รายการอ้างอิง

[1] Foley, J., and others. Computer Graphics: Principles and Practice. 2nd ed. Reading, MA: Addison-Wesley, 1996.

[2] Gonzalez, R. C., and Woods, R. E. Digital Image Processing. Reading. MA: Addison-Wesley, 1992.

[3] Harvard University. MRI brain segmentation: typical data. Available: http:// neuro-www.mgh.harvard.edu/cma/seg_f/mri_physics.html.

[4] David Young. Gaussian masks, scale space and edge detection. Available: http://www.cogs.susx.ac.uk/users/davidy/teachvision/vision3.html.

บรรณานุกรม

Russ, J. C. The Image Processing Handbook. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1995.

ภาคผนวก ก

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีคุณสมบัติดังนี้

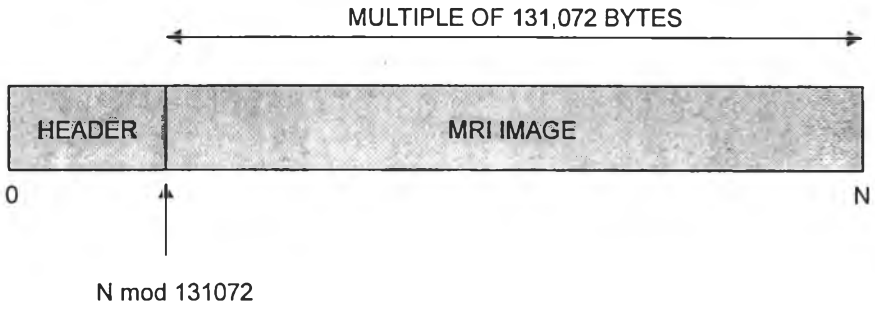
CPU	PENTIUM 150 MHZ
RAM	48 MB
HARD DISK	1.2 GB
OS	WINDOWS 95
COMPILER	BORLAND C++ BUILDER 1.0

ภาคผนวก ข

รูปแบบแฟ้มข้อมูลชุดภาพเอ็มอาร์ไอ

แฟ้มข้อมูลชุดภาพเอ็มอาร์ไอซึ่งนำมาใช้สำหรับงานวิจัยนี้เป็นไฟล์ข้อมูลแบบ IM0 โดยทั่วไปมีขนาดประมาณ 7.5 เมกกะไบต์ ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนได้แก่ *ส่วนนำแฟ้ม* (file header) และ *ส่วนข้อมูล* (data) มีเพียงส่วนข้อมูลอย่างเดียวเท่านั้นที่จะถูกแยกออกมาเพื่อนำไปใช้งาน

ในการแยกส่วนข้อมูลเราจำเป็นต้องทราบขนาดและความละเอียดของภาพเอ็มอาร์ไอเสียก่อน จากการศึกษาทำให้ทราบว่าภาพเอ็มอาร์ไอแต่ละภาพ (slice) มีขนาด 256 x 256 จุดภาพที่ความละเอียด 16 บิตต่อจุดภาพ การใช้พื้นที่ของแต่ละภาพจะเท่ากับ 256 x 256 x 2 ไบต์ หรือเท่ากับ 128 กิโลไบต์ (131,072 ไบต์) ตำแหน่งเริ่มต้นของส่วนข้อมูลในไฟล์ข้อมูลชุดภาพเอ็มอาร์ไอสามารถกำหนดได้จากตำแหน่งสุดท้ายของไฟล์ย้อนหลังไปเป็นจำนวนเท่าของ 128 กิโลไบต์



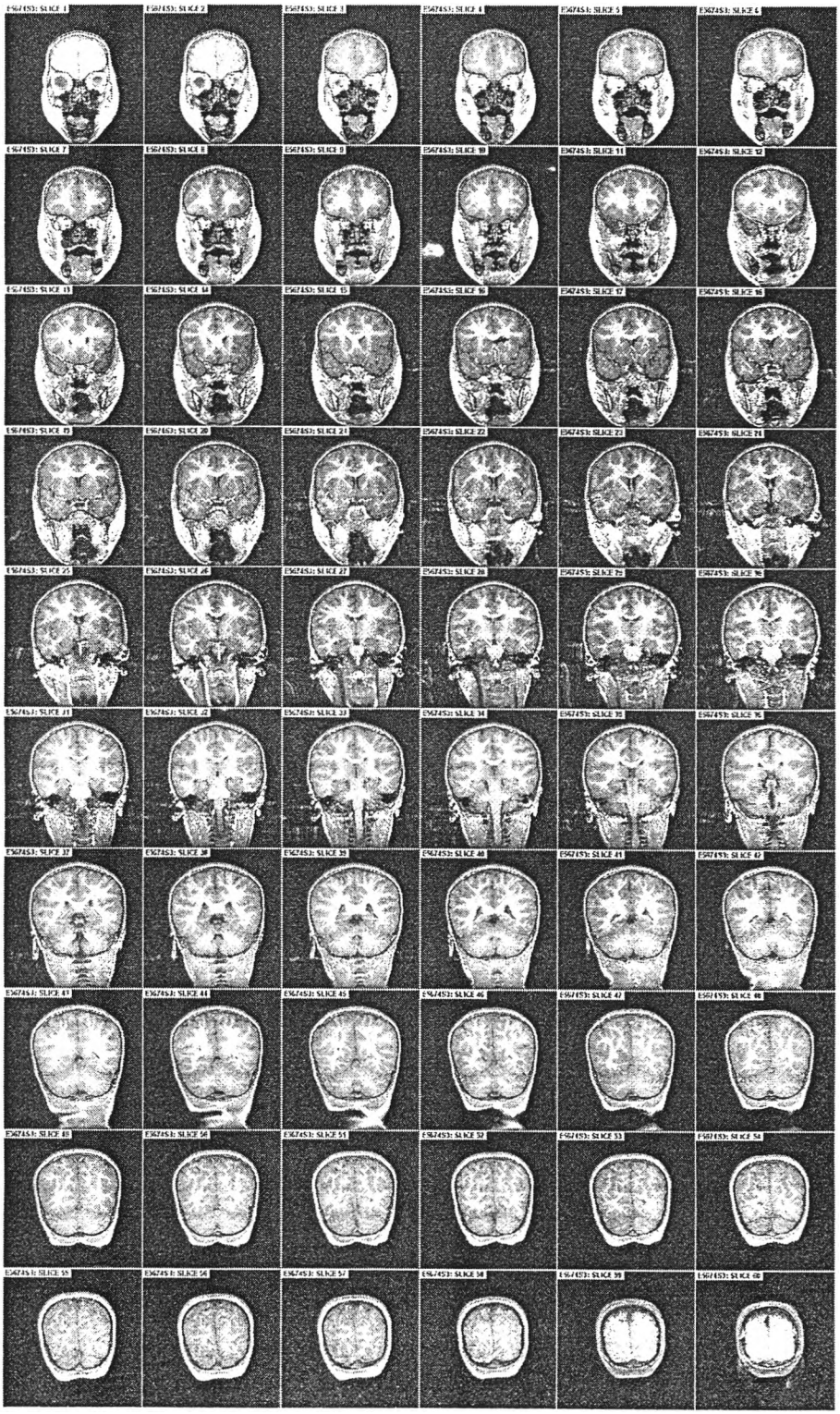
รูปที่ 48 โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลชุดภาพเอ็มอาร์ไอแบบ IM0

จุดภาพในส่วนข้อมูลมีการเรียงลำดับไบต์ที่มีนัยสำคัญสูงมาก่อนไบต์ที่มีนัยสำคัญต่ำ (big endian convention) แต่สำหรับการประมวลผลในเครื่องพีซีซึ่งจะใช้ไบต์ที่มีนัยสำคัญต่ำมาก่อนไบต์ที่มีนัยสำคัญสูง (little endian convention) เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการกลับลำดับของไบต์ด้วย

