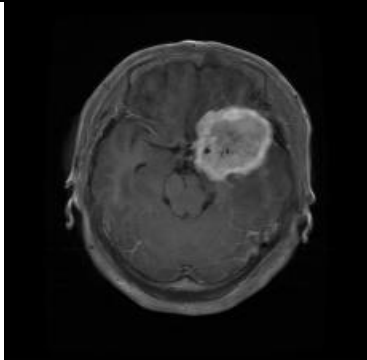
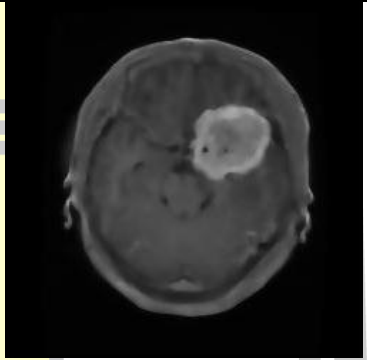
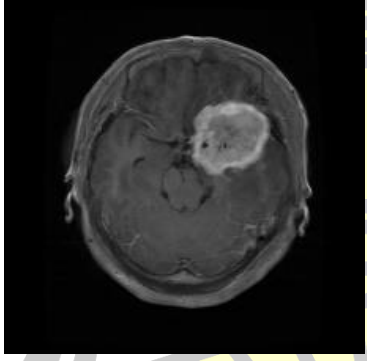
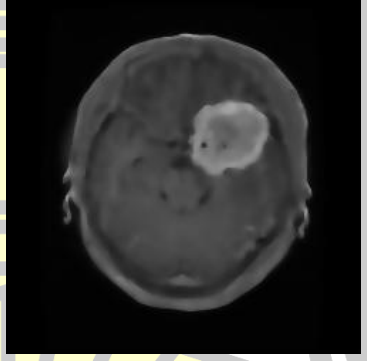


ตาราง 4.2 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 1

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
2			2147	2104
4			2147	1983

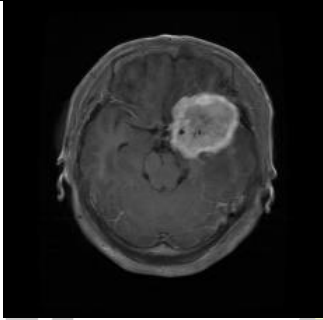
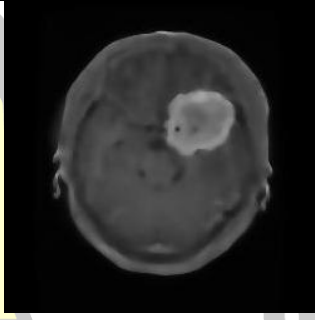
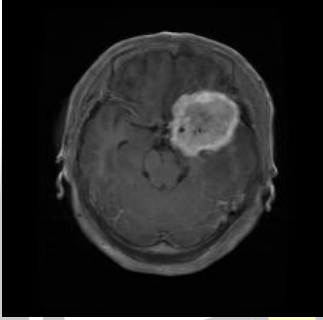
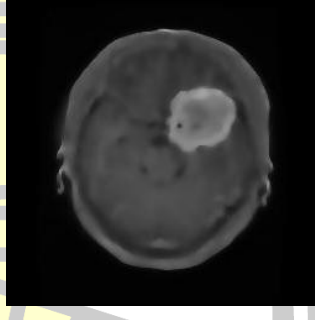


ตาราง 4.2 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 1 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
6			2147	2055
8			2147	2056

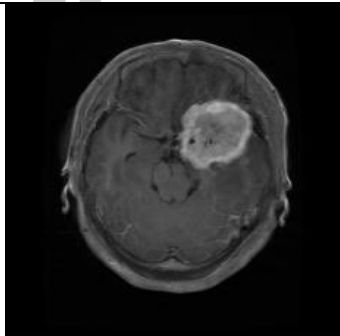
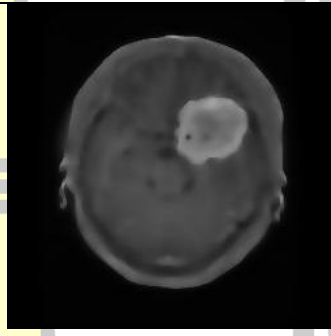


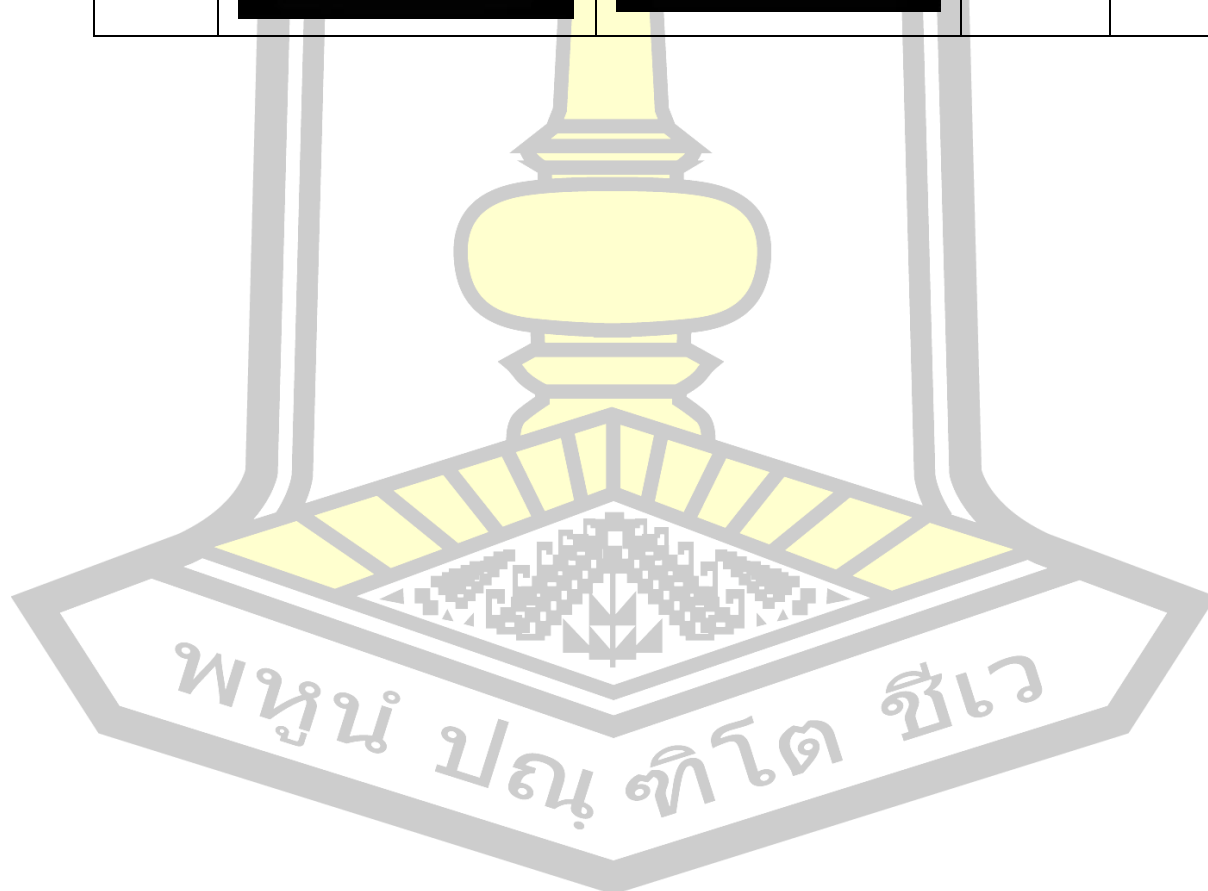
ตาราง 4.2 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 1 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้อ งอก จาก ฐานข้อ มูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
10			2147	2133
12			2147	2253

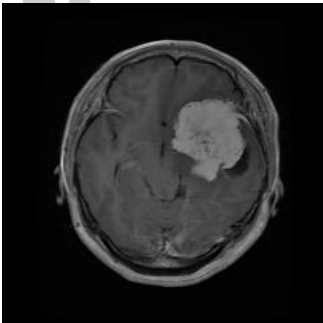
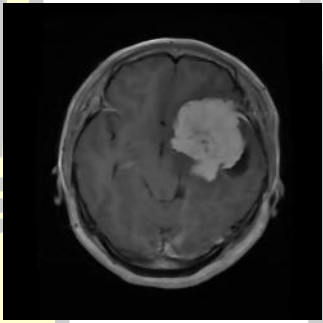
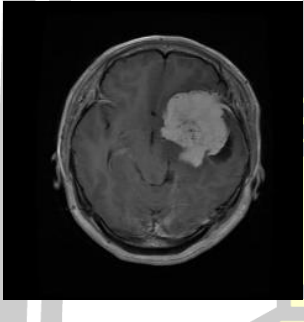
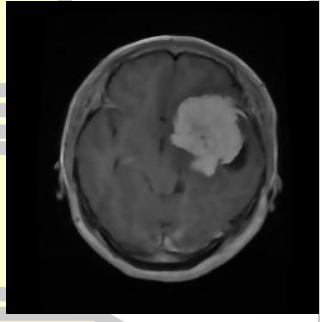


ตาราง 4.2 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 1 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่าพิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
14			2147	2232

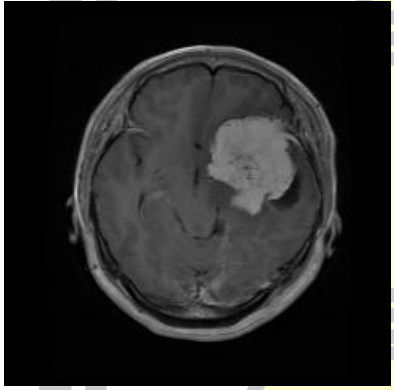
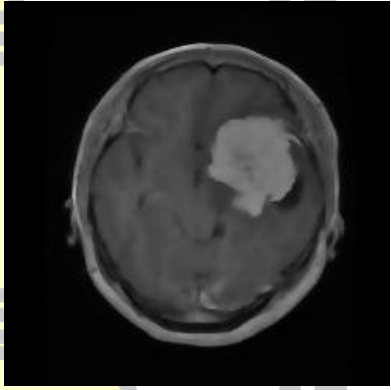
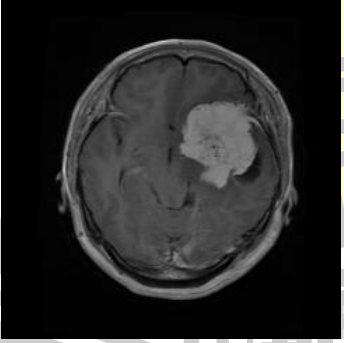
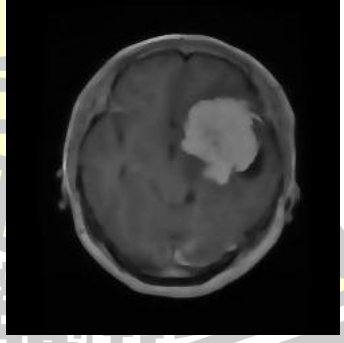


ตาราง 4.3 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 2

ค่าการวนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่าพิกเซลเนื้องอกจากฐานข้อมูล	ค่าพิกเซลเนื้องอกจากการทดลอง
2			2768	2260
4			2768	2520

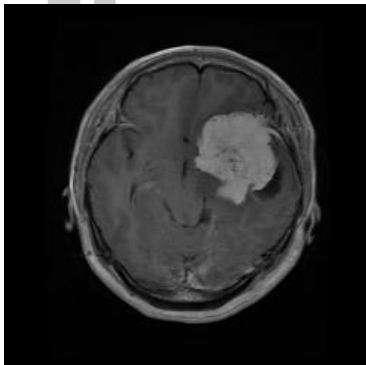
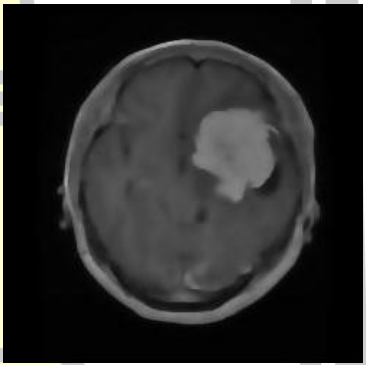
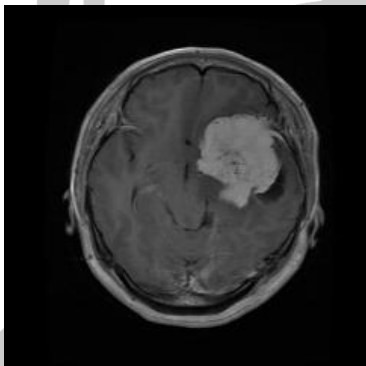
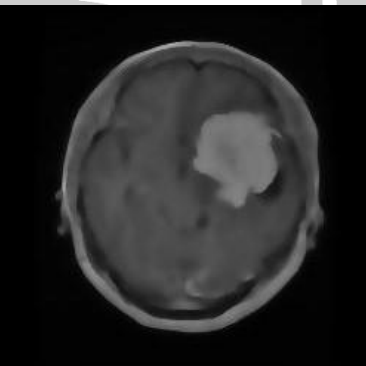


ตาราง 4.3 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 2 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่าพิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้อ งอก จาก การ ทดลอง
6			2768	2602
8			2768	2702