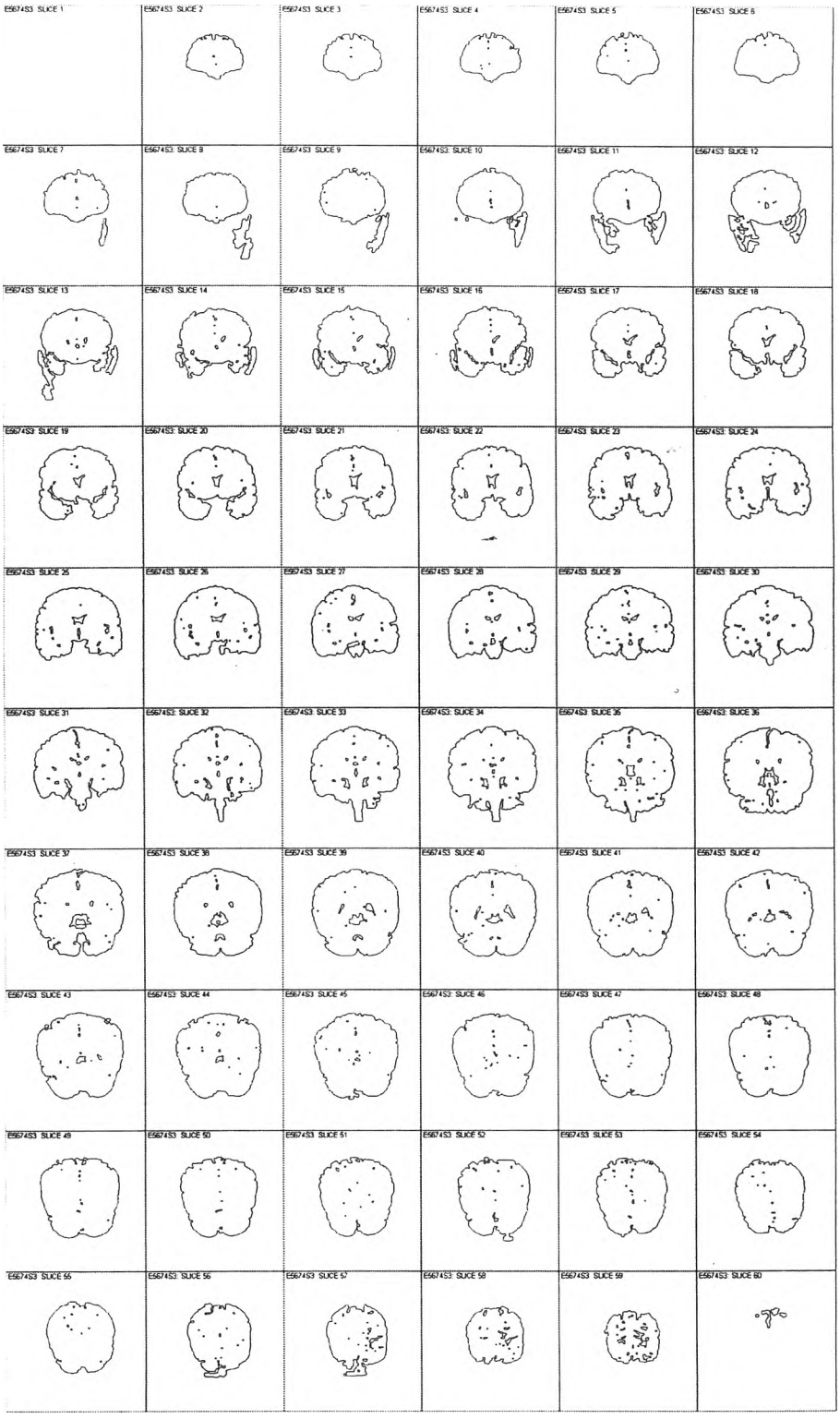
ภาคผนวก ค

ชุดภาพเอ็มอาร์ไอสำหรับการประเมินผลและผลการแยกบริเวณสมอง

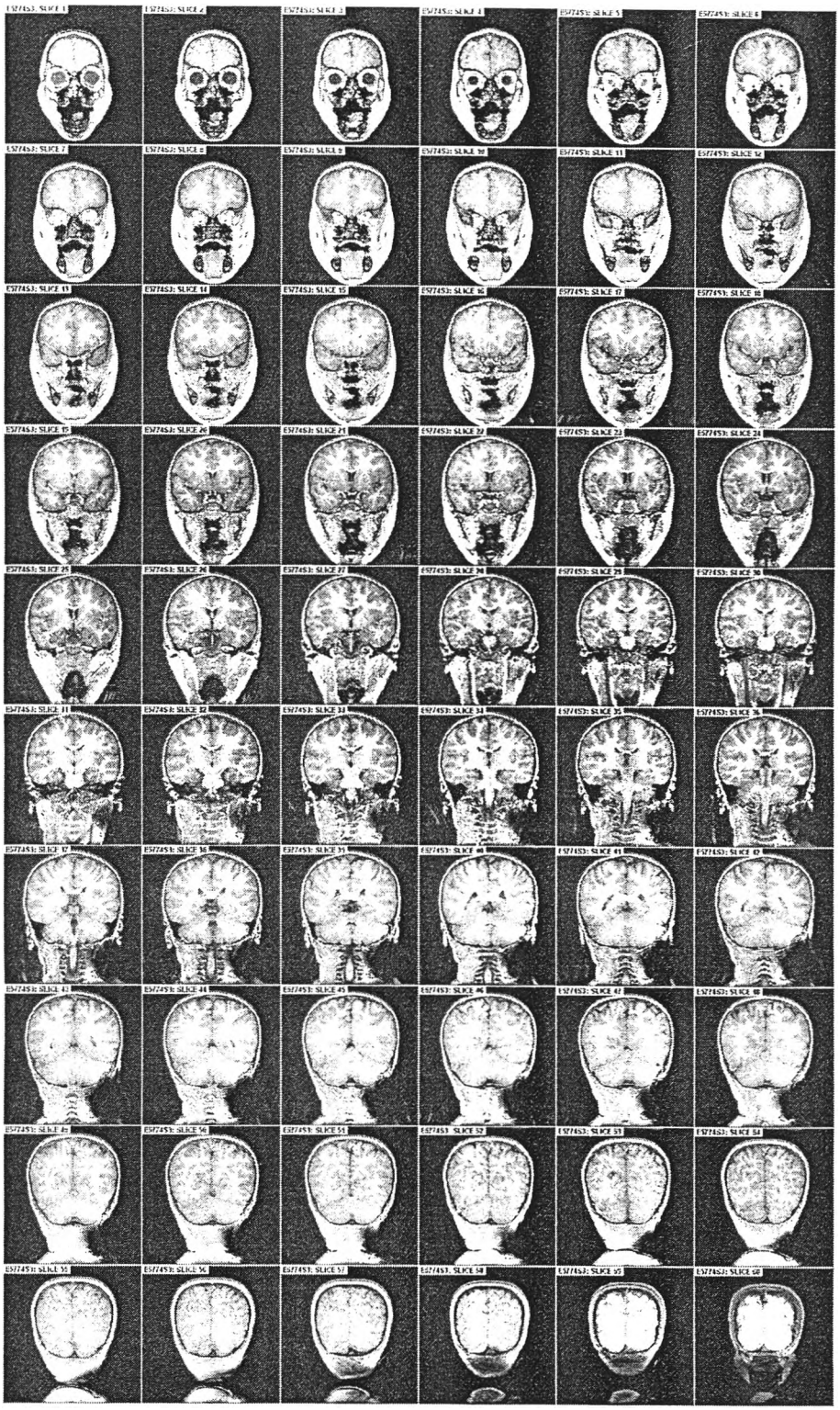
ชุดภาพ E5674S3 ต้นฉบับ



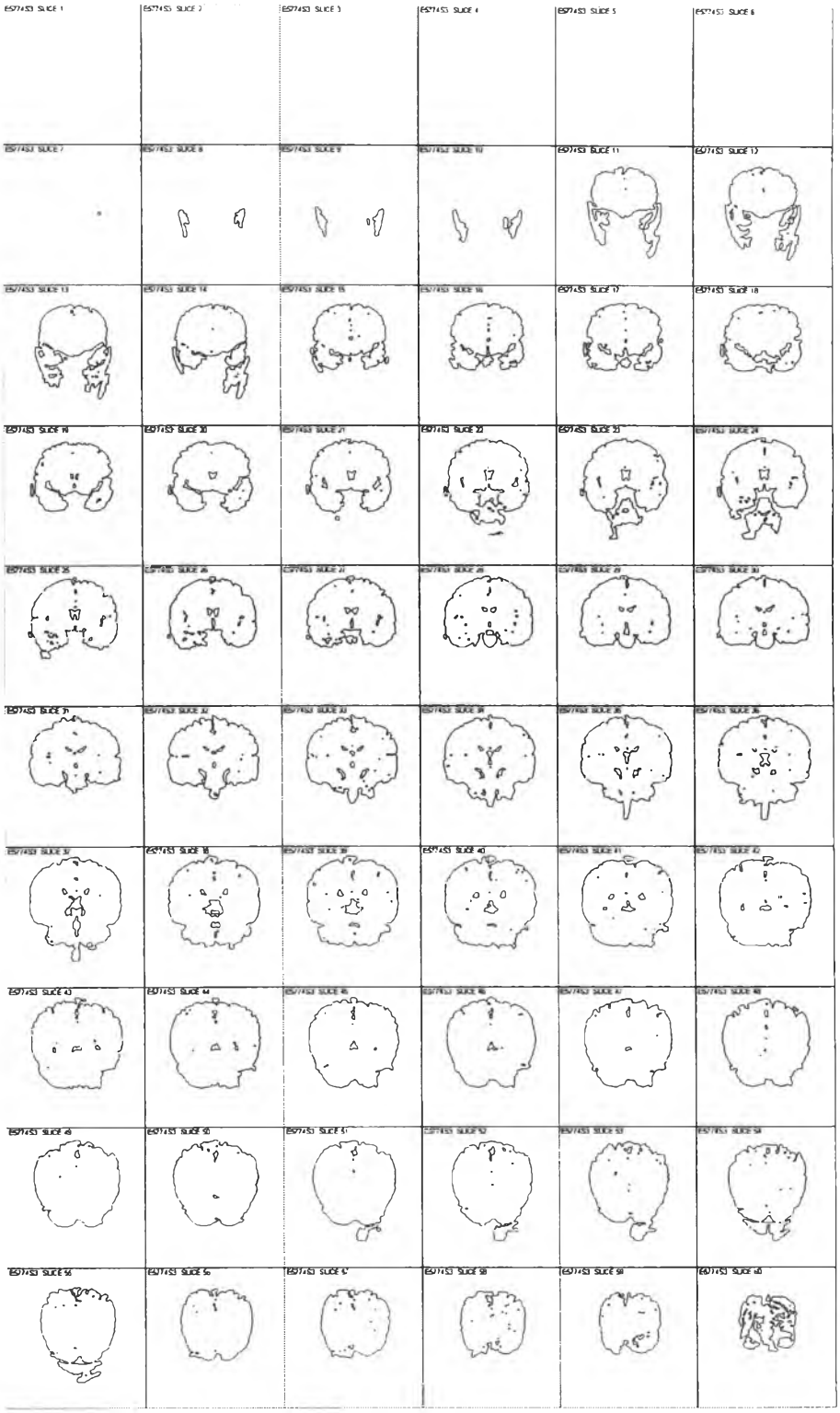
ผลการแยกบริเวณของชุดภาพ E5674S3



ชุดภาพ E5774S3 ต้นฉบับ

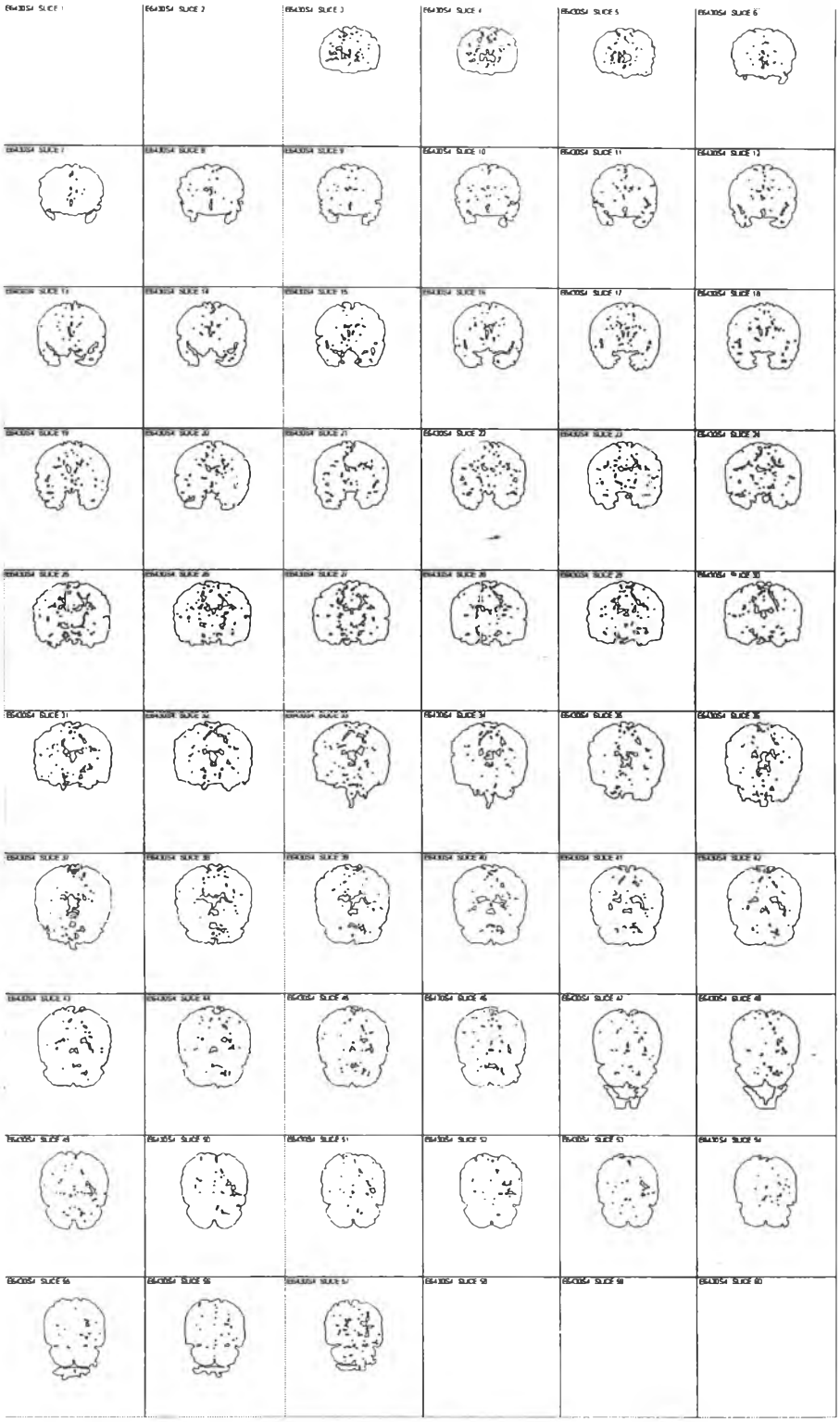


ผลการแยกบริเวณของชุดภาพ E5774S3

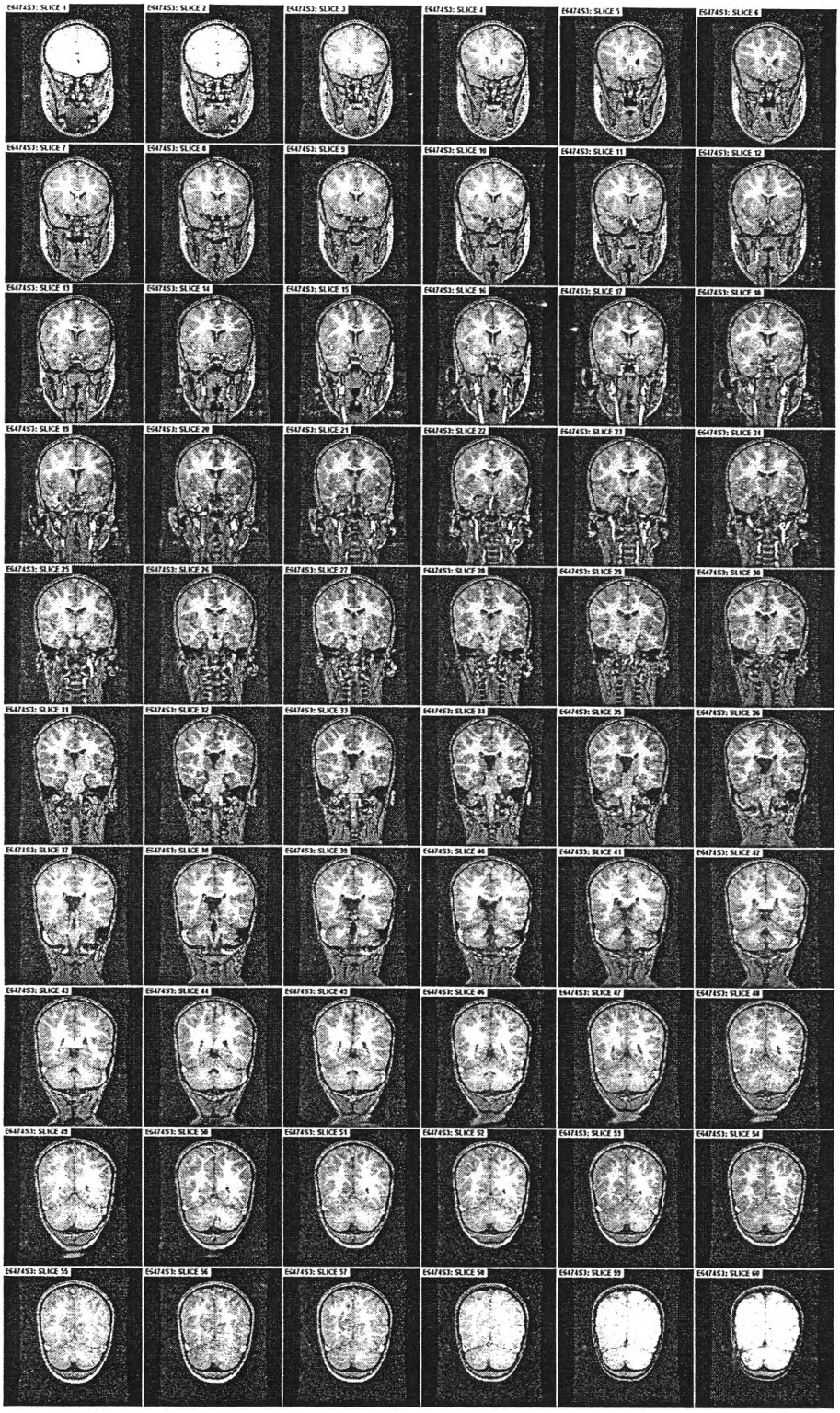


ชุดภาพ E6430S4 ต้นฉบับ

ผลการแยกบริเวณของชุดภาพ E6430S4

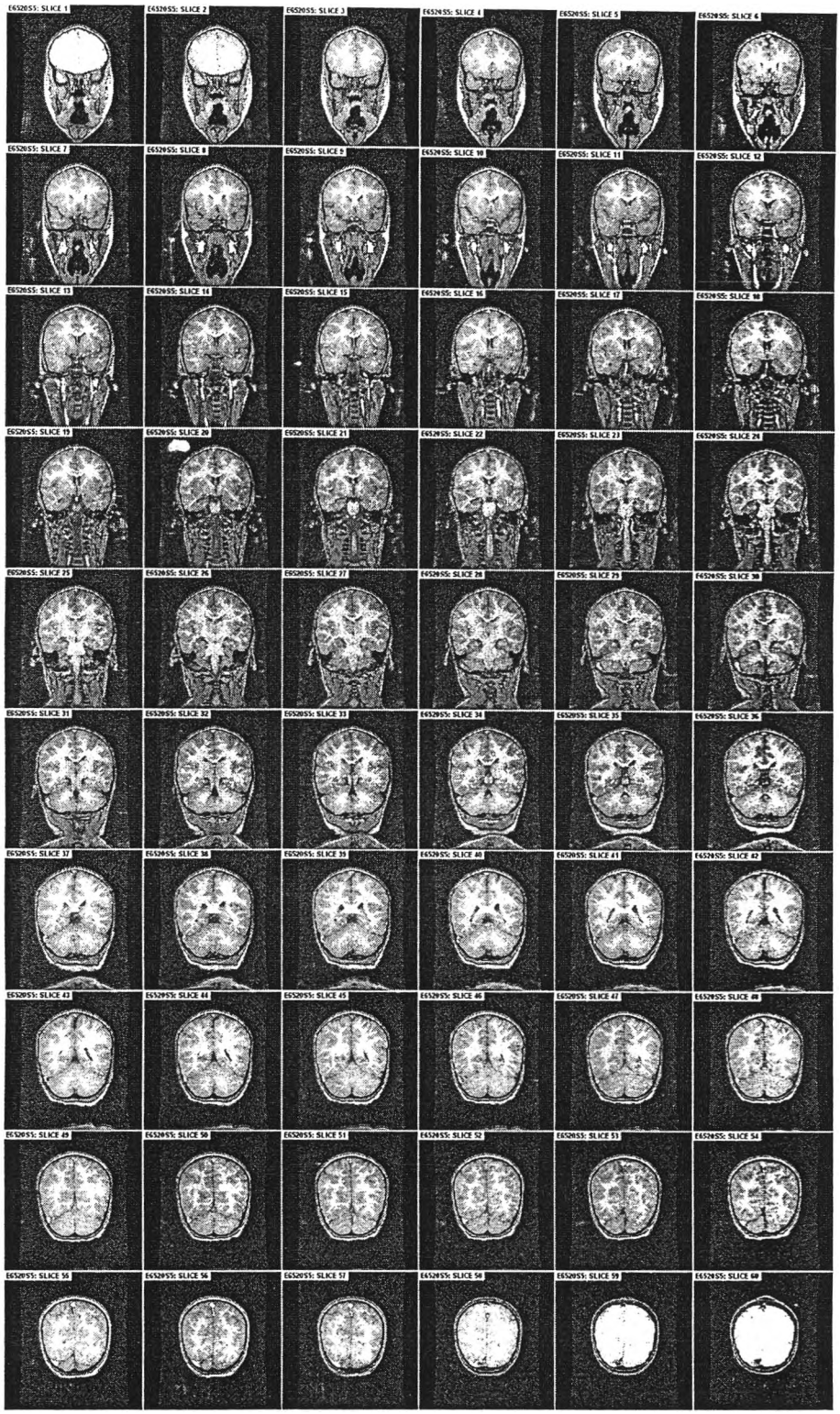


ชุดภาพ E6474S3 ต้นฉบับ

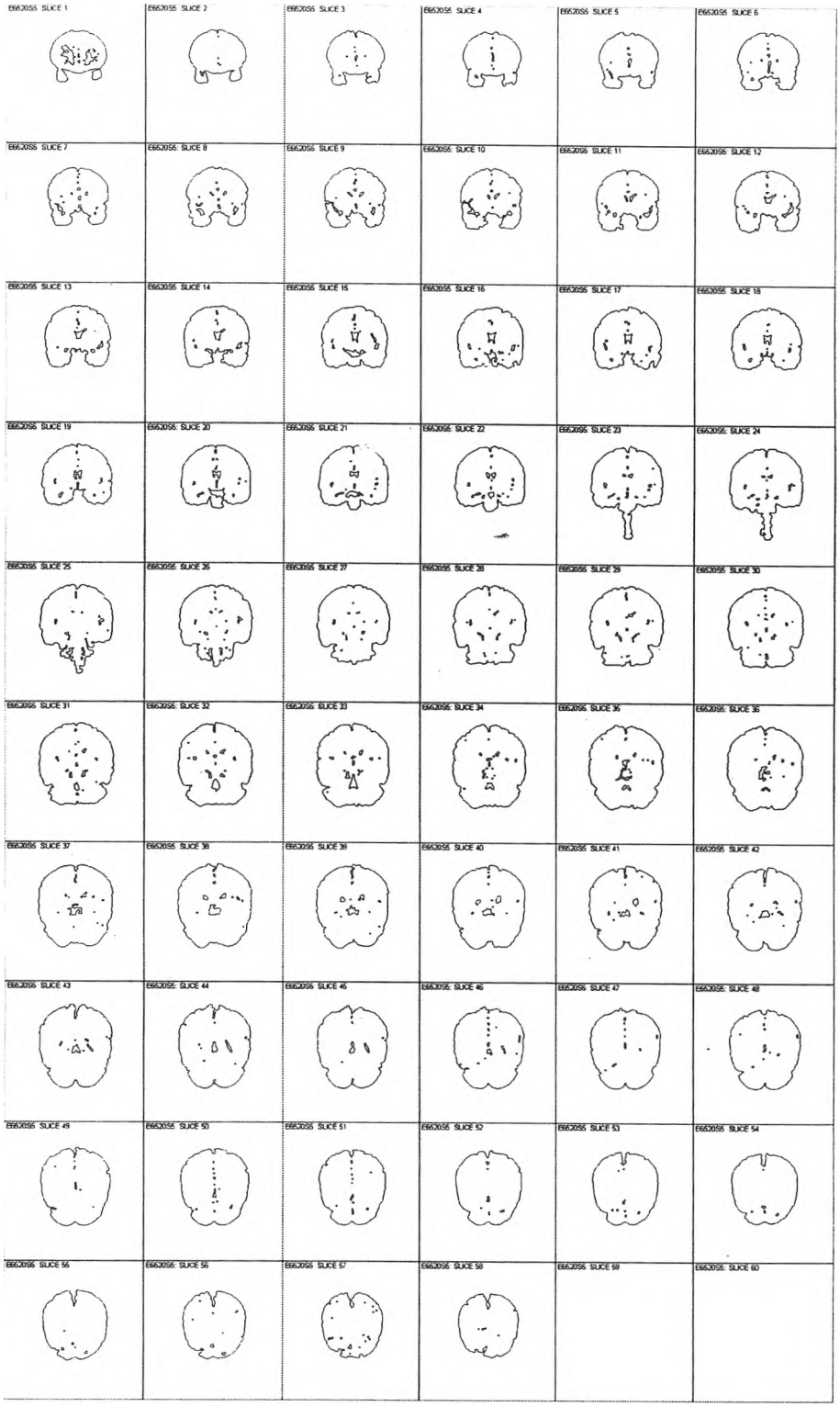


ผลการแยกบริเวณของชุดภาพ E6474S3

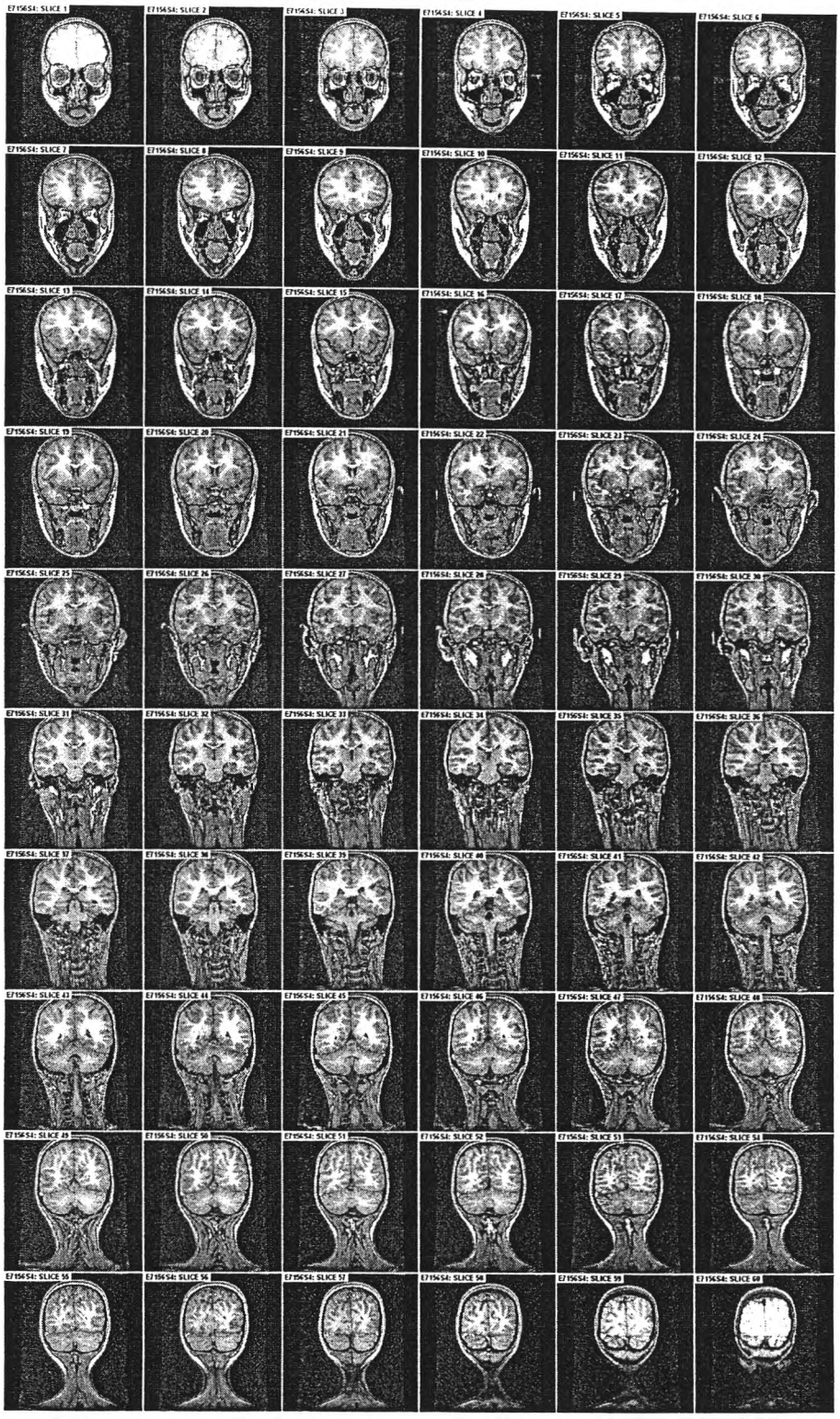
ชุดภาพ E6520S5 ต้นฉบับ



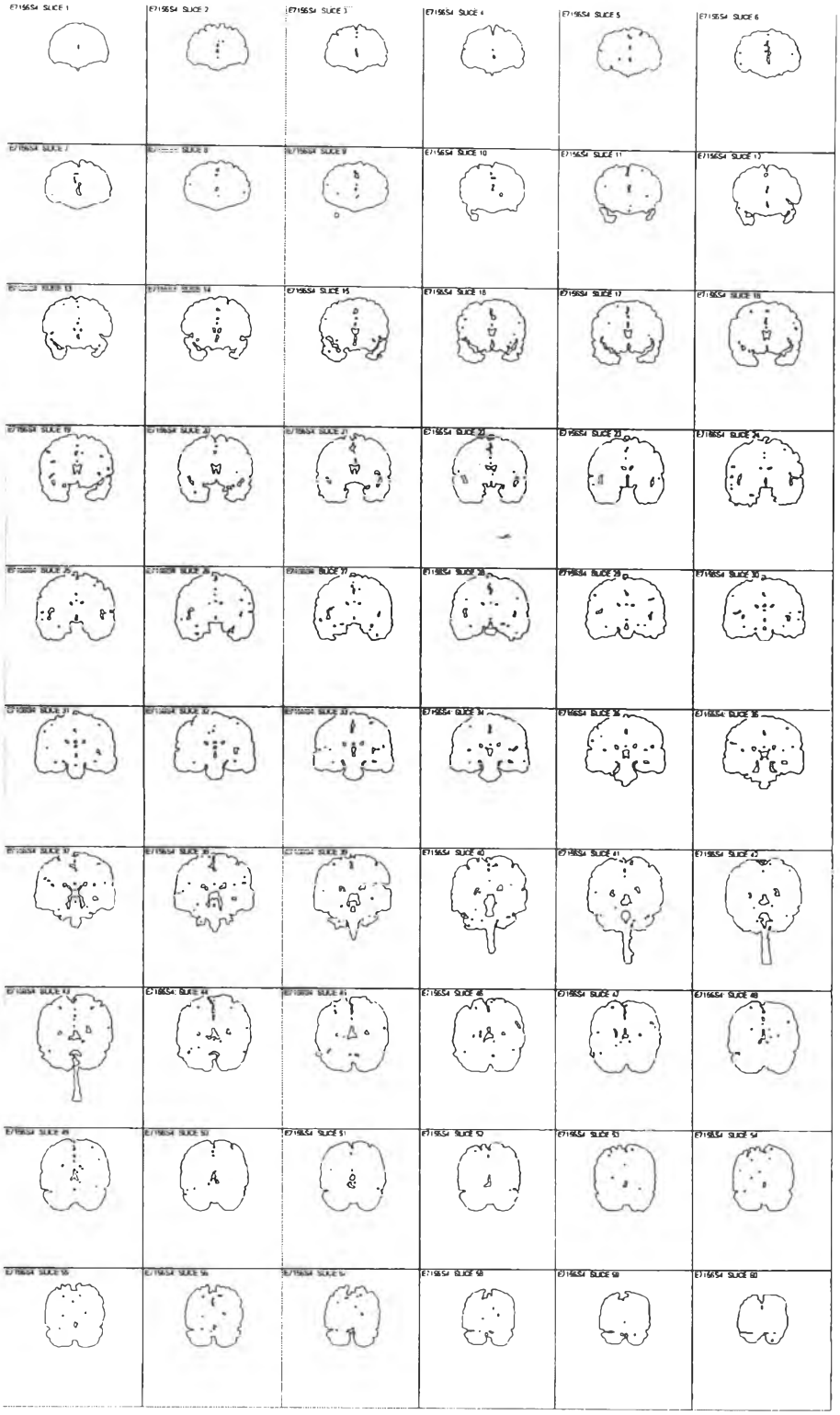
ผลการแยกบริเวณของชุดภาพ E6520S5



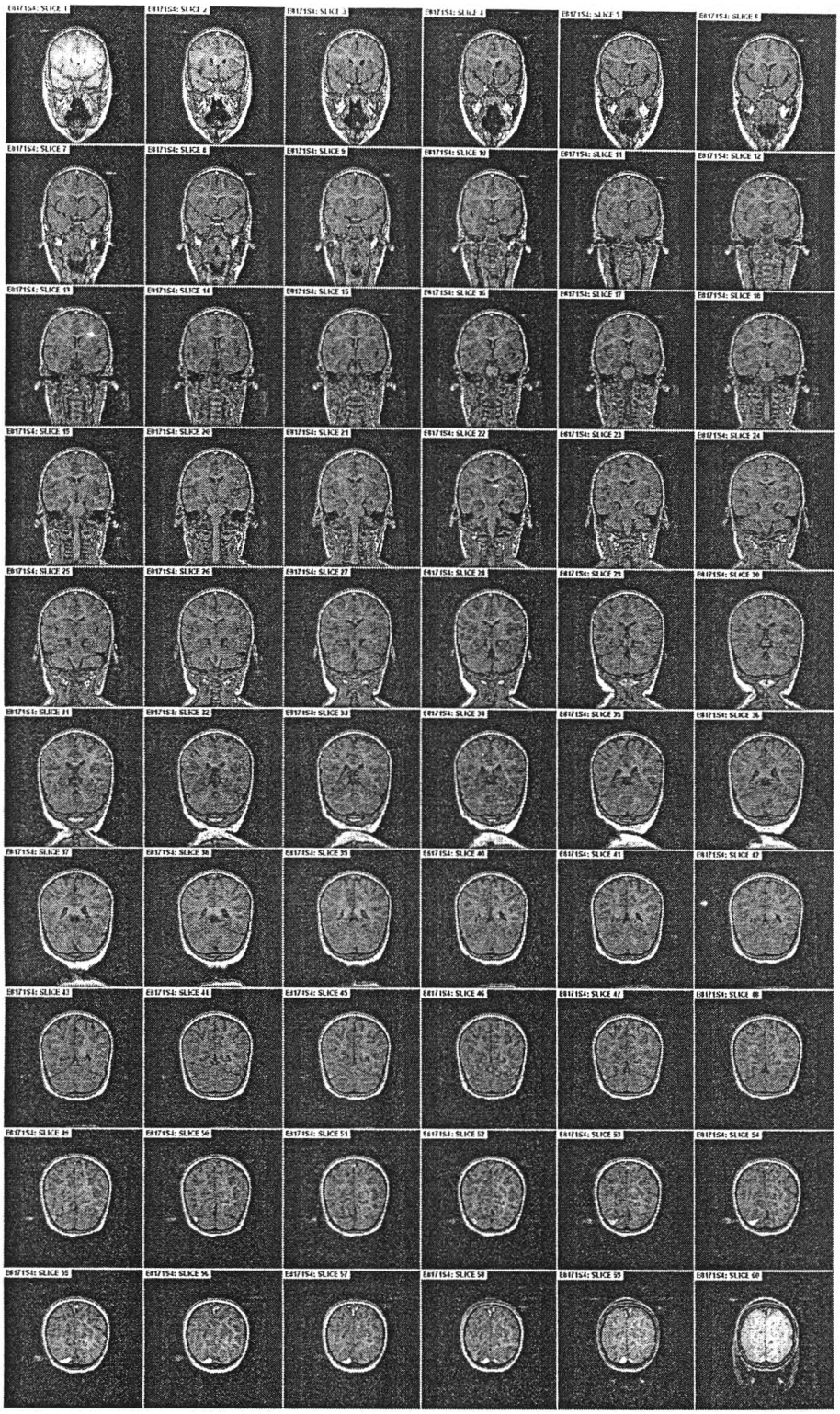
ชุดภาพ E7156S4 ต้นฉบับ



ผลการแยกบริเวณของชุดภาพ E7156S4



ชุดภาพ E8171S4 ต้นฉบับ



ผลการแยกบริเวณของชุดภาพ E8171S4

ภาคผนวก ง

บทความที่นำเสนอในงานการประชุมวิชาการ

1) การประชุมวิชาการเทคโนโลยีสารสนเทศทางการแพทย์และสาธารณสุขไทย ครั้งที่ 7 (The 7th Thai medical Informatics Meeting) จัดโดย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 12-15 พฤษภาคม 2541

2) การประชุมวิชาการวิทยาการและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2541 (The National Computer Science and Engineering Conference 1998) จัดโดย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ คณาจารย์สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์จากมหาวิทยาลัยทั่วประเทศ 19 – 21 ตุลาคม 2541