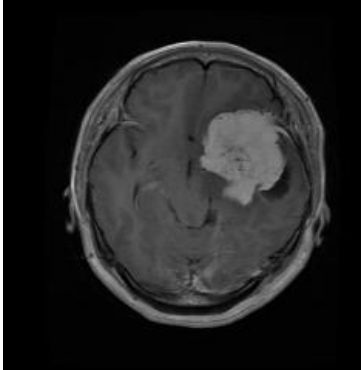
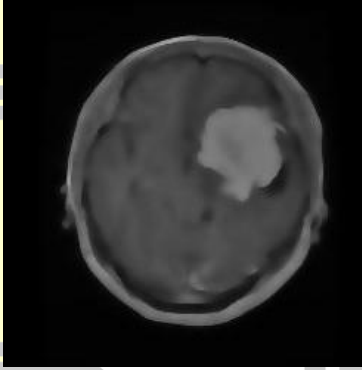
พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตาราง 4.3 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 2 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
10			2768	2720
12			2768	2703

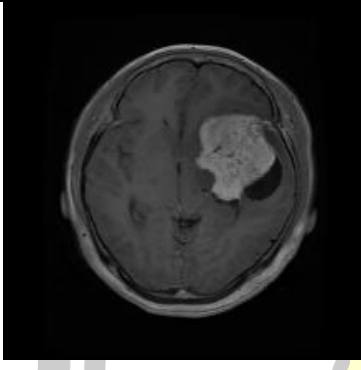
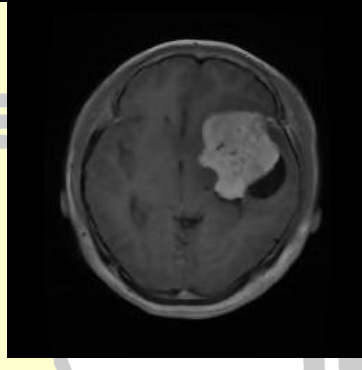
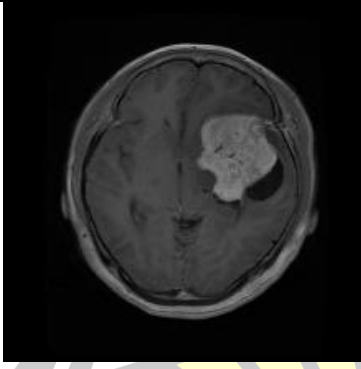
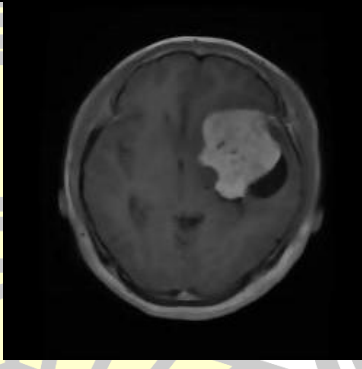
พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

ตาราง 4.3 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 2 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
14			2768	2707

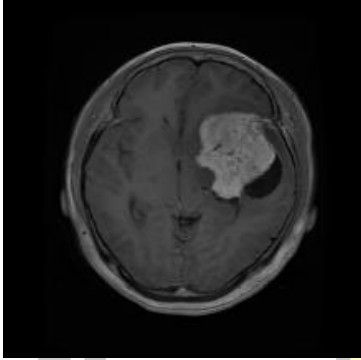
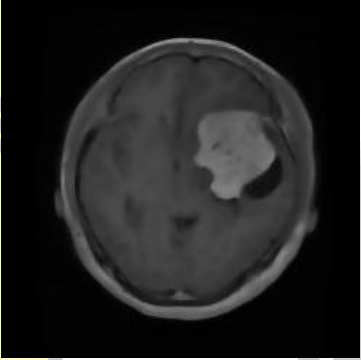
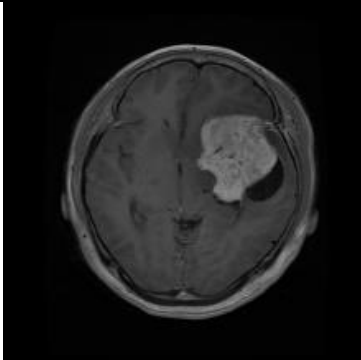
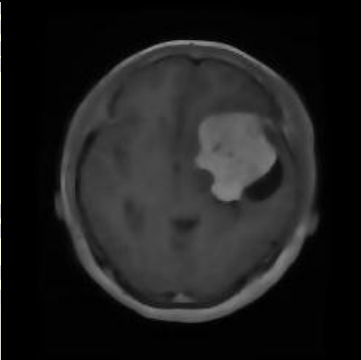


ตาราง 4.4 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 3

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
2			2752	2585
4			2752	2698

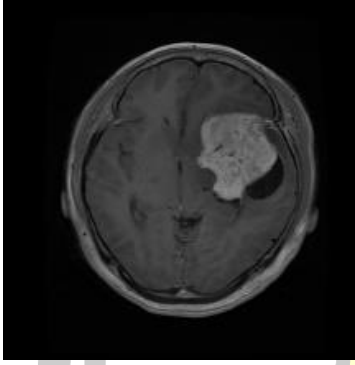
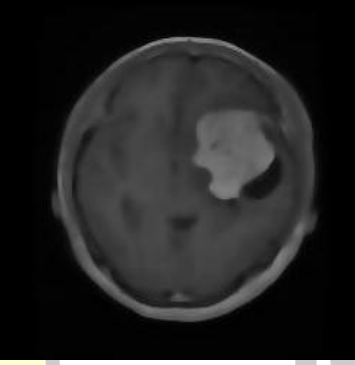
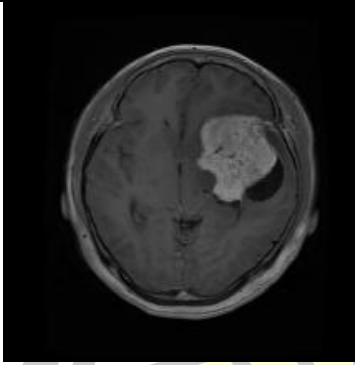
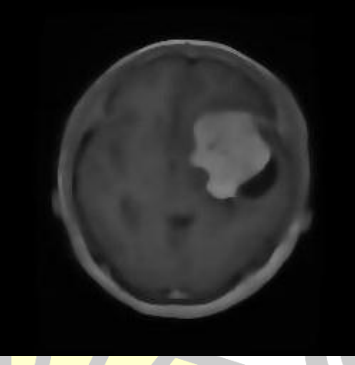


ตาราง 4.4 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 3 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
6			2752	2686
8			2752	2732

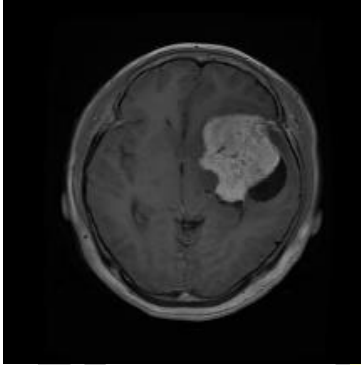
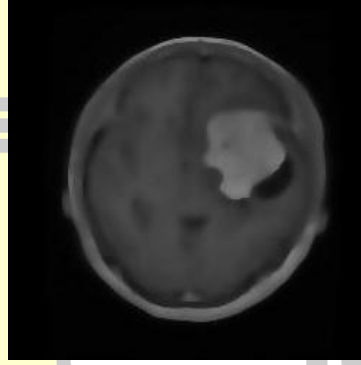


ตาราง 4.4 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 3 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
10			2752	2774
12			2752	2772

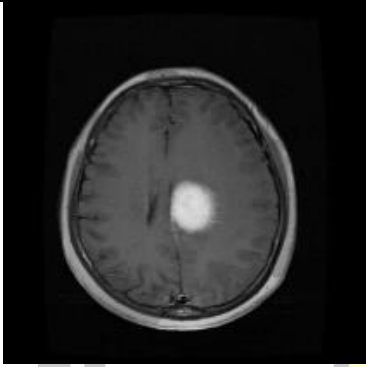
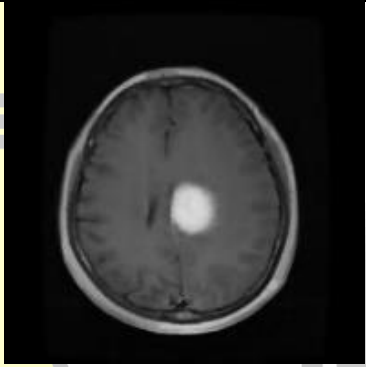
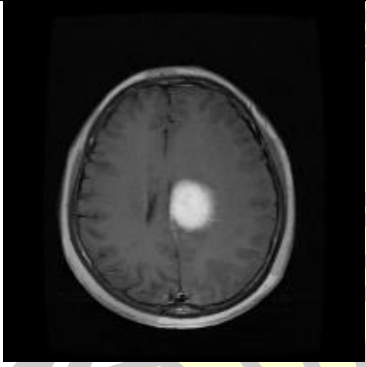
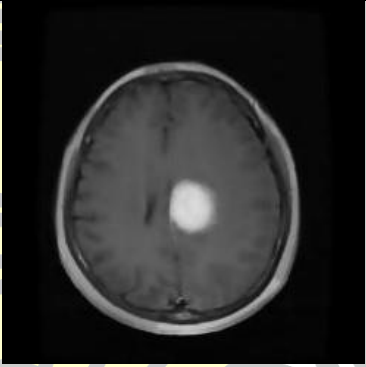


ตาราง 4.4 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 3 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
14			2752	2831

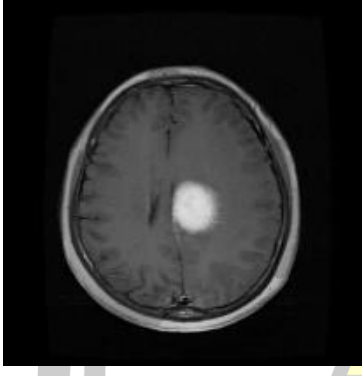
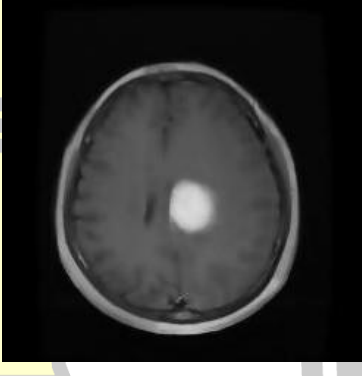
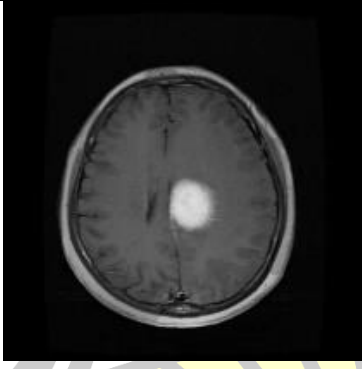
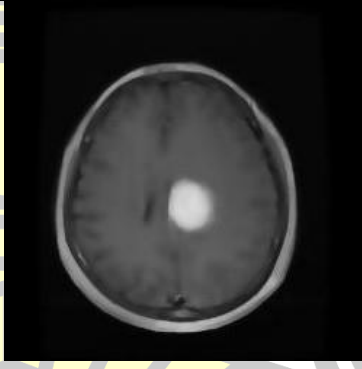


ตาราง 4.5 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 4

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อ มูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
2			868	836
4			868	846

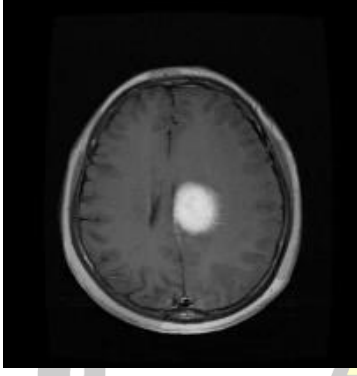
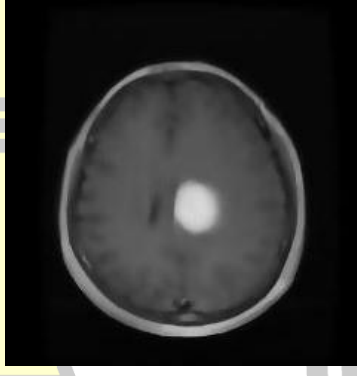
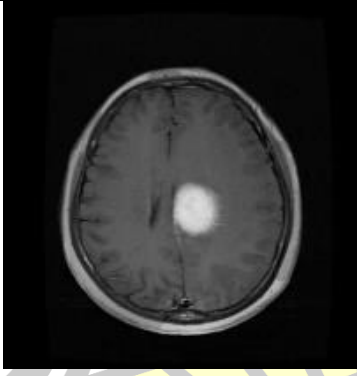
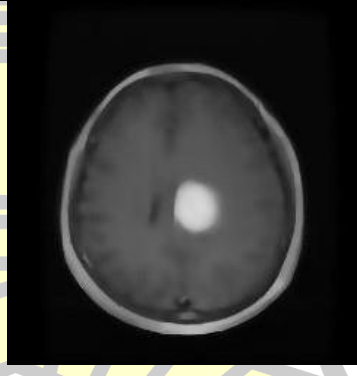


ตาราง 4.5 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 4 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
6			868	862
8			868	867