BOOK OF ABSTRACT

ประชุมวิชาการเทคโนโลยีสารสนเทศทางการแพทย์ และสาธารณสุขไทย ครั้งที่ 7

จัดโดย

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12 - 15 พฤษภาคม 2541

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
โปรแกรมการประชุม	2
☞ การสื่อสารทางอินเทอร์เนตด้วยอักษรไทย *นพ.ธนิต หาสาสน์ศรี*	7
☞ หนึ่งในฐานข้อมูลที่มีคุณค่าของหอสมุด คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย *เพ็ญพิมล เชี่ยวนาวิน*	8
☞ ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบควบคุมโรคติดต่อ *วีณา ภักดีสิริวิชัย*	9
☞ การตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลเวชระเบียนในโรงพยาบาลอุดรติดถ์ *เยาวลักษณ์ จันแดง*	10
☞ ระบบแปลงและจัดเก็บภาพอัลตร้าซาวด์ตามมาตรฐาน DICOM *ดร.สุธี ผู้เจริญชัยชนะ*	12
☞ Three Dimension Brain MRI Volume Rendering Using Variable Transparent Technique *นพ.ทายาท ตีสุดจิต*	15
☞ เชื่อม LAN กับอินเตอร์เนตด้วยลีนุกส์ *นพ.นริศ วารณะวัฒน์*	16
☞ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับงานบริการรังสีวิทยา *พญ.อุทัยรัศมิ์ เชื่อมรัตนกุล*	17
☞ ประสบการณ์ 6 ปีในการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการสอนแพทย์ประจำบ้านออร์โธปิดิกส์ในโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า *นพ.กฤษณ์ กาญจนฤกษ์*	18
☞ การจัดทำดำราเรื่องเทคนิคการจัดท่าในการถ่ายภาพเอกซเรย์บรรจุไว้ในซีดีรอม *ผศ.มาลินี ธนารุณ*	20
☞ กลุ่มวินิจฉัยโรคร่วมปี 2540 ฐานข้อมูลผู้ป่วยในกว่า 1 ล้านราย *ศุภสิทธิ์ พรรณารุโณทัย*	21
☞ วอยซ์เมล สายศูนย์วิทย์ฯ *วิชัย ปราสาททอง*	22
☞ อินเทอร์เนทสำหรับนักเดินทาง *นพ.ชัช จันทร์งาม*	23
☞ การพัฒนาระบบการวินิจฉัยโรคกระดูกทางไกลด้วยฟิล์มเอกซเรย์ *ผศ.ดร.ภัทรสินี ภัทรโกศล*	24
☞ เครื่องมือสำหรับช่วยศึกษาและวิเคราะห์เพื่อการแยกบริเวณสมองในภาพเอ็มอาร์ไอ *นายภาณุศักดิ์ เอกอารีศักดิ์*	25
แผนผัง สถานที่จัดประชุมวิชาการ รพ.จุฬาลงกรณ์	26

เครื่องมือสำหรับช่วยศึกษาและวิเคราะห์เพื่อการแยกบริเวณสมองในภาพเอ็มอาร์ไอ

ผู้ศึกษาวิจัย นายภาณุศักดิ์ เอกอารีศักดิ์
สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BrainSeg เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยศึกษาและวิเคราะห์เพื่อการแยกบริเวณสมองจากภาพเอ็มอาร์ไอ โปรแกรมออกแบบไว้สำหรับทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมเครื่องพีซีซึ่งระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95 ขึ้นไป การทำงานของโปรแกรมจะอ่านชุดภาพสมองซึ่งเป็นไฟล์รูปแบบ .im0 และแสดงภาพเอ็มอาร์ไอของชุดภาพบนหน้าต่าง (window) ผู้ใช้สามารถเลือกวิธีประมวลผลภาพดิจิตอลแบบต่าง ๆ บนแต่ละภาพสมองที่แสดงบนหน้าต่างได้โดยสะดวกและง่าย ผู้ใช้โปรแกรมสามารถดูผลได้ทันทีและอาจนำผลที่ได้ไปประมวลผลภาพแบบอื่น หรือนำไปประกอบการใช้งานอื่นต่อไปได้

วิธีการประมวลผลภาพดิจิตอลซึ่งเตรียมไว้ในโปรแกรมจะเป็นวิธีที่ถูกเลือกใช้บ่อย ได้แก่ ฮีสโตแกรมของภาพ (histogram) การทำเธรสโฮลด์ (thresholding) การขยายเพื่อดูรายละเอียด (zoom-in) การกรองสัญญาณภาพ (image filtering) การยุบตัวของบริเวณ (erosion) การแผ่ขยายของบริเวณ (dilation) เป็นต้น โปรแกรมยังได้เตรียมเครื่องมือสำหรับช่วยวิเคราะห์ช่วง เธรสโฮลด์ของสมองจากฮีสโตแกรมซึ่งอาจใช้เป็นข้อมูลสำหรับการแยกบริเวณสมองจากภาพเอ็มอาร์ไอด้วยการทำเธรสโฮลด์ (thresholding) และนอกจากนี้โปรแกรมยังได้เตรียมเครื่องมือสำหรับการแยกบริเวณสมองจากภาพเอ็มอาร์ไอโดยอัตโนมัติ ซึ่งขณะนี้สามารถใช้งานได้ผลแล้วในระดับหนึ่ง

NCSEC'98

The National Computer Science and Engineering Conference 1998

October 19 - 21, 1998

9.00 - 16.30

Kasetsart Golden Jubilee Administration and Information Center

Kasetsart University, Bangkok, Thailand

Organized by

Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering, Kasetsart University
with
The Cooperation of Several Leading Universities

Sponsored by

Kasetsart University
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

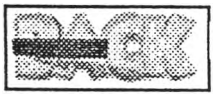
The National Electronics and
Computer Technology Center

NCSEC98 Electronics Proceedings

- About NCSEC98
- Online Tutorial Material
- Full Papers
- Poster Papers
- Free Software

Poster

Paper ID	Paper Name
3	On version of distributed service types
4	Building a Low-cost Visualization Tool for Simulated Fluidized Bed Flow
7	Performance comparison of Thai word separation algorithms
8	Inspection of Water Mark on Currency Note by Using Correlation Mapping and Neural Network
10	Hierarchical Caches in Campus Network with Low Capacity Wan Connection
14	การจำลองการทำงานร่วมกันของเฟรมรีเลย์และเอทีเอ็ม
15	ระบบผู้เชี่ยวชาญในการอนุมัติสินเชื่อของธนาคารพาณิชย์
19	ซอฟแวร์เพื่อการวิเคราะห์และประเมิน IPX Traffic
20	การสร้างภาษานิยามงานข้อมูลที่ใช้แบบจำลองเชิงแนวคิดในแอม
21	ชุดพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS -96 ที่สามารถทำงานที่แอดเดรสจริง
32	การรู้จำลายมือเขียนตัวอักษรภาษาลาวโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม
57	An Electronic Mail Extension for CU-Writer for Windows Thai Word Processor
58	A Data Coupling and Control Coupling Measurement for Preliminary Structural Design using Offutt and Associates'Algorithms
59	Development of CD-ROM-based Online Information Services
60	Thai-English Cross-Language Transliterated Word Retrieval using Soundex Technique
61	โปรแกรมเพื่อการศึกษาและทดลองแนวคิดในการแยกบริเวณสมองจากภาพ MRI
63	Development environment based on LOTOS and architectural styles



BrainSeg - โปรแกรมเพื่อศึกษาและทดลองแนวคิดในการแยกบริเวณสมองจากภาพ MRI

BrainSeg - PROGRAM TOOLS TO STUDY AND EXPERIMENT TECHNIQUES FOR MRI BRAIN IMAGE SEGMENTATION

Panusak Eakareesak * ภาณุศักดิ์ เอกอารีศักดิ์
Nongluk Covavisaruch ** นงลักษณ์ โควาวิสารัช

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
Phone: (66-2) 218-6979, Fax: (66-2) 218-6955
panusake@asiaaccess.net.th nongluk.c@chula.ac.th

บทคัดย่อ

โปรแกรม BrainSeg ที่นำเสนอในบทความนี้เป็นเครื่องมือสำหรับช่วยในการศึกษาวิจัยที่เหมาะกับภาพดิจิตอลโดยเฉพาะอย่างยิ่งภาพถ่าย MRI ซึ่งเครื่องมือลักษณะนี้อาจยังไม่มีหรือมีให้ใช้ไม่มาก ดังนั้น โปรแกรม BrainSeg จึงเป็นเครื่องมือที่เหมาะสำหรับผู้สนใจที่อยู่ในวงการแพทย์หรือสาขาที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพดิจิตอลเพื่อใช้ในการศึกษาสามารถเข้าใจภาพ MRI ดีขึ้น และสามารถใช้โปรแกรมนี้ทดสอบแนวคิดการประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพดิจิตอลกับภาพถ่าย MRI สามารถมองเห็นผลของการทำงานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งนำผลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาขั้นตอนวิธีที่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้โปรแกรม BrainSeg ยังได้พัฒนาการแยกบริเวณสมองแบบอัตโนมัติตามวิธีที่ผู้วิจัยได้คิดขึ้นด้วย

Abstract

BrainSeg program presented in this paper provides image processing tools to work with MRI image sets for the purpose of assisting in the MRI image studies and researches. The program is special in that it is one of the very few software which works directly on MRI images. Hence, BrainSeg is suitable for people in medicine or other related areas. Program users are able to experiment their ideas of applying image processing techniques on MRI images and they can see the results within short period of time. These features of the program should lead to more complex and powerful automatic segmentation algorithms. BrainSeg also includes an automatic brain segmentation for a MRI brain image set which was implemented based on the authors' research approach.

Keywords: การแยกบริเวณสมอง, ระนาบที่ขนานกับใบหน้า (Coronal Plane), BrainSeg, MRI, การประมวลผลภาพดิจิตอล, ฮีสโตแกรม (Histogram), Thresholding, IM0, Gaussian Filter, Different, Dilation, Erosion, Opening, Closing, ค่าขีดแบ่ง, การขยายบริเวณ (Region Growing)

---

* นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. บทนำ

การศึกษาหรือการวิเคราะห์หาความผิดปกติของสมองอาจพิจารณาจากรูปร่างสมองในภาพถ่ายซึ่งภาพถ่ายสมองของผู้ป่วยจะมีทั้งส่วนที่เป็นสมองและส่วนที่ไม่ใช่สมองรวมอยู่ด้วยกันในภาพ การแยกบริเวณสมองออกจากส่วนอื่นในภาพจึงเป็นงานสำคัญในการเตรียมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการศึกษาหรือวิเคราะห์ดังกล่าว การแยกบริเวณสมองมีอยู่ 2 แบบได้แก่ การแยกบริเวณสมองแบบที่ต้องอาศัยมนุษย์ช่วยกำหนดขอบเขตของสมอง และแบบที่ใช้วิธีทางการประมวลผลภาพดิจิตอลเข้าช่วย ซึ่งทั้ง 2 แบบนี้มีจุดดีจุดด้อยต่างกันคือ แบบที่ต้องอาศัยคนช่วยกำหนดขอบเขตย่อมจะได้ผลลัพธ์ของการแยกบริเวณที่ตรงตามความต้องการที่จะนำไปใช้ แต่ก็ต้องใช้เวลามากในการแยกบริเวณโดยเฉพาะกับชุดภาพถ่ายสมองซึ่งชุดหนึ่งมีจำนวนมากถึง 60 ภาพ ส่วนแบบที่ใช้วิธีการประมวลผลภาพดิจิตอลนั้นย่อมทำได้รวดเร็วกว่า และเป็นการลดภาระของมนุษย์ได้มากกว่าเนื่องจากใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงาน แต่ผลลัพธ์ที่ออกมาจะตรงตามความต้องการหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับการประยุกต์เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอลแบบต่าง ๆ เพื่อการแยกบริเวณ และยังขึ้นกับคุณภาพของภาพที่นำมาใช้ด้วย

ปัจจุบันเราสามารถถ่ายภาพสมองได้โดยใช้เครื่องสแกนภาพ MRI โดยทั่วไปภาพ MRI สมองชุดหนึ่งจะมีประมาณ 60 ภาพ (เครื่องสแกนภาพ MRI บางเครื่องอาจถ่ายได้มากกว่านี้) ระนาบของภาพที่ถ่ายโดยเครื่องสแกนภาพ MRI สามารถกำหนดได้ 3 แบบ คือระนาบที่ขนานกับใบหน้า (coronal plane) ระนาบที่ตั้งฉากกับใบหน้า (sagittal plane) และระนาบที่ตั้งฉากกับแกนศีรษะ (axial plane) ระนาบที่ใช้โดยทั่วไปคือระนาบที่ขนานกับใบหน้า [4] โดยที่ภาพ MRI เป็นภาพระดับเทามีความละเอียด 256 x 256 จุดที่มีข้อมูลระดับเทา 16 บิตต่อ 1 จุดภาพ

บทความนี้นำเสนอโปรแกรม BrainSeg ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับช่วยศึกษาและทดลองแนวคิดในการแยกบริเวณสมองโดยใช้วิธีทางการประมวลผลภาพดิจิตอลกับภาพถ่าย MRI ผู้ใช้สามารถเลือกทดลองวิธีต่าง ๆ ทางการประมวลผลภาพกับภาพถ่าย MRI ของสมองเพื่อทดสอบผลตามแนวทางที่ตนเองคิดได้ นอกจากนี้โปรแกรม BrainSeg ยังมีส่วนที่ทำการแยกบริเวณโดยอัตโนมัติตามวิธีที่ผู้วิจัยได้ทำขึ้นซึ่งสามารถใช้งานได้ในระดับหนึ่ง

2. ความเป็นมาของ BrainSeg

จากการสำรวจพบว่ายังไม่มีการประมวลผลภาพดิจิตอลวิธีใดที่สามารถแยกบริเวณสมองเสร็จในขั้นตอนเดียว และพบว่าส่วนใหญ่ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่เป็นอย่างน้อย ได้แก่ขั้นตอนของการทำ pre-processing เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน (noise) และทำให้ภาพมีความชัดเจนมากขึ้นก่อนจะนำไปสู่ขั้นตอนต่อไป ส่วนขั้นตอนใหญ่ขั้นตอนที่สองเป็นการแยกส่วนที่เป็นสมองและไม่ใช่สมองออกจากกันอย่างชัดเจน ในสองขั้นตอนใหญ่นี้อาจประกอบด้วยหลายขั้นตอนย่อย ซึ่งวิธีประมวลผลภาพดิจิตอลที่เลือกสำหรับขั้นตอนย่อยต่าง ๆ อาจมีได้หลายแนวคิด ทำให้เห็นว่าจะเป็นการสะดวกและประหยัดเวลามากหากมีเครื่องมือที่เตรียมวิธีประมวลผลภาพดิจิตอลแบบต่าง ๆ เพื่อทดสอบแนวคิดต่าง ๆ ที่สามารถทำได้ง่ายและเห็นผลได้อย่างรวดเร็ว

สำหรับโปรแกรม BrainSeg นี้ได้เตรียมส่วนที่เป็น worksheet (ซึ่งคล้ายกับ worksheet ของโปรแกรม Microsoft Excel) เพื่อให้ผู้ใช้ทดลองและดูผลจากการประมวลผลภาพดิจิตอลบน worksheet ที่หน้าจอได้อย่างรวดเร็ว ผู้ใช้สามารถกำหนดภาพต้นฉบับ กำหนดวิธีการประมวลผลภาพ แล้วดูผลของการประมวลผลภาพนั้น ๆ นอกจากนี้ยังสามารถนำผลที่ได้จากการประมวลผลโดยวิธีหนึ่งไปใช้เป็นข้อมูลภาพต้นฉบับของการประมวลผลอีกวิธีหนึ่ง และดูผลลัพธ์ของการกระทำได้อย่างรวดเร็วอีกด้วย

3. ความสามารถและข้อจำกัดของ BrainSeg

โปรแกรม BrainSeg ได้รวบรวมวิธีการประมวลผลภาพดิจิตอลแบบต่าง ๆ และเครื่องมืออื่นที่น่าจะใช้ประกอบเพื่อการศึกษาและเพื่อการแยกบริเวณสมองไว้ให้เลือกใช้หลายอย่าง ความสามารถของโปรแกรมรวมถึงข้อจำกัดในการใช้งานมีดังนี้

3.1 ความสามารถของโปรแกรม

โปรแกรม BrainSeg มีความสามารถในการประมวลผลภาพ การแสดงผล และการ export ข้อมูลภาพดังนี้

1. ความสามารถในการประมวลผลภาพ

1) การแสดงฮีสโตแกรม จัดทำไว้เพื่อให้ผู้ใช้เห็นลักษณะการกระจายหรือการเกาะกลุ่มของค่าระดับเทาของพิกเซลในภาพถ่าย MRI

2) **เครื่องมือสำหรับการทำ Thresholding** จัดทำไว้เพื่อให้เห็นผลที่ได้จากการทำ thresholding กับภาพ MRI โดยผู้ใช้สามารถกำหนดค่าขีดแบ่ง (threshold) ต่ำสุดและสูงสุด อีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนแปลงช่วงของค่าขีดแบ่งที่กำหนดได้ด้วย ซึ่งโดยปกติผู้ใช้จะเลือกค่าขีดแบ่งจากการวิเคราะห์ฮีสโตแกรมของภาพ แต่โปรแกรมนี้ได้พัฒนาเครื่องมือนี้เพิ่มเติมเพื่อช่วยวิเคราะห์ค่าขีดแบ่ง โดยโปรแกรมสามารถแสดงผลลัพธ์ของภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าขีดแบ่งโดยอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง ผู้ใช้สามารถสังเกตผลที่เปลี่ยนแปลงต่อเนื่องนี้แล้วจึงเลือกค่าขีดแบ่งที่ให้ผลใกล้เคียงกับที่ต้องการมากที่สุดได้

3) **เครื่องมือสำหรับประมวลผลภาพดิจิตอลในส่วนของ worksheet** เช่น การทำ thresholding การใช้ Gaussian filter การคำนวณความแตกต่างของภาพ (Different) การทำ Morphology กับภาพอันได้แก่การทำ Erosion, Dilation, Opening, Closing การทำ thresholding ในช่วงของค่าขีดแบ่งที่กำหนดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นภาพ 2 ระดับ (Binary Thresholding) ซึ่งเครื่องมือต่าง ๆ เหล่านี้ ผู้ใช้สามารถนำมาทดลองกับภาพ MRI สมองเพื่อดูภาพผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้

4) **เครื่องมือสำหรับการแยกบริเวณสมองโดยอัตโนมัติ** โปรแกรม BrainSeg ได้รวมส่วนของการแยกบริเวณสมองจากชุดภาพถ่าย MRI ในระนาบที่ตั้งฉากกับแกนศีรษะได้โดยอัตโนมัติตามวิธีที่ผู้วิจัยได้คิดขึ้น โดยอาศัยการทำ thresholding เป็นพื้นฐานในการแยกบริเวณสมอง ค่าขีดแบ่งที่โปรแกรมใช้อาจเป็นค่าที่ผู้ใช้กำหนดหรือให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์จากฮีสโตแกรมของชุดภาพสมองและคำนวณช่วงค่าขีดแบ่งค่าต่ำสุดและสูงสุดได้โดยอัตโนมัติ

2. ความสามารถในการแสดงผล

1) **การแสดงชุดภาพ MRI** ทำให้ผู้ใช้เห็นชุดภาพ MRI สมองโดยรวม ตั้งแต่ภาพแรกถึงภาพสุดท้าย การแสดงชุดภาพอาจเลือกให้แสดงเฉพาะภาพต้นฉบับ หรือแสดงภาพต้นฉบับควบคู่กับฮีสโตแกรม หรือแสดงภาพต้นฉบับกับภาพสมองที่แยกบริเวณแล้ว หรือแสดงเฉพาะภาพสมองที่แยกบริเวณแล้วก็ได้

2) **การขยายภาพ** เป็นการขยายภาพให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้เห็นรายละเอียดมากขึ้น

3) **การพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์** โปรแกรม BrainSeg ได้ออกแบบไว้ให้ผู้ใช้โปรแกรมพิมพ์ภาพได้ด้วย

3. ความสามารถในการ export ข้อมูลภาพ

1) **การ export ข้อมูลภาพแบบ 8 บิตหรือ 16 บิต** เพื่อให้นำไปใช้ประโยชน์โดยโปรแกรมอื่นได้

2) **การเก็บภาพไว้ในคลิปบอร์ด** เพื่อนำไปใช้งานโดยโปรแกรมอื่นภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์

3.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม

เนื่องจากโปรแกรม BrainSeg นี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นรุ่นแรก จึงมีข้อจำกัดเกี่ยวกับอุปกรณ์และขีดความสามารถของโปรแกรม ดังนี้

1. เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์

โปรแกรม BrainSeg ออกแบบมาสำหรับทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95 ขึ้นไป เครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะใช้โปรแกรมนี้ควรเป็นเครื่อง Pentium 120 MHz หน่วยความจำ 32 MB มีเนื้อที่ฮาร์ดดิสก์เหลืออย่างต่ำ 50 MB และจอภาพควรแสดงผลได้ที่ความละเอียดอย่างต่ำ 800 x 600 จุด

2. รูปแบบของข้อมูลเข้า

โปรแกรม BrainSeg สามารถรับข้อมูลชุดภาพ MRI ในรูปแบบไฟล์ .IM0 หรือข้อมูลดิบ แบบ 8 บิต และ 16 บิตต่อจุดภาพ (ไม่มี Header) และภาพ MRI ต้องมีขนาดคงที่คือ 256 x 256 จุดเท่านั้น

3. การประมวลผลภายใน

การประมวลผลภายในของโปรแกรมจะใช้ข้อมูลภาพที่มีความละเอียด 256 x 256 จุดที่ข้อมูลระดับเทา 8 บิตต่อจุดภาพ ข้อมูลที่นำเข้าไปในโปรแกรมจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบนี้เสียก่อนที่จะนำไปใช้งานอื่น ๆ ได้ ซึ่งถึงแม้จะมีการลดข้อมูลจุดภาพจาก 16 บิตลงเหลือ 8 บิต แต่จะไม่ทำให้คุณภาพของข้อมูลลดลงอย่างมีนัยสำคัญต่อข้อมูลของบริเวณสมอง ทั้งนี้เพราะจากการศึกษาชุดภาพ MRI จำนวน 5–6 ชุด พบว่าค่าระดับเทาของสมองเริ่มต้นที่ค่าประมาณ 130 และมีค่าสูงสุดไม่เกิน 255 ดังนั้นในการแปลงข้อมูลค่าระดับเทาจาก 16 บิตให้เหลือ 8 บิตทำได้โดยการปรับค่าของพิกเซลที่มีค่าระดับเทาเกิน 255 ให้มีค่าเป็น 255 และพิกเซลที่มีค่าระดับเทาต่ำกว่า 255 จะไม่ถูกปรับค่า นอกจากนี้ ผลดีของการแปลงข้อมูลนี้ยังมีผลทำให้โปรแกรมใช้เนื้อที่หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลน้อยลงครึ่งหนึ่ง และใช้เวลาในการประมวลผลสั้นลงด้วย

4. ลักษณะและการใช้งาน BrainSeg

4.1 เมนูคำสั่ง

โปรแกรม BrainSeg เป็นโปรแกรมที่พัฒนาให้ใช้กับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ มีเมนูคำสั่งสำหรับใช้งานดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 1 ดังนี้

File เมนูเกี่ยวกับไฟล์ สำหรับการเปิด ปิด เก็บข้อมูล หรือนำเข้าข้อมูล

Edit เมนูเกี่ยวกับภาพ MRI การย่อขยาย ไปยังภาพที่ต้องการ การเก็บข้อมูลแต่ละภาพ การพิมพ์แต่ละภาพ การดูฮีสโตแกรมแต่ละภาพ

View เมนูเกี่ยวกับการแสดงชุดภาพ MRI รูปแบบต่าง ๆ กัน และการเรียกหน้าต่างเครื่องมือสำหรับการทำ thresholding และเครื่องมือสำหรับประมวลผลภาพดิจิตอล

Segment เมนูเกี่ยวกับแยกบริเวณสมองโดยอัตโนมัติ

Options เมนูเกี่ยวกับการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

เมื่อติดตั้งโปรแกรมแล้ว จะต้องเริ่มต้นด้วยการนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมโดยใช้คำสั่ง File/Import Dataset โปรแกรมจะอ่านและแปลงข้อมูลเก็บไว้ภายในหน่วยความจำ และแสดงภาพ MRI ต้นฉบับทั้งชุด (ประมาณ 60 ภาพ) ในลักษณะเดียวกับการสั่ง View/Dataset ดังรูปที่ 1