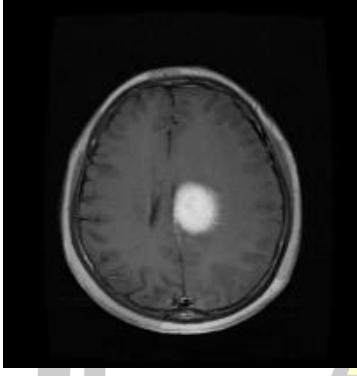
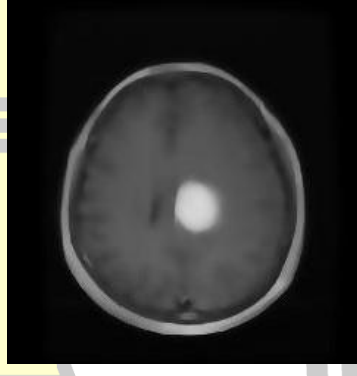


ตาราง 4.5 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 4 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
10			868	866
12			868	876

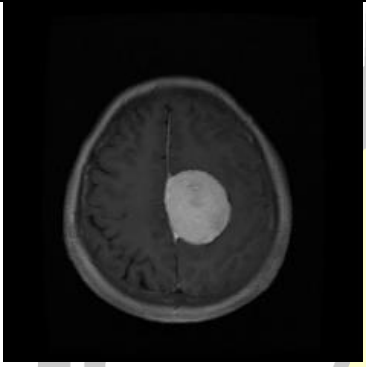
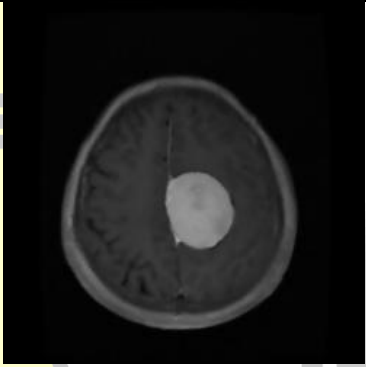
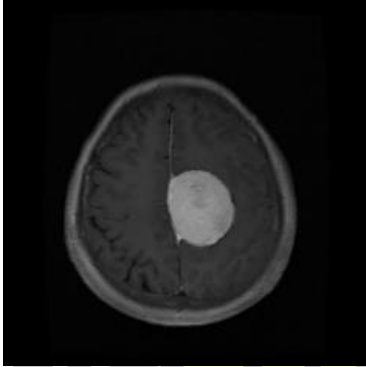
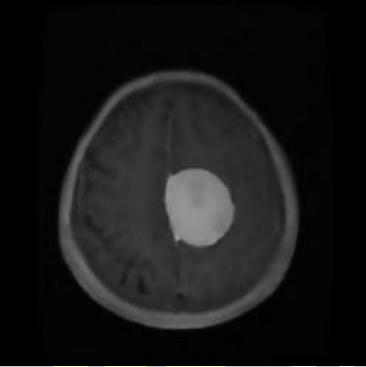


ตาราง 4.5 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 4 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
14			868	879

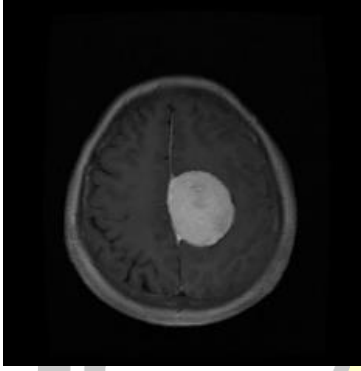
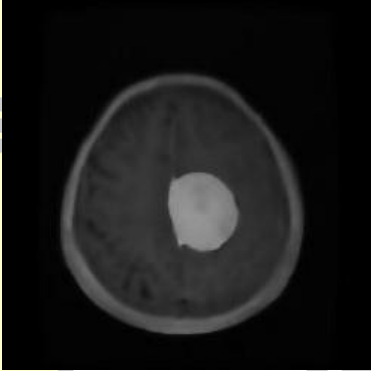
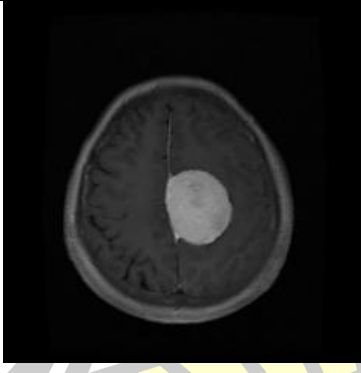
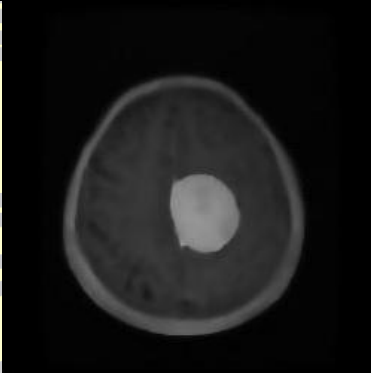


ตาราง 4.6 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 5

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
2			1889	1853
4			1889	1871

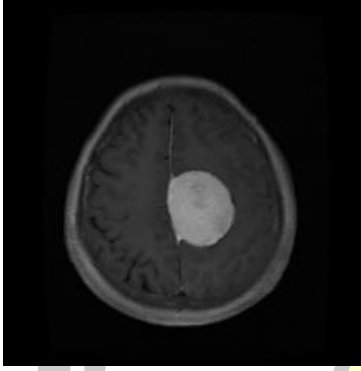
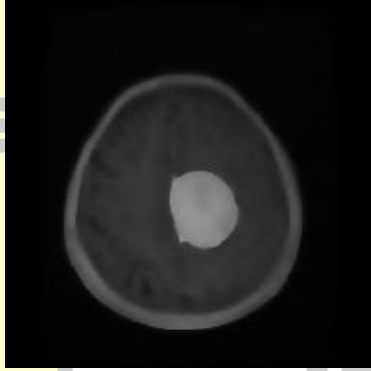
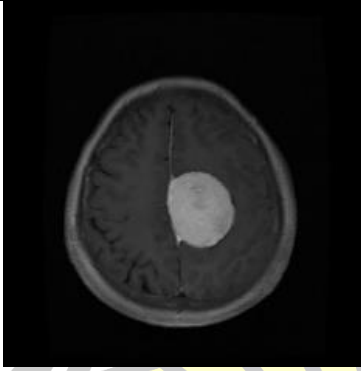
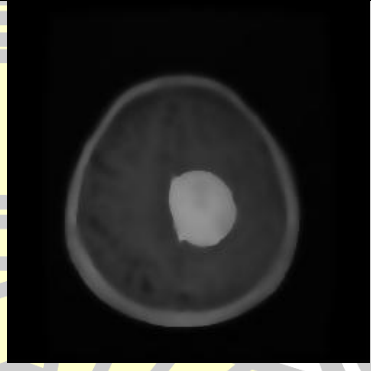


ตาราง 4.6 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 5 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
6			1889	1881
8			1889	1893

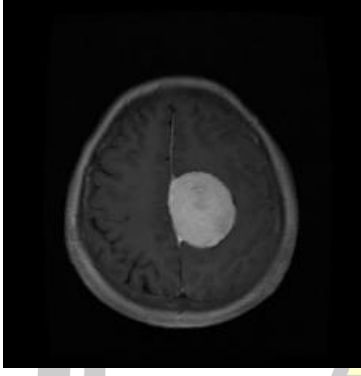
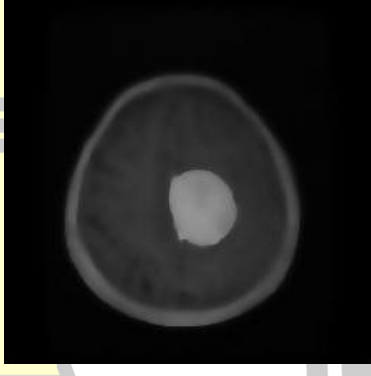


ตาราง 4.6 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 5 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
10			1889	1895
12			1889	1896



ตาราง 4.6 แสดงการกรองภาพเนื้องอกในสมอง ข้อมูลชุดที่ 5 (ต่อ)

ค่าการ วนรอบ	ภาพสมองฐานข้อมูล	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ค่า พิกเซล เนื้องอก จาก ฐานข้อมูล	ค่า พิกเซล เนื้องอก จากการ ทดลอง
14			1889	1898



จากตาราง 4.2 – 4.6 เป็นการนำเอาภาพเนื้องอกสมองในฐานะข้อมูลสาธารณะเข้ามาประมวลผล ปรับค่าสีและลดขนาดลง เพื่อสะดวกในการวิจัย จากนั้นผ่านขบวนการกรองภาพโดยเอาสิ่งที่รบกวนในภาพออก ในงานวิจัยใช้การกรองแบบเกาส์เซียนฟิลเตอร์โดยเพิ่มวิธีการทำวนลูบซ้ำได้ เพื่อให้ภาพเนื้องอกสมองมีสิ่งรบกวนให้น้อยที่สุด จากการศึกษาทดลองเพื่อที่จะหาค่าทำซ้ำในการกรองภาพเนื้องอกสมอง จะทดลองการวนซ้ำมีค่าตั้งแต่ 2,4,6,8,10,12 และ 14 ดังแสดงในตาราง 4.2 ถึง 4.6 จะเห็นว่าค่าการวนซ้ำที่ 10 จะให้ค่าพิกเซลของเนื้องอกจากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับพิกเซลของเนื้องอกที่ได้จากภาพฐานข้อมูลสาธารณะ จึงเลือกค่านี้ทำการทดลองกับข้อมูลภาพทั้งหมด 100 ภาพ

เมื่อนำภาพที่ได้ที่ผ่านการกรองภาพแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการขีดแบ่งภาพหรือเทรตโฮลด์ โดยรูปภาพจะนำมาประมวลผลจะอยู่ในรูปภาพระดับสีเทา จะมีค่าสีแต่ละพิกเซลอยู่ในช่วง 0 ถึง 255 (256 ระดับ) ค่า 0 คือค่าสีดำและค่า 255 คือค่าสีขาว ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการ Optimum Thresholding ผลของการขีดแบ่งภาพด้วยวิธีนี้จะแสดงในตาราง 4.7

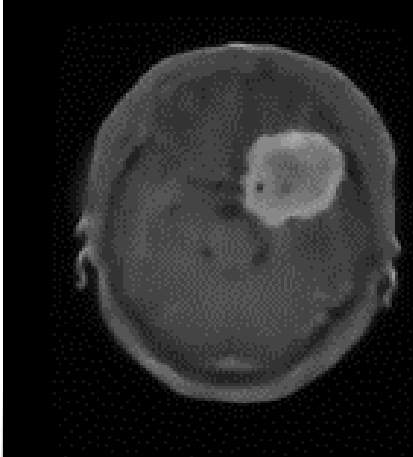

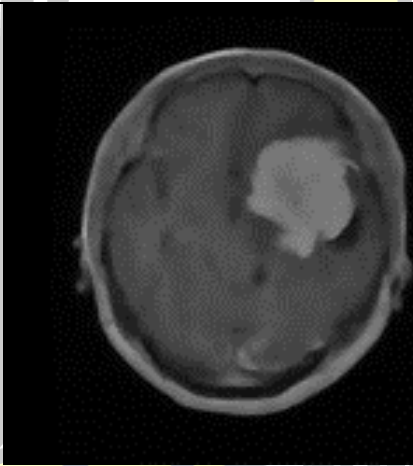

จากตาราง 4.7 เมื่อผ่านขบวนการขีดแบ่งภาพ จะมีทั้งส่วนที่เป็นเนื้องอก ส่วนกระดูก และส่วนอื่นๆรวมอยู่ในภาพเดียวกัน โดยค่าการขีดแบ่งภาพแต่ละภาพจะมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับระดับสีและจำนวนพิกเซลของระดับสีของภาพสีเทา เมื่อถูกขีดแบ่งภาพ รูปภาพเนื้องอกสมองที่เป็นภาพระดับสีเทาจะเปลี่ยนเป็นภาพแบบสีขาว-ดำ ค่าระดับสีเทาที่ต่ำกว่าค่าขีดแบ่งภาพจะเป็นสีดำ ส่วนค่าระดับสีเทาที่สูงกว่าค่าขีดแบ่งภาพจะเป็นขาว

ในการตรวจสอบว่าในรูปภาพส่วนใดควรที่จะเป็นเนื้องอกทำโดยการตรวจสอบความหนาแน่นของพิกเซลที่เป็นกลุ่ม จากนั้นก็จะทำการ Bounding Box ในส่วนที่เป็นเนื้องอก ดังแสดงในตาราง 4.8

จากตาราง 4.8 แสดงภาพเนื้องอกสมองที่ผ่านขบวนการ Bounding Box จะเป็นการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมรอบส่วนที่เป็นส่วนของเนื้องอกในภาพถ่ายสมอง เพื่อที่จะคงรูปภาพนี้ไว้ และทำการขจัดพิกเซลส่วนอื่นที่ไม่พิจารณาออกจากภาพ