ผู้ใช้สามารถใช้เมาส์เลือกภาพที่ต้องการและคลิกปุ่มขวาเพื่อแสดงเมนูย่อย ในเมนูย่อยที่ปรากฏจะใช้ภาพที่เลือกไว้นี้เป็นต้นฉบับสำหรับการประมวลผลต่อไป เช่น การขยายใหญ่ การแสดงฮีสโตแกรม การแสดงขั้นตอนการแยกบริเวณ หรือการนำภาพไปใช้ในเครื่องมือการทำ thresholding เป็นต้น

4.2 การแสดงชุดภาพ MRI แบบต่าง ๆ

โปรแกรม BrainSeg อำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ให้สามารถแสดงชุดภาพ MRI ได้ 5 ลักษณะคือ

1. แสดงเฉพาะภาพต้นฉบับ (View/Dataset)
2. แสดงภาพต้นฉบับและฮีสโตแกรม (View/Dataset & Histogram)
3. แสดงภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์การแยกบริเวณ (View/Dataset & Result)
4. แสดงเฉพาะภาพผลลัพธ์การแยกบริเวณ (View/Result)
5. แสดงเฉพาะฮีสโตแกรมของภาพต้นฉบับ (View/Histogram)

4.3 เครื่องมือสำหรับการทำ thresholding

ผู้ใช้สามารถเรียกเครื่องมือนี้โดยเลือกคำสั่ง View/Threshold เครื่องมือนี้จะยอมให้ผู้ใช้ตั้งค่าขีดแบ่งสูงสุดและต่ำสุด และดูผลการทำ thresholding กับภาพได้อย่างรวดเร็ว การตั้งค่าขีดแบ่งทำได้ 2 ลักษณะ คือ แบบบังคับช่วงของค่าขีดแบ่ง (fixed threshold range) และแบบไม่บังคับช่วงของค่าขีดแบ่ง สำหรับแบบบังคับช่วงของค่าขีดแบ่ง ผู้ใช้สามารถเลือกค่าขีดแบ่งต่ำสุด (หรือสูงสุด) ซึ่งจะทำให้ค่าขีดแบ่งสูงสุด (หรือต่ำสุด) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยที่ช่วงของค่าขีดแบ่งคงที่ และสำหรับแบบไม่บังคับช่วงค่าขีดแบ่ง ผู้ใช้สามารถตั้งค่าสูงสุดและต่ำสุดได้เป็นอิสระต่อกัน

ปุ่ม Sweep ในหน้าจอนี้ใช้เป็นฟังก์ชันพิเศษที่จะเปลี่ยนแปลงค่าขีดแบ่งทั้งค่าต่ำสุดและสูงสุดไปด้วยกันแบบอัตโนมัติโดยคงระยะช่วงห่างไว้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถสังเกตดูการเปลี่ยนแปลงของภาพเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าขีดแบ่งได้อย่างต่อเนื่อง และหากมีการตั้งช่วงของค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมแล้ว จะช่วยให้ผู้ใช้มองเห็นบริเวณสมองส่วนที่เป็น white matter, gray matter และส่วนอื่น ๆ ในภาพ ชัดขึ้นเป็นลำดับในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าขีดแบ่ง

นอกจากนี้ ผู้ใช้ยังสามารถกำหนดได้ว่าจะเลือกหรือไม่เลือกใช้ Gaussian Filter กับภาพต้นฉบับ การเลือกใช้ Gaussian Filter ทำเพื่อลดสัญญาณรบกวน ทำให้ข้อมูลภาพผลลัพธ์เกิดความต่อเนื่องมากขึ้น

รูปที่ 2 แสดงถึงตัวอย่างหน้าจอของเครื่องมือสำหรับการทำ thresholding และตัวอย่างของภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ตามค่าที่ได้กำหนดไว้

4.4 เครื่องมือสำหรับประมวลผลภาพดิจิตอล

ผู้ใช้สามารถเลือกเครื่องมือนี้โดยการเลือก View/Brain Image Worksheet ซึ่งจะเห็นบริเวณทำงานมีลักษณะเป็นช่อง (cell) ดังตัวอย่างในรูปที่ 3 วิธีประมวลผลภาพดิจิตอลที่มีให้เลือกใช้ได้ ได้แก่ ปุ่ม G - Gaussian Filter, ปุ่ม H - Histogram, ปุ่ม DF - Different, ปุ่ม DI - Dilation, ปุ่ม ER - Erosion, ปุ่ม TH - Threshold, ปุ่ม BT - Binary Threshold, ปุ่ม O - Opening และปุ่ม C - Closing ในแต่ละวิธีดังกล่าวข้างต้นนี้มีความต้องการข้อมูลภาพต้นทางและมีการแสดงผลลัพธ์เป็นภาพ จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดช่องบนแผ่นงาน (worksheet) ที่จะใช้เป็นภาพต้นทางและช่องที่จะใช้แสดงภาพผลลัพธ์ ดังนั้น ในแต่ละวิธีของการประมวลผลภาพจึงอาจมีขั้นตอนวิธีการใช้งานแตกต่างกันไปดังนี้

1. การดึงข้อมูลภาพต้นฉบับมาใช้จากชุดภาพที่แปลงไว้แล้ว (File/New Image) ต้องกำหนดเฉพาะช่องที่ใช้แสดงภาพเพียงช่องเดียวเท่านั้น

2. วิธีการทำ Gaussian Filter, Histogram, Dilation, Erosion, Threshold, Binary Threshold, Opening, Closing ต้องกำหนดช่องที่ใช้สำหรับภาพต้นทาง (หรือภาพต้นฉบับ) และช่องสำหรับภาพผลลัพธ์ ซึ่งการกำหนดภาพที่จะใช้เป็นภาพต้นทางอาจทำได้โดยดึงข้อมูลภาพต้นฉบับหรือใช้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มาจากการประมวลผลด้วยวิธีอื่นมาแล้วก็ได้

3. วิธีการทำ Different ต้องการช่องสำหรับภาพต้นทาง 2 ช่อง คือช่องสำหรับภาพต้นทางภาพที่ 1 และช่องสำหรับภาพต้นทางภาพที่ 2 และยังต้องการช่องสำหรับภาพผลลัพธ์อีก 1 ช่อง การกำหนดช่องสำหรับภาพต้นทางที่ 1 และ 2 นั้นทำได้โดยการดึงข้อมูลภาพต้นทางมาจากภาพใดภาพหนึ่งของชุดภาพ MRI ที่ได้แปลงค่าไว้แล้ว หรือจะใช้ภาพผลลัพธ์จากการประมวลผลด้วยวิธีอื่นที่ทำมาแล้วก็ได้

5. การแยกบริเวณสมองโดยอัตโนมัติที่ใช้ใน BrainSeg

การแยกบริเวณสมองที่ใช้ในโปรแกรม BrainSeg ใช้วิธีประมวลผลภาพดิจิตอลตามวิธีที่ผู้วิจัยได้ทำขึ้น แบ่งเป็นขั้นตอน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4 ดังนี้

1. วิเคราะห์หาช่วงของค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมโดยการวิเคราะห์จากฮีสโตแกรมของชุดภาพ MRI โดยภาพทุกภาพจะถูกนำมาวิเคราะห์และหาช่วงของค่าขีดแบ่ง

แล้วจึงนำค่าที่ได้จากแต่ละภาพมาทำการเฉลี่ยเพื่อให้เป็นค่ากลางที่นำไปใช้กับทุกภาพในชุดภาพ MRI นั้น ๆ

2. นำภาพต้นฉบับมาทำการ thresholding โดยใช้ช่วงค่าขีดแบ่งที่ได้จากข้อ 1 ซึ่งโปรแกรม BrainSeg ได้เปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าของช่วงขีดแบ่งได้ด้วย

3. นำภาพผลลัพธ์จากข้อ 2 มาทำ Erosion [3]

4. นำภาพผลลัพธ์จากข้อ 2 มาทำ Erosion ด้วย structure element ที่ใหญ่กว่าที่ใช้ในข้อ 3 เล็กน้อย (ผู้ใช้สามารถกำหนดขนาดของ structure element ได้)

5. นำภาพผลลัพธ์จากข้อ 3 และ 4 มาหาค่าความแตกต่าง ภาพผลลัพธ์จะแสดงเส้นขอบของบริเวณต่าง ๆ เส้นขอบนี้จะถูกทำให้บางลงและมีความกว้าง 1 จุดภาพด้วยการทำ Thining [2, 3]

6. พื้นที่ (หมายถึงบริเวณพิกเซลที่ติดกัน) ของบริเวณที่ปรากฏในภาพในข้อที่ 3 จะถูกนำมาคำนวณหาขนาดและจัดเรียงลำดับตามขนาดจากขนาดใหญ่ไปขนาดเล็ก ในงานวิจัยได้ตั้งสมมุติฐานว่าบริเวณสมองจะเป็นบริเวณที่มีพื้นที่ใหญ่เป็นอันดับแรก ๆ เพราะฉะนั้นพื้นที่ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่สุดและรองลงไปจะถูกเลือกไว้และนำจุดภาพหนึ่งจุดในพื้นที่นั้นมากำหนดเป็นจุดเริ่มต้นของการขยายบริเวณ (seedings for region growing) การขยายบริเวณ [1] มีขอบเขตที่ได้ถูกกำหนดไว้แล้วโดยเส้นขอบที่ได้จากภาพที่เป็นผลลัพธ์จากข้อ 5 (พื้นที่ที่ถูกเลือกให้ทำ region growing จะเท่ากับ x เปอร์เซนต์ของพื้นที่ทั้งหมดที่ได้จากภาพในข้อ 4 โดยที่ค่าเปอร์เซนต์นี้ผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้) และผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 6 นี้ก็คือบริเวณส่วนที่เป็นสมอง

6. สรุป

โปรแกรม BrainSeg เป็นเครื่องมือหนึ่งสำหรับช่วยในการศึกษาชุดภาพ MRI ตัวโปรแกรมได้จัดเตรียมในส่วนของการแสดงผล และมีเครื่องมืออำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการประมวลผลภาพดิจิตอลแบบต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้เห็นชุดภาพ MRI โดยรวม ผู้ใช้สามารถทดลองและดูผลที่เกิดขึ้นกับภาพ MRI เหล่านั้น ทำให้มีความสะดวกในการทดสอบวิธีการที่ได้คิดไว้ และเป็นแนวทางในการคิดค้นวิธีการแยกบริเวณสมองจากภาพ MRI ที่มีประสิทธิภาพต่อไป นอกจากนี้โปรแกรมยังมีวิธีการแยกบริเวณสมองโดยอัตโนมัติที่ผู้วิจัยได้ทำขึ้นซึ่งอาศัยพื้นฐานของการทำ thresholding เพื่อใช้สำหรับทดสอบกับชุดภาพ MRI ที่สามารถใช้งานได้ในระดับหนึ่งอีกด้วย

7. การพัฒนาต่อไป

เนื่องจากโปรแกรม BrainSeg นี้ได้รับการพัฒนาเพื่อใช้เป็นรุ่นแรก แต่ก็เป็นโปรแกรมที่มีประโยชน์และใช้งานได้ดีระดับหนึ่ง ผู้วิจัยจึงมีแผนงานที่จะพัฒนาต่อไปในเรื่องของการแยกบริเวณสมองจากชุดภาพ MRI ทั้งในแง่ของเทคนิคและเครื่องมือช่วยในงานวิจัย โดยส่วนของเครื่องมือคือ BrainSeg นี้คาดว่าจะปรับปรุงให้สามารถรับรูปแบบข้อมูลเข้าได้มากขึ้น พัฒนาให้มีเครื่องมือและวิธีประมวลผลที่มากขึ้น สามารถประมวลผลที่ความละเอียดมากขึ้น (ข้อมูลเกิน 8 บิตต่อจุดภาพ) และการพัฒนาเครื่องมือในทำนองเดียวกันนี้โดยไม่จำกัดว่าจะเป็นภาพ MRI เท่านั้น

8. เอกสารอ้างอิง

[1] J. D. Foley, and others, “Computer Graphics: Principles and Practice, 2nd edition”, Addison-Wesley, Reading, MA, 1996.