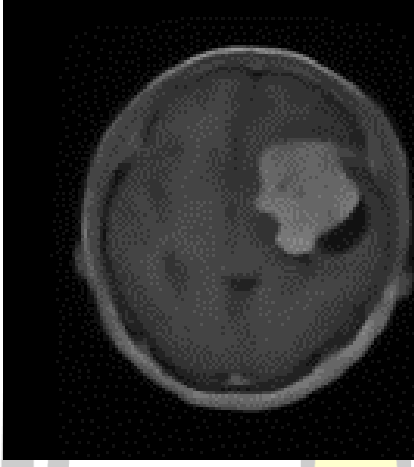
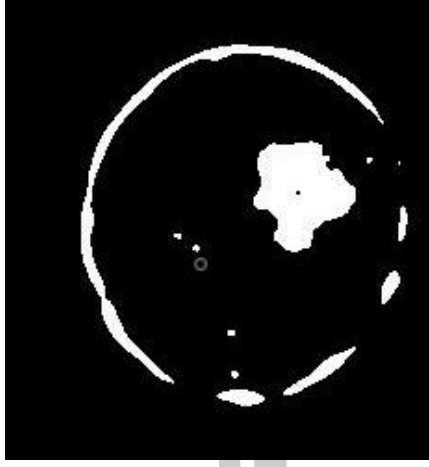
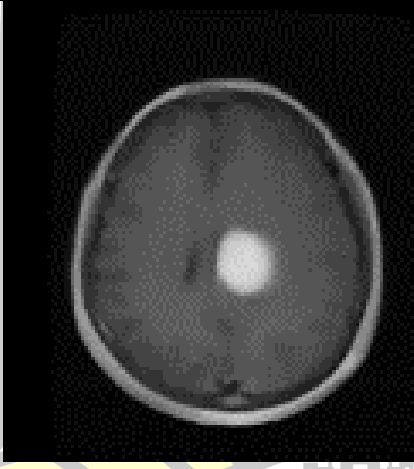
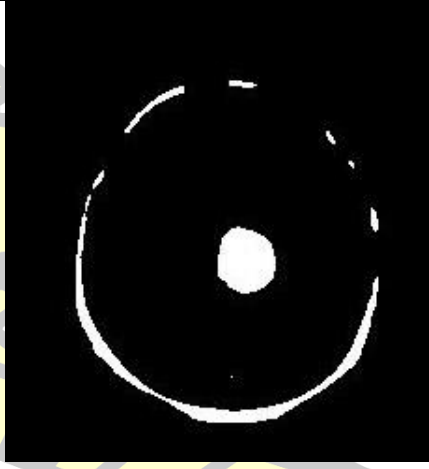
โดยขั้นตอนต่อไปจะเป็นขั้นตอนเปลี่ยนแปลงสัณฐานของรูปภาพหรือ Morphology โดยเป็นการทำภาพแบบ Opening สามารถทำได้โดยการเรียกฟังก์ชันกระบวนการย่อภาพ Erosion แล้วตามด้วยกระบวนการขยายภาพ Dilation ดังแสดงในตาราง 4.9

ตาราง 4.7 แสดงรูปภาพสมองผ่านวิธีการขีดแบ่งภาพแบบเหมาะสม

ภาพจาก ฐานข้อมูล (ตัวอย่าง)	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ภาพสมองผ่านการขีดแบ่งภาพ	ค่าการ ขีดแบ่ง ภาพ
1			99
2			101

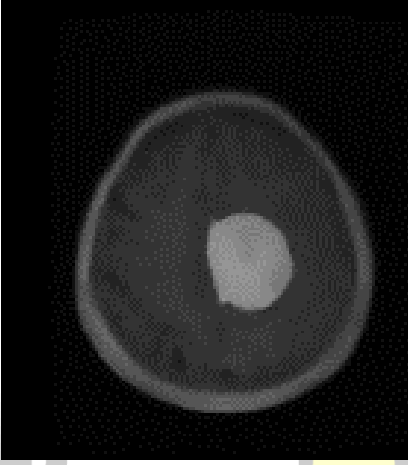

พูนัน ปณฺ ทิโต ชีเว

ตาราง 4.7 แสดงรูปภาพสมองผ่านวิธีการขีดแบ่งภาพแบบเหมาะสม (ต่อ)

ภาพจาก ฐานข้อมูล (ตัวอย่าง)	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ภาพสมองผ่านการขีดแบ่งภาพ	ค่าการ ขีดแบ่ง ภาพ
3			82
4			127


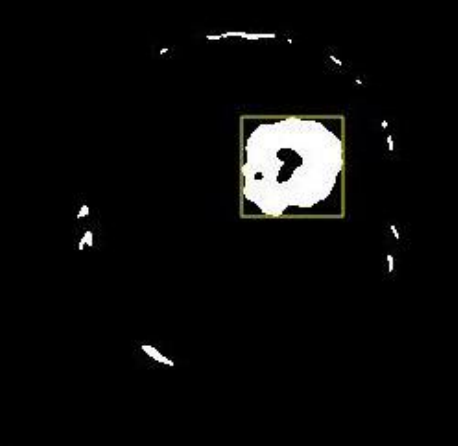
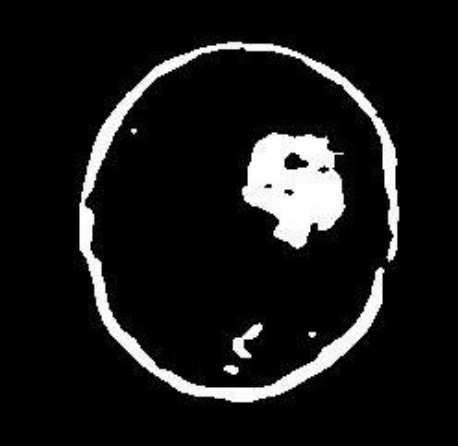
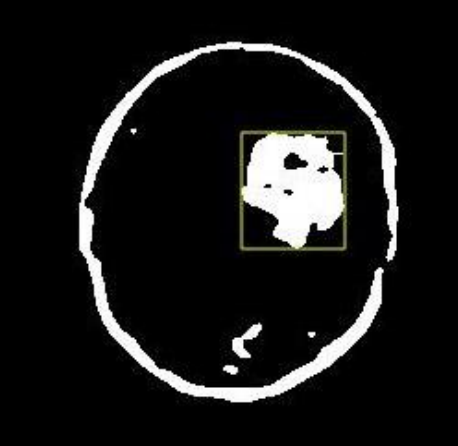


ตาราง 4.7 แสดงรูปภาพสมองผ่านวิธีการขีดแบ่งภาพแบบเหมาะสม (ต่อ)

ภาพจาก ฐานข้อมูล (ตัวอย่าง)	ภาพสมองผ่านการกรองภาพ	ภาพสมองผ่านการขีดแบ่งภาพ	ค่าการ ขีดแบ่ง ภาพ
5			93

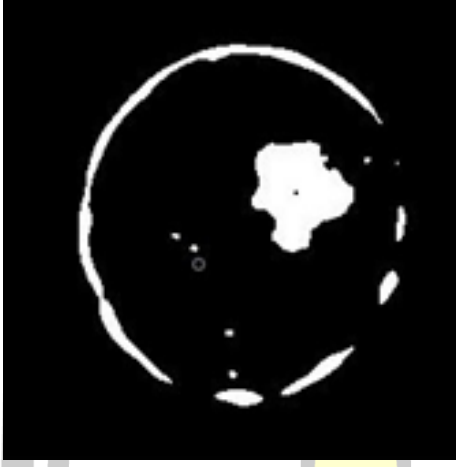
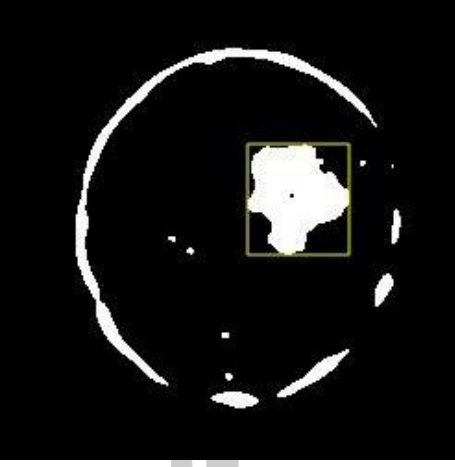
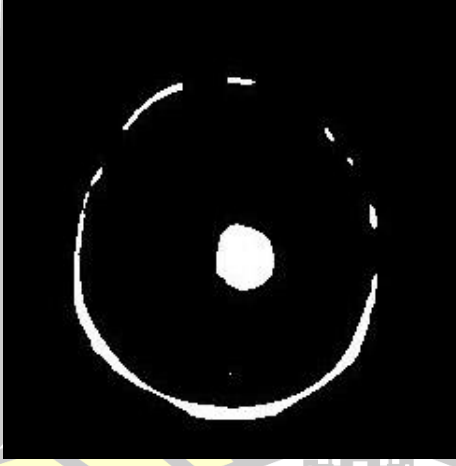
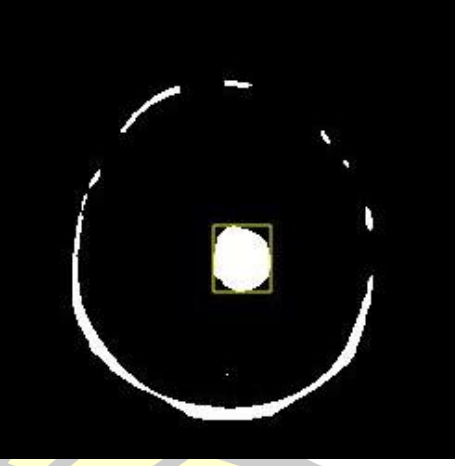


ตาราง 4.8 แสดงภาพเนื้องอกสมองด้วยขบวนการ Bounding Box

ภาพจาก ฐานข้อมูล (ตัวอย่าง)	ภาพสมองผ่านการขีดแบ่งภาพ	ภาพสมองผ่านการ Bounding Box
1		
2		

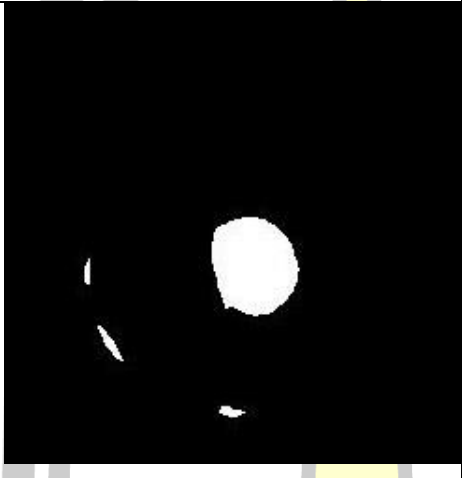
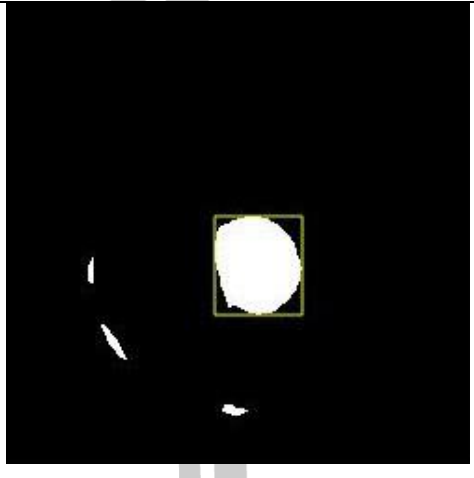
พูนัน ปณฺ ทิโต ชีเว

ตาราง 4.8 แสดงภาพเนื้องอกสมองด้วยขบวนการ Bounding Box (ต่อ)

ภาพจาก ฐานข้อมูล (ตัวอย่าง)	ภาพสมองผ่านการขีดแบ่งภาพ	ภาพสมองผ่านการ Bounding Box
3		
4		

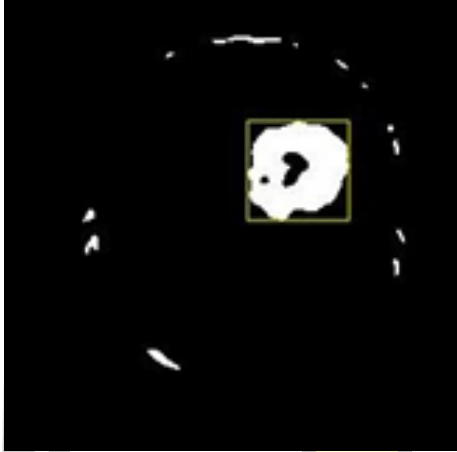
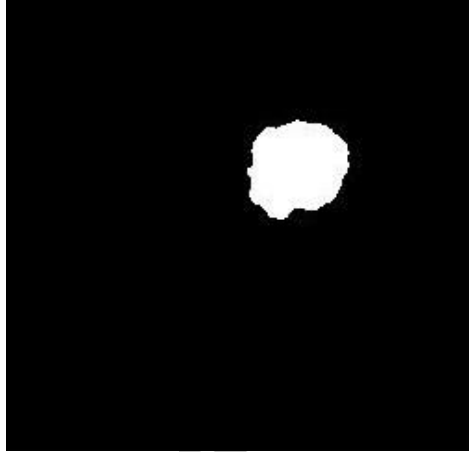

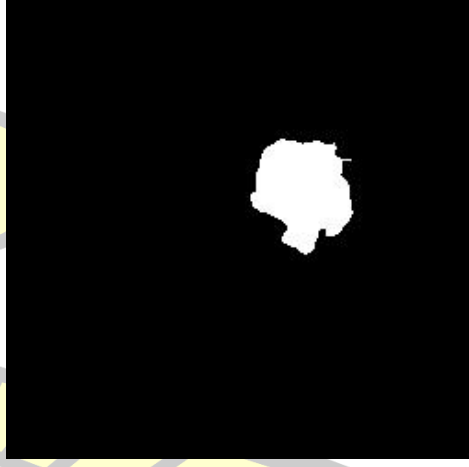


ตาราง 4.8 แสดงภาพเนื้องอกสมองด้วยขบวนการ Bounding Box (ต่อ)

ภาพจาก ฐานข้อมูล (ตัวอย่าง)	ภาพสมองผ่านการขีดแบ่งภาพ	ภาพสมองผ่านการ Bounding Box
5		

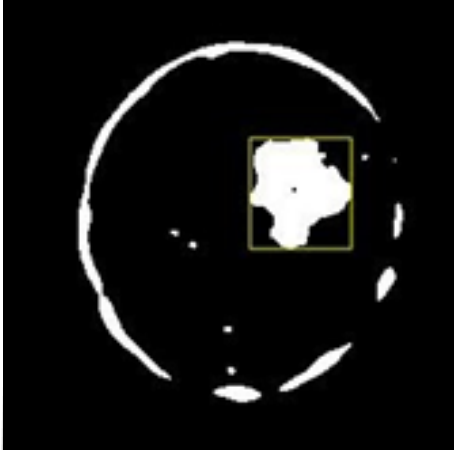
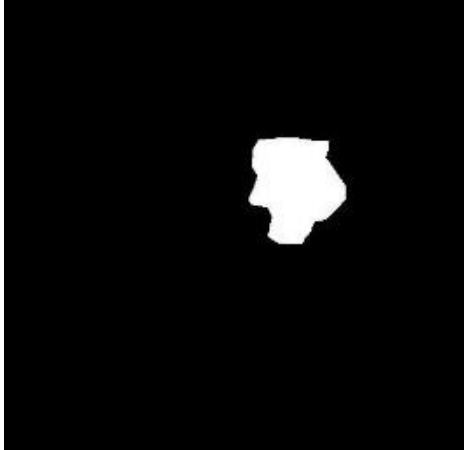
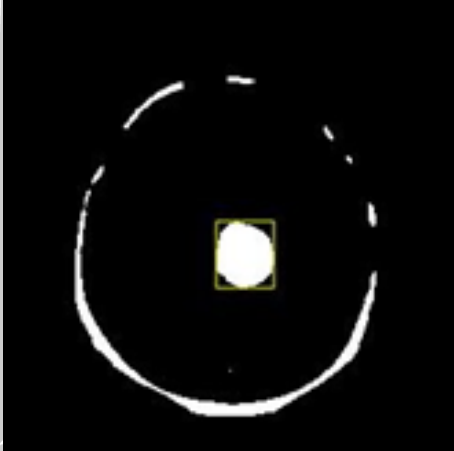
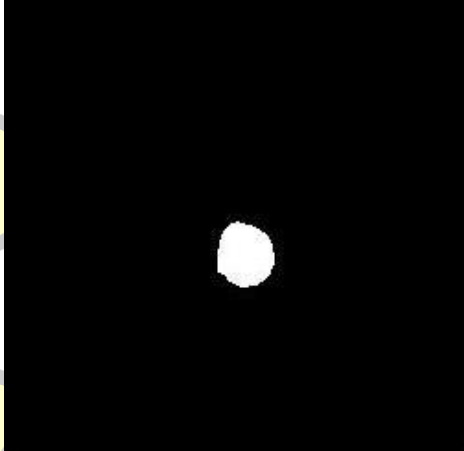


ตาราง 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัณฐานของภาพถ่ายเนื้องอกสมอง

ภาพจาก ฐานข้อมูล (ตัวอย่าง)	ภาพเนื้องอกสมองผ่านวิธีการ Bounding Box	ภาพเนื้องอกสมองผ่านวิธีการ Morphology
1		
2		

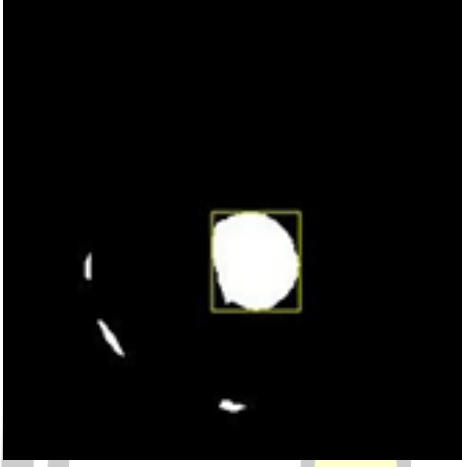
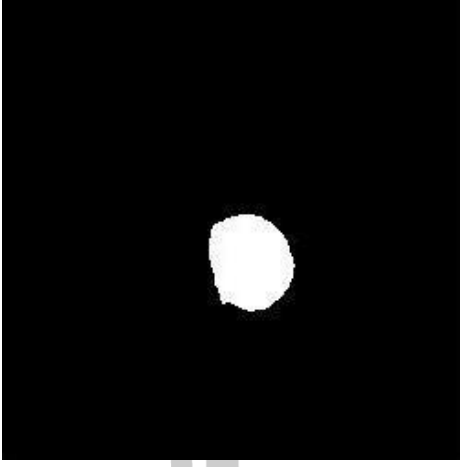


ตาราง 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัณฐานของภาพถ่ายเนื้องอกสมอง (ต่อ)

ภาพจาก ฐานข้อมูล (ตัวอย่าง)	ภาพเนื้องอกสมองผ่านวิธีการ Bounding Box	ภาพเนื้องอกสมองผ่านวิธีการ Morphology
3	 A grayscale brain MRI slice showing a central lesion. A yellow bounding box is drawn around the lesion.	 A binary image where the lesion is represented as a white shape on a black background.
4	 A grayscale brain MRI slice showing a central lesion. A yellow bounding box is drawn around the lesion.	 A binary image where the lesion is represented as a white shape on a black background.



ตาราง 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัณฐานของภาพถ่ายเนื้องอกสมอง (ต่อ)

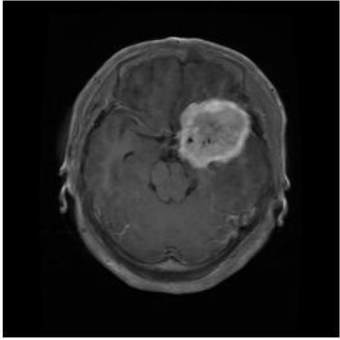
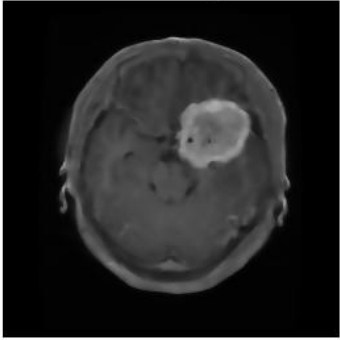
ภาพจาก ฐานข้อมูล (ตัวอย่าง)	ภาพเนื้องอกสมองผ่านวิธีการ Bounding Box	ภาพเนื้องอกสมองผ่านวิธีการ Morphology
5		




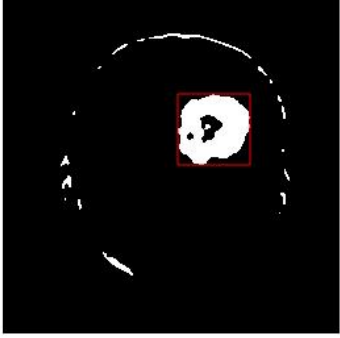

จากตาราง 4.9 จะเห็นว่ากระบวนการเปลี่ยนแปลงสัญญาณภาพหรือมอร์โฟโลยีชนิดโอเพอร์เรชันแบบ Opening ชั้นแรกโดยการทำการลดภาพ (Erosion) ซึ่งผลลัพธ์ของการลดภาพนั้นจะได้โครงสร้างภาพที่มีลักษณะเล็กลง จะทำให้เห็นโครงสร้างของภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้นและส่วนที่ไม่ต้องการก็จะหายไป ชั้นต่อมากระบวนการทำการขยายภาพ (Dilation) จะเป็นกระบวนการที่ช่วยขยายโครงสร้างและองค์ประกอบของภาพให้กลับมาเท่าเดิมอีกครั้ง จึงได้ภาพที่ต้องการและส่วนที่ไม่ต้องการก็ถูกขจัดออกไป

ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจถึงการทำงานทั้งกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด จะได้ผลลัพธ์ที่มีเฉพาะภาพที่มีเนื้องอกสมองอย่างเดียว ดังตาราง 4.10 ถึง 4.15

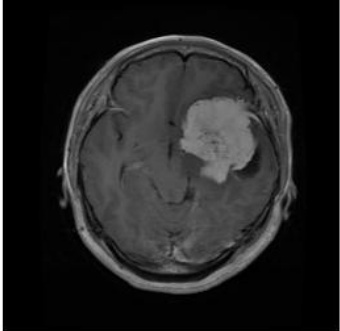
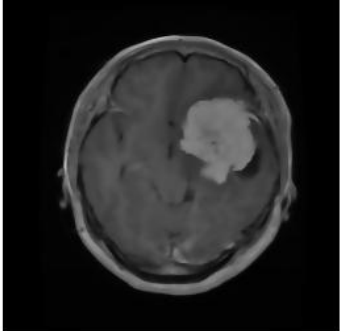

ตาราง 4.10 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 1

ขบวนการ	ผลที่ได้
Input Image	<p>Input image</p> 
Filter, Resize	<p>Filter image</p> 

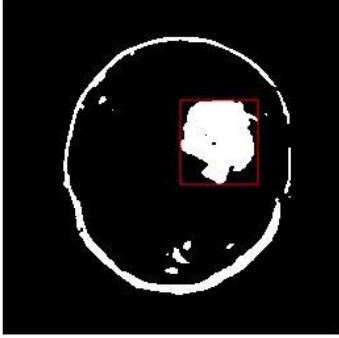

ตาราง 4.10 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 1 (ต่อ)

ขบวนการ	ผลที่ได้
RGB to Gray,Thresholding	<p data-bbox="917 450 1040 479">threshold</p> 
Morphology,Bounding,Refill	<p data-bbox="890 1077 1070 1106">Bounding Box</p>  <p data-bbox="906 1547 1054 1576">Final Tumor</p> 

ตาราง 4.11 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 2

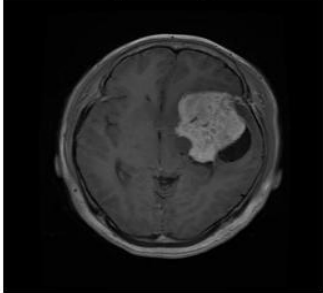
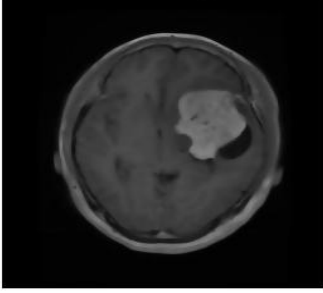

ขบวนการ	ผลที่ได้
Input Image	<p data-bbox="906 459 1054 488">Input image</p> 
Filter, Resize	<p data-bbox="906 911 1054 940">Filter image</p> 
RGB to Gray, Thresholding	<p data-bbox="919 1364 1042 1393">threshold</p> 

ตาราง 4.11 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)


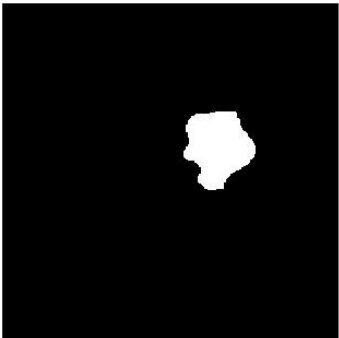
ขบวนการ	ผลที่ได้
Morphology,Bounding,Refill	<p data-bbox="890 450 1070 479">Bounding Box</p>  <p data-bbox="906 925 1054 954">Final Tumor</p> 



ตาราง 4.12 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 3

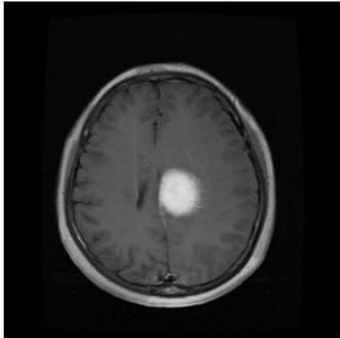
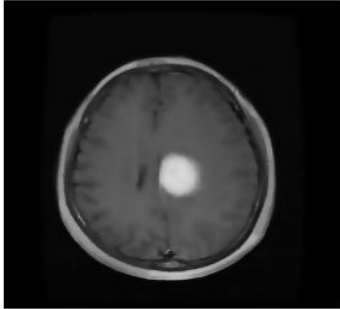
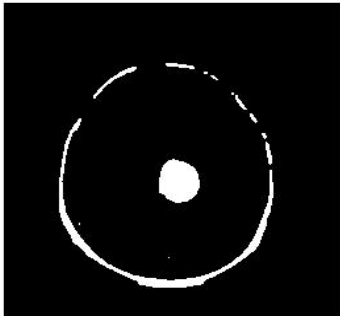
ขบวนการ	ผลที่ได้
Input Image	<p data-bbox="879 454 1023 483">Input image</p> 
Filter, Resize	<p data-bbox="879 902 1023 931">Filter image</p> 
RGB to Gray, Thresholding	<p data-bbox="879 1335 1023 1364">Threshold</p> 

ตาราง 4.12 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

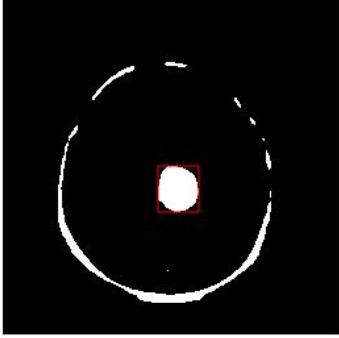
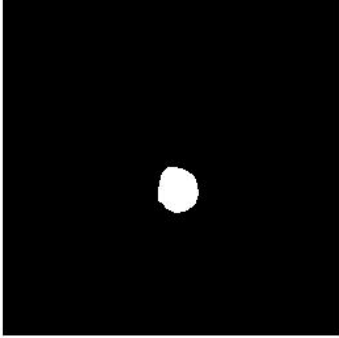
ขบวนการ	ผลที่ได้
Morphology,Bounding,Refill	<p data-bbox="874 450 1054 479">Bounding Box</p>  <p data-bbox="906 927 1034 956">Final Tumor</p> 