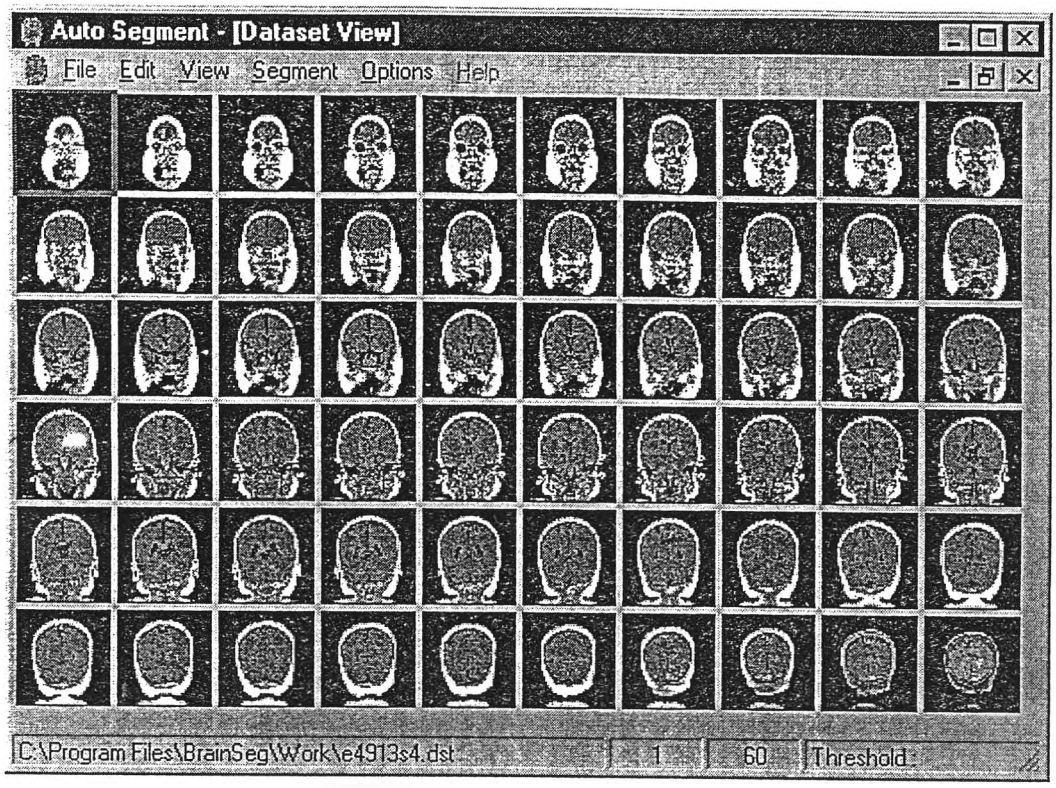
[2] R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, “Digital Image Processing”, Addison-Wesley, Reading, MA, 1992.

[3] J. C. Russ, “The Image Processing Handbook, 2nd edition”, CRC Press, Boca Raton, FL, 1995.

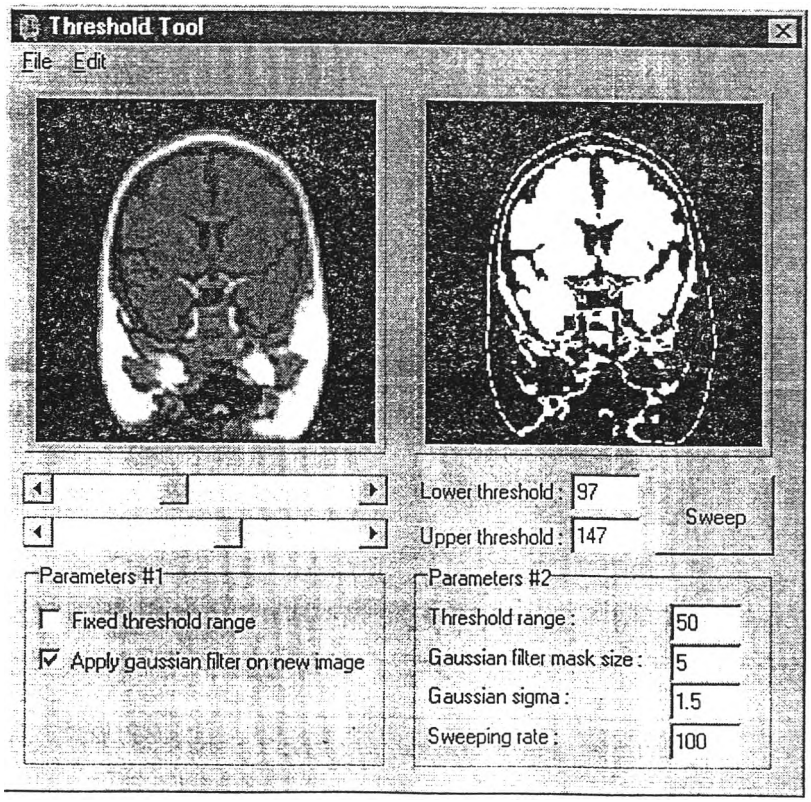
[4] MGH Neurology Homepage, “MRI Brain Segmentation, Typical Data.” <http://neuro-www.mgh.harvard.edu/cma/seg_f/mri_physics. html>

กิตติกรรมประกาศ

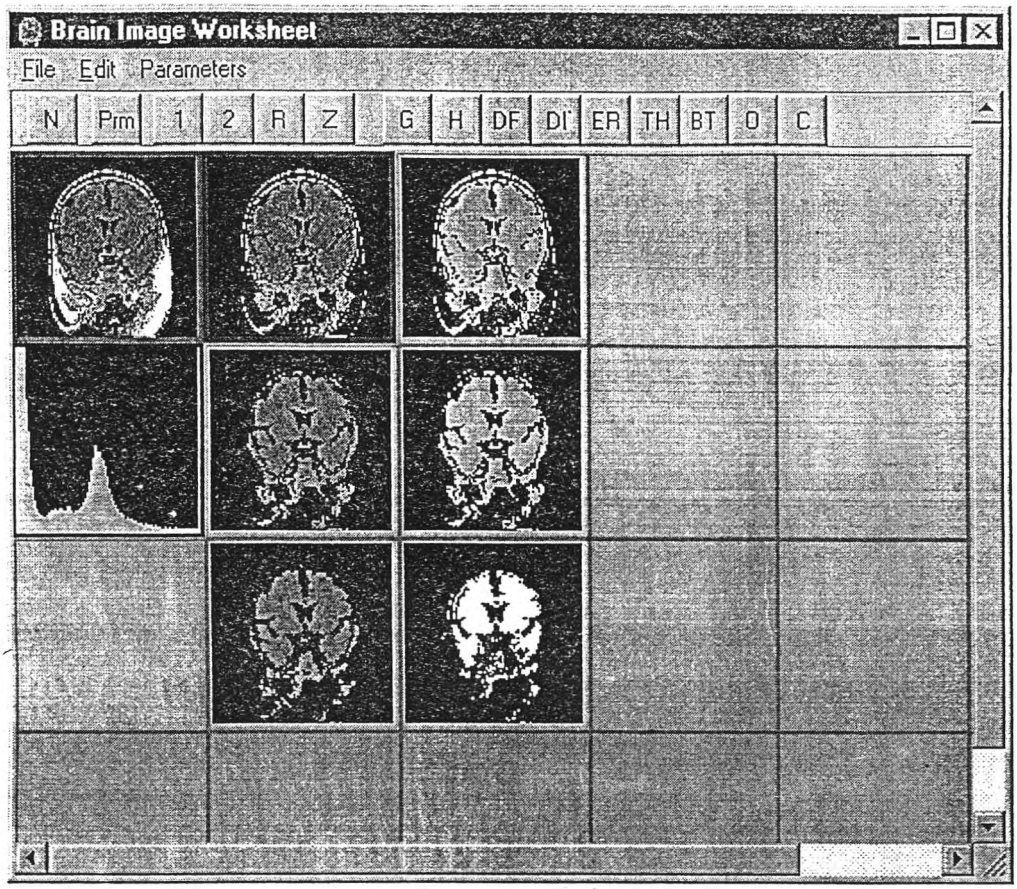
ขอขอบคุณ อาจารย์นายแพทย์ทายาท ดีสุดจิต ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูล ตลอดจนให้คำแนะนำในการพัฒนาโปรแกรม และขอบคุณคุณทศพล ธนะทิพานนท์ ที่ช่วยเหลือในระหว่างการเขียนบทความนี้เป็นอย่างดี



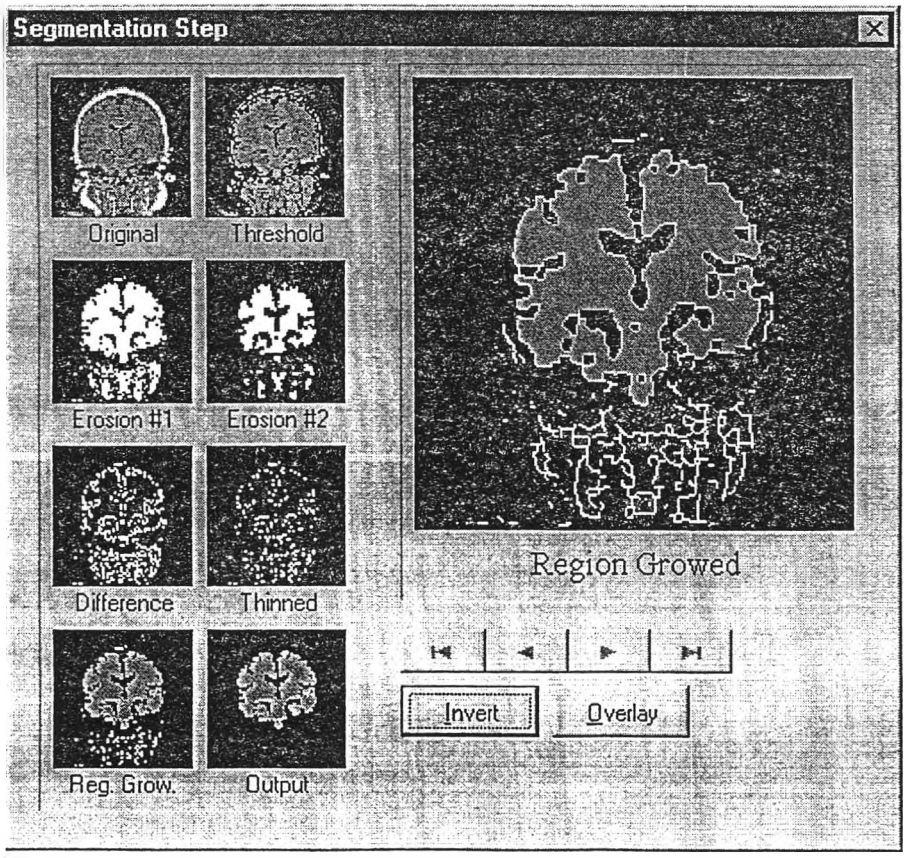
รูปที่ 1 หน้าจอแสดงชุดภาพ MRI เฉพาะภาพด้านฉบับ (View Dataset)



รูปที่ 2 หน้าจอเครื่องมือสำหรับการทำ thresholding



รูปที่ 3 หน้าจอเครื่องมือสำหรับประมวลผลภาพดิจิตอลที่มีลักษณะของ worksheet



รูปที่ 4 หน้าจอแสดงขั้นตอนการแยกบริเวณโดยอัตโนมัติซึ่งผู้วิจัยได้ทำขึ้น และมีให้ใช้ในโปรแกรม BrainSeg

ประวัติผู้วิจัย

นายภาณุศักดิ์ เอกอารีศักดิ์ เกิดวันที่ 23 ตุลาคม พ.ศ. 2511 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (คอมพิวเตอร์) ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2532 และเข้าศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ภาคนอกเวลาราชการ) ปี พ.ศ. 2538 ปัจจุบันทำงานกับบริษัท เซ็นจูรี่เทเลคอม จำกัด ในส่วนการวิจัยและพัฒนาระบบตู้ชุมสายโทรศัพท์สาขาและส่วนเกี่ยวข้องกับระบบเน็ตเวิร์ค