ตาราง 4.13 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 4

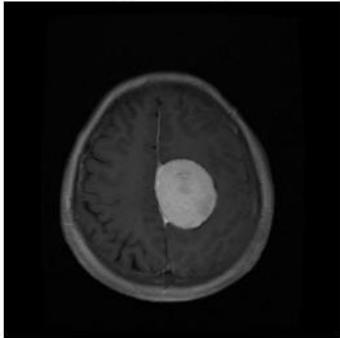
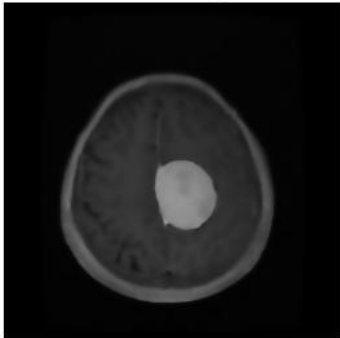

ขบวนการ	ผลที่ได้
Input Image	<p data-bbox="1011 454 1166 488">Input image</p> 
Filter, Resize	<p data-bbox="1011 929 1166 963">Filter image</p> 
RGB to Gray, Thresholding	<p data-bbox="1023 1373 1155 1406">Threshold</p> 

ตาราง 4.13 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ภาพตัวอย่างที่ 4 (ต่อ)

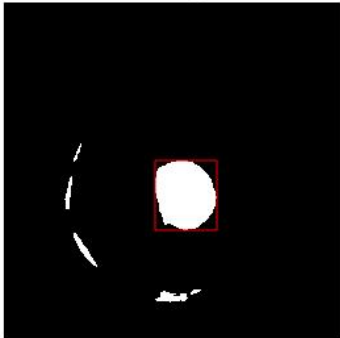

ขบวนการ	ผลที่ได้
Morphology,Bounding,Refill	<p data-bbox="970 450 1150 479">Bounding Box</p>  <p data-bbox="986 925 1134 954">Final Tumor</p> 



ตาราง 4.14 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ตัวอย่างที่ 5

ขบวนการ	ผลที่ได้
Input Image	<p data-bbox="890 456 1043 488">Input image</p> 
Filter, Resize	<p data-bbox="890 931 1043 963">Filter image</p> 
RGB to Gray, Thresholding	<p data-bbox="903 1406 1031 1438">Threshold</p> 

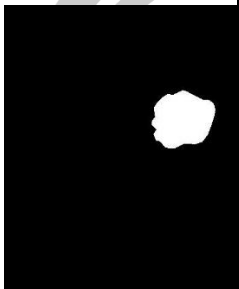
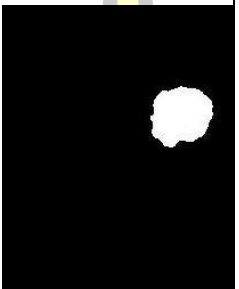
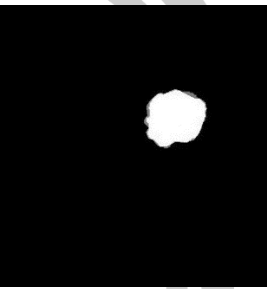
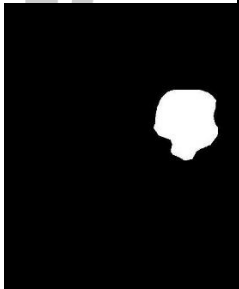

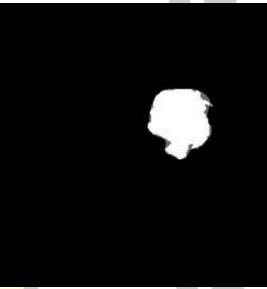
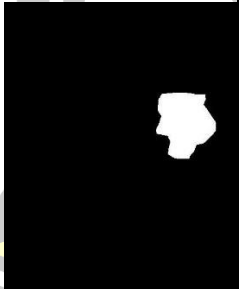
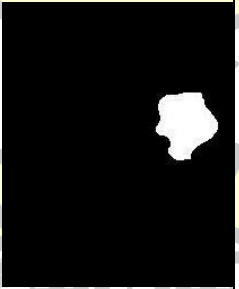
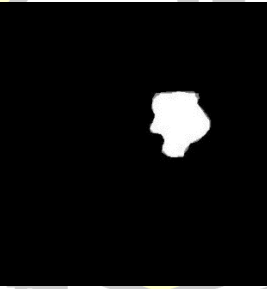
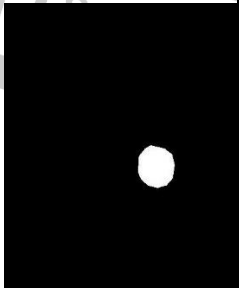
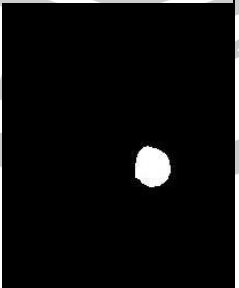
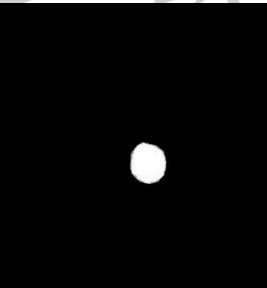
ตาราง 4.14 แสดงภาพถ่ายสมองที่ผ่านขบวนการแต่ละขั้นตอน ตัวอย่างที่ 5 (ต่อ)

ขบวนการ	ผลที่ได้
Morphology,Bounding,Refill	<p data-bbox="874 450 1058 479">Bounding Box</p>  <p data-bbox="890 925 1042 954">Final Tumor</p> 

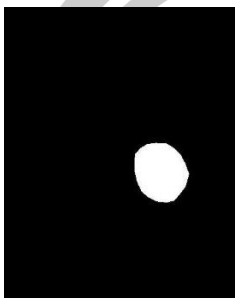
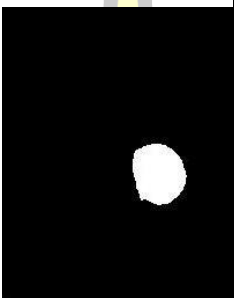
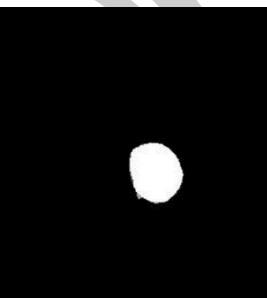
จากผลการทดลองในตาราง 4.10 ถึง 4.14 รูปสุดท้ายในตาราง จะเป็นรูปที่มีเฉพาะเนื้อ
 อกเพียงอย่างเดียว หลังจากนั้นจะทำการเปรียบเทียบโดยนำรูปจากฐานข้อมูลสาธารณะมา
 เปรียบเทียบตำแหน่งกับรูปที่ได้จากงานวิจัย ดังตาราง 4.15

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตาราง 4.15 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปจากฐานข้อมูลกับรูปในงานวิจัย

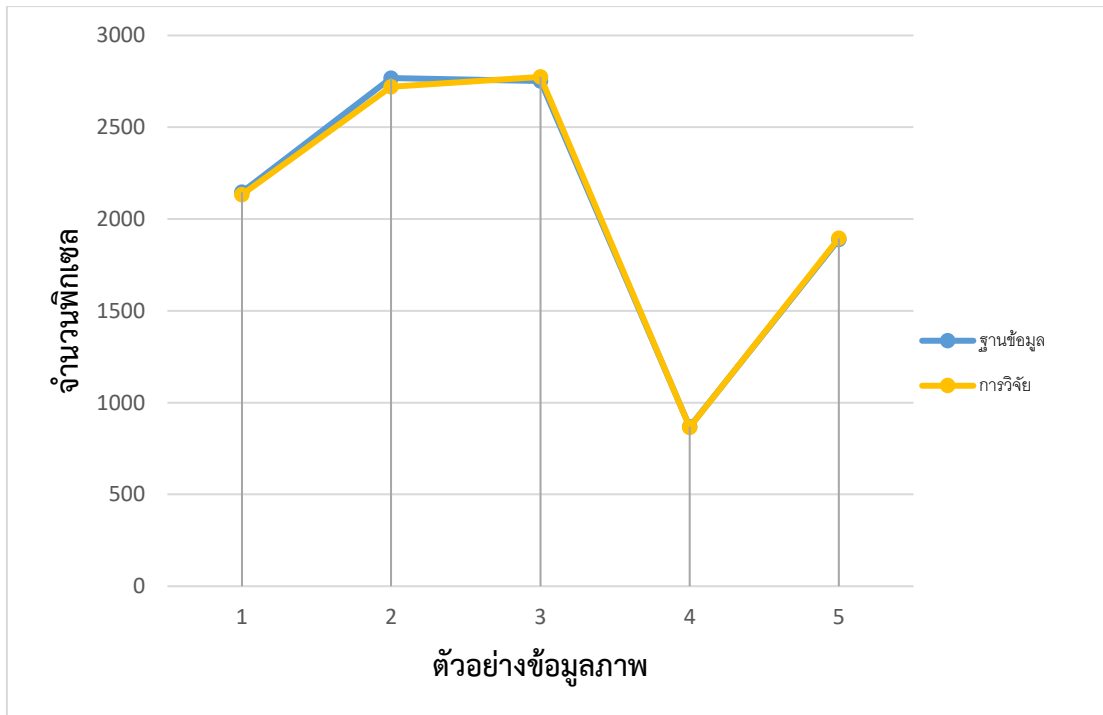
รูป ตัวอย่าง ที่	รูปฐานข้อมูล	รูปงานวิจัย	เปรียบเทียบ	ค่าความคลาด เคลื่อนจำนวน พิกเซลของเนื้องอก
1				0.652 %
2				1.734 %
3				-0.799 %
4				0.23 %

ตาราง 4.15 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปจากฐานข้อมูลกับรูปในงานวิจัย (ต่อ)

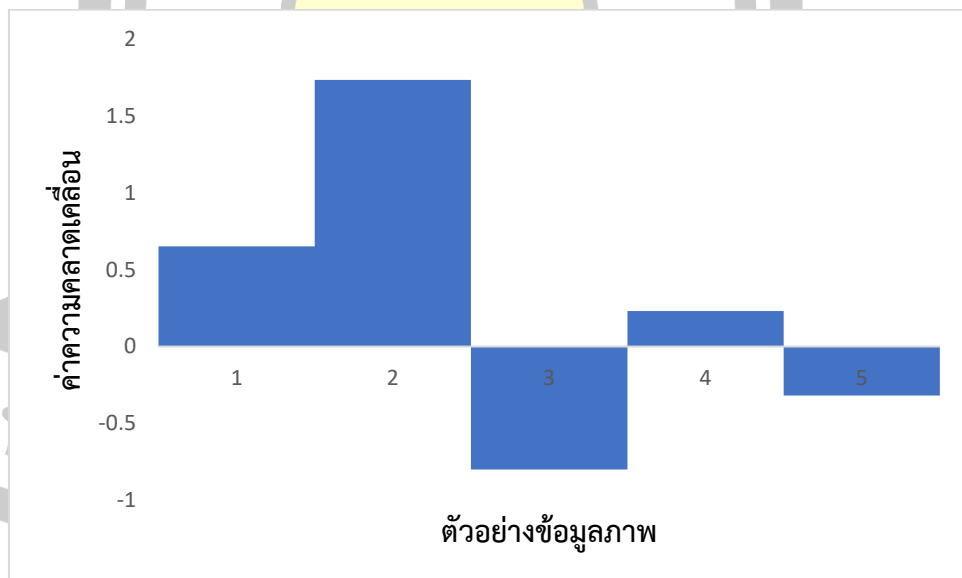
รูป ตัวอย่าง ที่	รูปฐานข้อมูล	รูปงานวิจัย	เปรียบเทียบ	ค่าความคลาด เคลื่อนจำนวน พิกเซลของเนื้องอก
5				-0.318 %

ในการวิจัยได้นำรูปภาพถ่ายเนื้องอกสมอง จำนวน 100 รูป โดยมีการนับจำนวนพิกเซลที่เป็นเนื้องอกสมองจากฐานข้อมูลและจากงานวิจัยนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของจำนวนพิกเซลของเนื้องอกสมอง ซึ่งคำนวณจาก จำนวนพิกเซลเนื้องอกสมองของฐานข้อมูลลบจำนวนพิกเซลเนื้องอกสมองของงานวิจัยคูณด้วย 100หารด้วยจำนวนพิกเซลเนื้องอกสมองของฐานข้อมูล

เมื่อนำข้อมูลจากตาราง 4.10 ถึง 4.14 โดยเลือกค่าที่มีการวนรอบเท่ากับ 10 มาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน จะได้ผลลัพธ์ในตาราง 4.15 เมื่อนำเอาข้อมูลค่าความต่างของจำนวนพิกเซลเนื้องอกสมองของภาพฐานข้อมูลเปรียบเทียบกับงานวิจัยของข้อมูลภาพตัวอย่าง จำนวน 5 ภาพ จะได้ตั้งภาพประกอบ 4.3 และค่าความคลาดเคลื่อนของจำนวนพิกเซลเนื้องอกสมอง ตั้งภาพประกอบ 4.4 โดย เมื่อนำข้อมูลภาพจากงานวิจัยจำนวน 100 ภาพมาทำวิธีการเดียวกัน พบว่าผลเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนของจำนวนพิกเซลเนื้องอกสมอง คือ 9.909 %



ภาพประกอบ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนพิกเซลเนื้องอกสมอง



ภาพประกอบ 4.4 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของจำนวนพิกเซลเนื้องอกสมองจำนวน 100 ภาพ

4.4 การทดสอบประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยจะนำข้อมูลภาพถ่ายเนื้องอกสมอง จำนวน 100 ภาพ เพื่อจะทำการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคที่น่าเสนอในงานวิจัยนี้ เพื่อทำการตรวจพบและไม่พบตำแหน่งและขนาดของเนื้องอกสมองจากภาพถ่าย MRI เพื่อคำนวณหาค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความจำเพาะ (Specificity) และค่าความไว (Sensitivity) เมื่อนำค่าที่ได้จากงานวิจัยนำผลลัพธ์มาใส่ในตาราง 3.1 จะได้ผลลัพธ์ตามตาราง 4.16

ตาราง 4.16 แสดงผลการตรวจพบและไม่พบเนื้องอกสมองจากภาพถ่าย

ผลการทดสอบการตรวจพบเนื้องอกในสมอง		
ชนิดภาพถ่าย	พบ	ไม่พบ
มีเนื้องอก	98	2
ไม่มีเนื้องอก	0	0
ผลรวมข้อมูล	100	

จากการทดลองเพื่อหาตำแหน่งและขนาดของเนื้องอกสมองจากข้อมูลสาธารณะจำนวน 100 ภาพ ซึ่งภาพผลลัพธ์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆที่วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอมีค่าความถูกต้อง 98.00% เมื่อทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่น่าเกี่ยวกับการค้นหาเนื้องอกสมองต่าง ๆ นั้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการ Histogram Gaussian models จะให้ค่าความถูกต้องแม่นยำมากกว่า 66.96% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการ Iteration ร่วมกับฟัซซีซีมีน จะให้ค่าความถูกต้องแม่นยำมากกว่า 73.33% หรือเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการ Neuro Fuzzy Classifier จะให้ค่าความถูกต้องแม่นยำมากกว่า 95.81%

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

ตาราง 4.17 การเปรียบเทียบวิธีการค้นหาตำแหน่งของเนื้องอกในสมองจากภาพถ่าย

ชื่อนักวิจัย	ส่วนทำการทดสอบ	วิธีการ	ความถูกต้อง (%)
Da-Chuan Cheng,Xiaoyi Jiang,Arno Schmidt-Trucksäss [44]	ภาพเนื้องอกสมอง	Histogram Gaussian models	66.96
JoungMin Lee,SooMin Song,KyeongMin Kim,MyoungHee Kim [45]	ภาพเนื้องอกสมอง	Iteration+FCM	73.33
Ming-Ni Wu; Chia-Chen Lin; Chin-Chen Chang [46]	ภาพเนื้องอกสมอง	K-means	92
Parmida Moradi Birgani, Meghdad Ashtiyani, Saeed Asadi [48]	ภาพเนื้องอกสมอง	Fuzzy C-means (FCM)+Neural Network	96.5
Dipali M. Joshi, Dr.N. K. Rana , V. M. Misra [49]	ภาพเนื้องอกสมอง	Neuro Fuzzy Classifier	95.81
บุญฤทธิ์ และ วรวัฒน์	ภาพเนื้องอกสมอง	Optimum Morphology Thresholding	98

พหุ ประถมศึกษา

บทที่ 5

บทสรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการแบ่งขีดภาพมอร์โฟโลยีที่เหมาะสมในการค้นหาตำแหน่งและขนาดของเนื้องอกสมองจากภาพถ่าย MRI โดยภาพที่นำมาทดสอบได้จากฐานข้อมูลสาธารณะจะมีทั้งภาพที่มีเนื้องอกขนาดใหญ่และขนาดเล็ก รวมทั้งระดับค่าสีในภาพที่นำมาทดสอบก็มีความแตกต่างกัน เมื่อใช้วิธีการของงานวิจัยนี้ก็สามารถที่จะระบุตำแหน่งและขนาดของเนื้องอกสมองในภาพได้อย่างแม่นยำ ถึงแม้ว่าในบางภาพที่นำมาทดสอบจะมีสิ่งรบกวนในภาพค่อนข้างมาก ก็ยังสามารถที่จะระบุตำแหน่งเนื้องอกสมองได้

5.1 สรุปผลการทดลองและการดำเนินงานวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาการตรวจพบเนื้องอกในสมองบนภาพถ่าย MRI โดยวิธีการแบ่งขีดภาพมอร์โฟโลยีที่เหมาะสม สำหรับประยุกต์ใช้ในวงการแพทย์ เช่น โรงพยาบาล คลินิก เนื้องอกในสมองเป็นโรคที่รักษาให้หายขาดได้ โอกาสที่จะหายจากโรคเนื้องอกในสมองมีสูงหากตรวจพบและรับการรักษาตั้งแต่ระยะเริ่มต้น เนื่องจากมีการพัฒนาวิธีการรักษาใหม่ ๆ อยู่เรื่อย ๆ เพื่อช่วยวินิจฉัยในเบื้องต้นก่อนที่จะทำการรักษา โดยงานวิจัยนี้สามารถที่จะแยกกลุ่มโดยใช้ขนาดของเนื้องอกเป็นตัวตัดสินใจหรือตำแหน่งของเนื้องอกในสมองที่จะช่วยให้แพทย์หรือผู้ที่มีความชำนาญวางแผนเพื่อทำการรักษาต่อไป การวิจัยดังกล่าวสำเร็จเป็นไปตามวัตถุประสงค์ สามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 จากผลการทดลองในการเตรียมข้อมูลภาพก่อนการประมวลผลนั้นมีความสำคัญมาก เนื่องจากภาพที่ได้จากฐานข้อมูลสาธารณะจะมีค่าความสว่างของแต่ละภาพไม่เหมือนกัน หรือบางภาพจะมีส่วนที่ไม่ต้องการพิจารณา เช่น ส่วนขอบกระโหลก รอยหยักสมอง ซึ่งจะมีค่าความสว่างใกล้เคียงกับส่วนที่เป็นเนื้องอก หรือบางภาพอาจจะมี ความคมชัดของภาพค่อนข้างน้อย หรืออีกส่วนหนึ่งของเป็นอุปสรรคสำคัญก็คือสัญญาณรบกวนภายในภาพ ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการผิดพลาดของข้อมูลได้ ดังนั้นการปรับปรุงภาพเบื้องต้นก่อนที่จะนำมาเข้ากระบวนการประมวลผลภาพจึงมีความสำคัญ เพื่อที่จะส่งผลให้ภาพมีคุณภาพที่พอเหมาะและคุณภาพดีเพียงพอที่จะนำไปใช้งาน ฉะนั้นการเลือกใช้เทคนิคหรือวิธีการที่เหมาะสมก็จะทำให้ภาพถ่ายมีคุณภาพที่ดีเหมาะสมกับงานที่เกี่ยวข้องจะนำไปใช้ต่อไป ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการกรองภาพด้วยวิธีเกาส์เซียนฟิลเตอร์แบบวนลูปซ้ำ และพบว่าจำนวนวนรอบที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้จะใช้จำนวนรอบเท่ากับ 10 รอบการทำงาน

5.1.2 ผลการทดลองโดยวิธีการแบ่งขีดภาพมอร์โฟโลยีที่เหมาะสม จากการนำภาพถ่าย จากข้อมูลสารณะจำนวน 100 ภาพ มาทำการกรองสัญญาณรบกวนออกจากภาพและทำการลด ขนาดของรูปภาพลงและทำการเปลี่ยนภาพที่เป็นภาพสีให้เป็นภาพสีระดับสีเทา จากนั้นจึงใช้วิธีการ แบ่งขีดภาพจะทำให้ภาพที่ผ่านกระบวนการนี้กลายเป็นภาพขาว-ดำ ถ้ามีการขีดแบ่งภาพมีค่าต่ำ เกินไป ก็จะทำให้มีส่วนที่ไม่ต้องการจะพิจารณาเกิดขึ้นในภาพมากเกินไปก็จะกลายเป็นอุปสรรค อาจจะทำให้ผลลัพธ์สุดท้ายจะมีทั้งส่วนของเนื้องอกและส่วนอื่นที่ไม่ต้องการ ถ้ามีการขีดแบ่งภาพที่มี ค่ามากเกินไป ก็จะทำให้รายละเอียดที่จะต้องพิจารณาบางส่วนนั้นหายไป ในงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิค การขีดแบ่งภาพใช้ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของจำนวนพิกเซลของวัตถุและพื้นหลังคำนวณหา จุดขีดแบ่งภาพที่เหมาะสม เมื่อผ่านกระบวนการแบ่งขีดภาพแล้ว ต่อไปก็จะเป็นวิธีการเปลี่ยนแปลง สัญญาณหรือมอร์โฟโลยีวิธีการนี้จะช่วยลดสิ่งที่ไม่ต้องการพิจารณาออกไปจากภาพถ่ายคงเหลือไว้ เฉพาะส่วนที่เป็นเนื้องอก เทคนิควิธีการมอร์โฟโลยีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้โดยใช้วิธีการกัดกร่อน (Erosion) แล้วขยาย (Dilation) ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการที่วิทยาลัยพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอ จะให้ ค่าความคลาดเคลื่อนจำนวนพิกเซลของเนื้องอกสมองเฉลี่ยที่ 9.909% และค่าความถูกต้องในการ ตรวจเจอภาพถ่ายที่มีเนื้องอกที่ 98.00%

5.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ

ในภาพที่มีเนื้องอกในสมองแบบ T2-weighted จะมีส่วนที่เป็นขอบของกระโหลกครวมอยู่ ด้วย ซึ่งค่าระดับสีของขอบกระโหลกนี้จะมีค่าระดับสีที่ใกล้เคียงกับระดับสีของส่วนที่เป็นเนื้องอก แม้ว่าจะทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายแล้วก็ตาม ซึ่งจะเป็นอุปสรรคในการตรวจพบและหา ขนาดของเนื้องอกสมองในภาพถ่าย ดังนั้นควรมีวิธีการที่จะทำให้ส่วนนี้หายไปก่อนที่จะนำมา ประมวลผล ซึ่งจะทำให้กระบวนการที่จะทำต่อไปจะมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

พหุ อนุ ทิ โด ชี เว

บรรณานุกรม

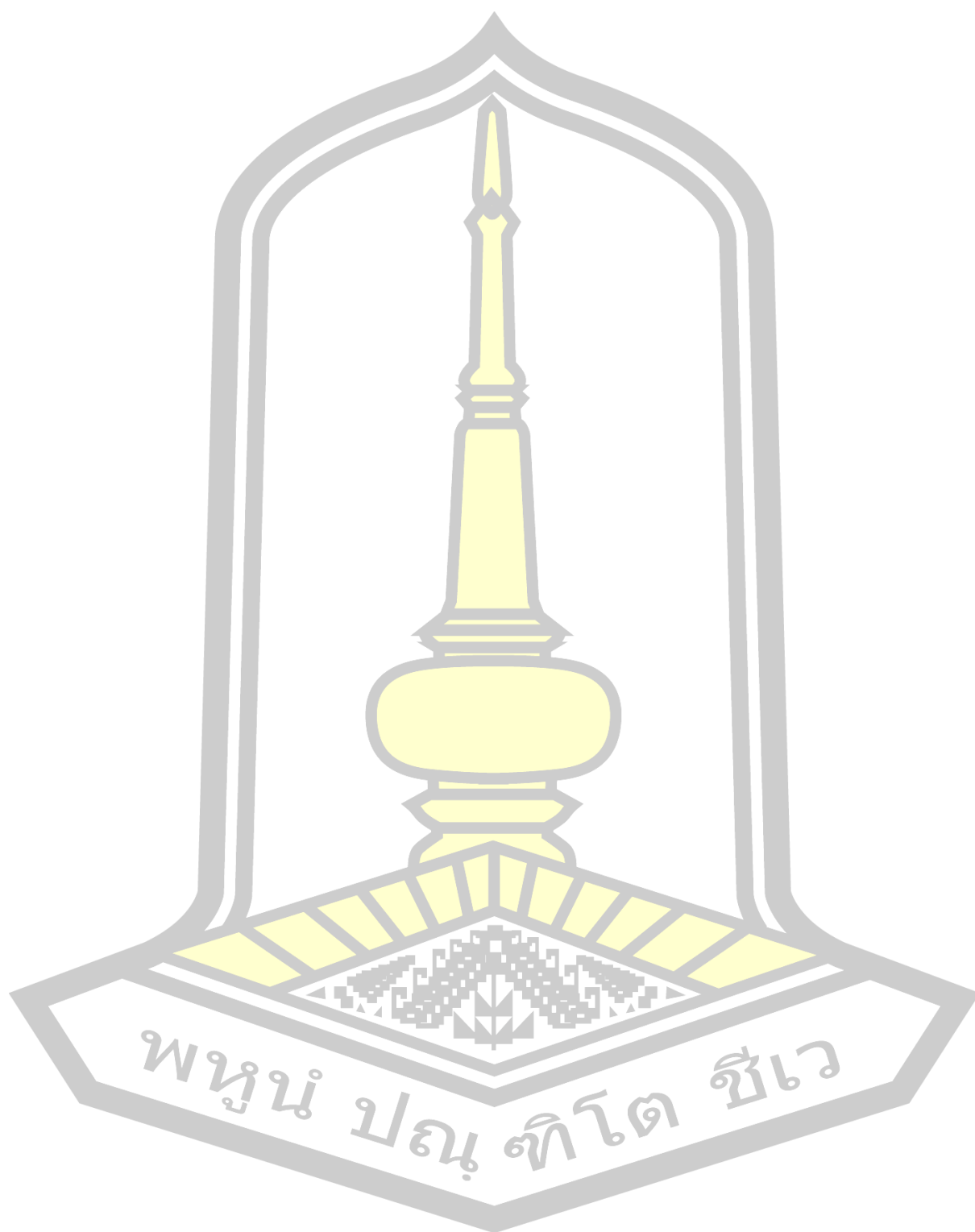
1. Ostrom, Q., et al., *CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2011-2015*. Neuro Oncol, 2018.
2. Rooney, A.G., R.A. Carson, and R. Grant, *Depression in Cerebral Glioma Patients: A Systematic Review of Observational Studies*. JNCI, 2010: p. 61-76.
3. Rees, J., *Advances in magnetic resonance imaging of brain tumours*. Curr Opin Neurol, 2003: p. 643-650.
4. Carola, R., H.J. P., and R. N.Charles., *Human Anatomy*. 1992, New York: McGraw-Hill Inc.
5. Biswal, B., et al. *Toward discovery science of human brain function*. in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2010.
6. Breakspear, M., V. Jirsa, and G. Deco, *Computational models of the brain*. Neuroimage, 2010. 52: p. 727-730.
7. Friston, K. and C. Price, *Dynamic representations and generative models of brain function*. Brain Res Bull, 2001. 54: p. 275-285.
8. Northcutt, R.G., *Variation in reptilian brains and cognition*. Brain Behav, 2012: p. 45-54.
9. Isaacson, R.L., *The Limbic System*, Plenum. 1982, New York.
10. Tisserand, D.J., et al., *The relation between global and limbic brain volumes on MRI and cognitive performance in healthy individuals across the age range*. Neurobiology of Aging, 2000. 21: p. 569-576.
11. Morgane, P. and D. Mokler, *The limbic brain: continuing resolution*. Neurosci Biobehav Rev, 2006(Aug 22): p. 119-25.
12. AgnieszkaRybak-Wolf, C., *Circular RNAs in the Mammalian Brain Are Highly Abundant, Conserved, and Dynamically Expressed*. Molecular Cell, 2015(June): p. 870-885.
13. สุรเกียรติ์ อาชานานุภาพ, นิตยสารหมอชาวบ้าน, 2550(มีนาคม).

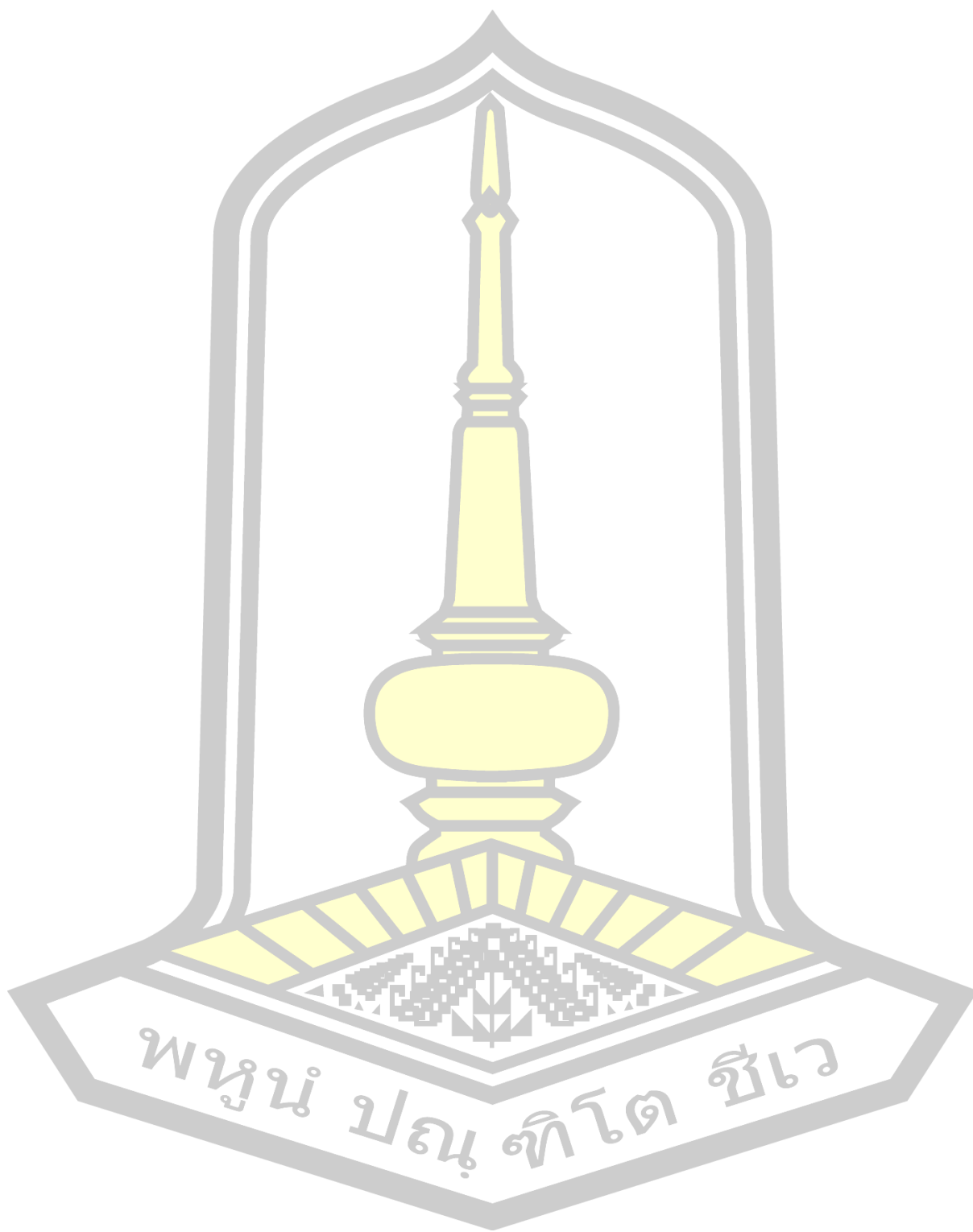
14. Ellenberg, L., et al., *Factors affecting intellectual outcome in pediatric brain tumor patients*. Neurosurgery, 1987. 21(5): p. 638-644.
15. Kyritsis, A., *Management of primary intracranial germ cell tumors*. Journal of neuro-oncology, 2010. 96(2): p. 143-149.
16. Madhumita Mukhopadhyay, Anil K. Saha · Amitava Sarkar. *Fibroadenoma of the ectopic breast of the axilla*. Indian J Surg, 2010(March–April): p. 143–145.
17. Chrisoula, D.S., *Histopathology of Thyroid Tumors An Overview*. HORMONES, 2004: p. 100-110.
18. Bancroft, L., et al., *Benign fatty tumors: classification, clinical course, imaging appearance, and treatment*. Skeletal Radiol, 2006(October): p. 719–733.
19. Baehring, J., R. Betensky, and T. Batchelor, *Malignant peripheral nerve sheath tumor: the clinical spectrum and outcome of treatment*. Neurology, 2003. 61(5): p. 696-698.
20. Wolf, D. and V. Rotter. *Major Deletions in the Gene Encoding the p53 Tumor Antigen Cause Lack of p53 Expression in HL-60 Cells*. in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1987.
21. Wong, J., et al., *Symptoms and quality of life in cancer patients with brain metastases following palliative radiotherapy*. IJROBP, 2009. 75(4): p. 1125-31.
22. Bezdek, J.C., L.O. Hall, and L.P. Clarke, *Review of MR image segmentation techniques using pattern recognition*. Med. Phys, 1993. 20(4): p. 1033–1048.
23. Clarke, L.P., et al., *MRI segmentation: methods and applications*. Magn. Reson. Imaging, 1995. 13(3): p. 343–368.
24. Mahmoud-Ghoneim, D., et al., *Three dimensional texture analysis in MRI: a preliminary evaluation in gliomas*. Magn. Reson. Imaging 21, 2003: p. 983–987.
25. Farman, A., *Fundamentals of image acquisition and processing in the digital*. Orthod Craniofac Res, 2003. 6(Suppl 1): p. 17-22.
26. Cordova, F., et al., *Digital image processing: fundamental techniques and applications in biological research*. Arch Biol Med Exp (Santiago), 1986. 19(3-4): p. 359-73.
27. Ge., Y., *The role of MR imaging*. Am. J. Neuroradiol, 2006. 27(6): p. 1165–1176.
28. Angelini, E., Y. Jin, and A. Laine, *State of the art of level set methods in*

- segmentation and registration of medical imaging modalities*. Handbook of Biomedical Image Analysis, 2007(Springer US): p. 47–101.
29. Salem, S.A.-a., N.V. Kalyanka, and S.D. Khamitkar, *Image Segmentation by Using Thershod Techniques*. JOURNAL OF COMPUTING, 2010. 2(MAY, 5).
 30. Raju, P.D.R. and G. Neelima, *Image Segmentation by using Histogram Thresholding*. IJCSET, 2012. 2(1 (January)): p. 776-779.
 31. Sahoo, P.K., *A survey of thresholding techniques*. Comput. Vision Graphics Image Process, 1988. 41: p. 233-260.
 32. Dillencourt, M., H. Samet, and M. Tamminen, *A general approach to connected component labeling for arbitrary image representations*. Journal of the ACM, 1992. 39(2): p. 253-280.
 33. Samet, H. and M. Tamminen, *An Improved Approach to connected component labeling of images*. Proceedings of CVPR'86: p. 312-318.
 34. Tian, D. p., *A Review on Image Feature Extraction and Representation*. International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, 2013(July).
 35. Yang, M., K. Kpalma, and J. Ronsin, *A survey of shape feature extraction techniques*. Pattern Recognition, 2008: p. 43-90.
 36. Goyal, M., *Morphological Image Processing*. IJCST, 2011. 2(4).
 37. LiangJJimPiperJing-YanTang, *Erosion and dilation of binary images by arbitrary structuring elements using interval coding*. Pattern Recognition Letters, 1989. 9(3): p. 201-209.
 38. Gil, J. and R. Kimmel, *Efficient dilation, erosion, opening, and closing algorithms*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002. 24(12): p. 1606–1617.
 39. B, V., D. Padole, and S. Chaudhari, *Detection of Brain Tumor in MRI Images Using Mean Shift Algorithm and Normalized Cut Method*. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 2012. 1(5): p. 2249–8958.
 40. Clark, M.C., et al., *Automatic tumor segmentation using knowledge-based techniques*. IEEE Transactions on Medical Imaging, 1998.
 41. Chuang, H.-L. and M.C. Chun, *A Novel Region-based Approach for Extracting Brain Tumor in CT Images with Precision*. World Congress on Medical Physics

- and Biomedical Engineering, 2006: p. 2488-2492.
42. Cheng, D.-C., X. Jiang, and A. Schmidt-Trucksäss, *Image Segmentation Using Histogram Fitting and Spatial Information*. International Conference on Mass Data Analysis of Images and Signals in Medicine, Biotechnology, and Chemistry, 2007: p. 47-57.
 43. Lee, J., et al., *Tumor detection from small animal PET using clustering based on intensity and connectivity*. World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, 2006: p. 2580-2591.
 44. Wu, M.-N., C.-C. Lin, and C.-C. Chang, *Brain Tumor Detection Using Color-Based K-Means Clustering Segmentation*. Third International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2007. 2: p. 245–250.
 45. Yazdan-Shahmorad, A., H. Jahanian, and S. Patel, *Automatic Brain Tumor Segmentation Using Tissue Diffusivity Characteristics*. IEEE International Symposium on Biomedical Imaging, 2007: p. 61–64.
 46. Birgani, P.M., M. Ashtiyani, and S. Asadi, *MRI Segmentation Using Fuzzy C-means Clustering Algorithm Basis Neural Network*. International Conference on Information and Communication Technologies, 2008: p. 1–5.
 47. Joshi, D.M., D.N.K. Rana, and V.M. Misra, *Classification of Brain Cancer Using Artificial Neural Network*. International Conference on Electronic Computer Technology, 2010. 2: p. 112–116.
 48. Bahadure, N.B. and A.K. Ray, *Image Analysis for MRI Based Brain Tumor Detection and Feature Extraction Using Biologically Inspired BWT and SVM*. Int J Biomed Imaging, 2017.
 49. Pergad, N.D. and V.S. Kshitija, *Brain MRI Image Classification Using Probabilistic Neural Network and Tumor Detection Using Image Segmentation*. International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), 2015. 4(6): p. 2946-2951.
 50. K. SUDHARANIA, T.C. SARMA B, and K.S. PRASAD C, *Advanced morphological technique for automatic brain tumor detection and evaluation of statistical parameters*. International Conference on Emerging Trends in Engineering;

Science and Technology, 2015: p. 1374–1387.





พหุบัณฑิตยาลัย ชัยเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายบุญฤทธิ์ พงษ์สถิตย์พัฒน์
วันเกิด	16 พฤศจิกายน พ.ศ.2510
สถานที่เกิด	จังหวัดขอนแก่น
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	243/116 ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2523 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2527 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น พ.ศ. 2530 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น พ.ศ. 2532 อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (อสบ.) เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ. 2543 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศบ.) วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2548 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศม.) วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พูนุ ปณุกิตโต ชิวเว