

บทที่ 5

การทดลองและผลลัพธ์

ในบทนี้นำเสนอผลลัพธ์ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของวิธีการแบ่งส่วนที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยชุดภาพที่นำมาใช้ในการทดลองมีด้วยกัน 2 ประเภท ซึ่งประเภทแรกเป็นชุดภาพที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น และในประเภทที่สองเป็นชุดภาพของผู้ป่วยจากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ซึ่งเป็นชุดภาพเดียวกันกับที่นำมาใช้ในการทดลองในงานวิจัยของภาคคุณศักดิ์ เอกอารีศักดิ์ [1] (งานวิจัยของภาคคุณศักดิ์เป็นงานวิจัยก่อนหน้างานวิจัยนี้ และอยู่ในห้องปฏิบัติการเดียวกัน) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากชุดภาพทั้งสองประเภทจะนำมาประเมินและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ในลำดับต่อไป

5.1 การทดลอง

5.1.1 รายละเอียดของชุดภาพเอ็มอาร์ไอ

ชุดภาพประเภทแรก

ชุดภาพประเภทแรกที่นำมาใช้ในการทดลองได้มาจากการสังเคราะห์ขึ้นจาก McConnell Brain Imaging Centre [23] โดยมีรายละเอียดของการสังเคราะห์ภาพแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งภาพที่ได้จากการสังเคราะห์จะถือว่าเป็นภาพที่มีความถูกต้องชัดเจนมาก และทางผู้จัดทำชุดภาพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ชุดภาพที่ได้ถูกนำมาใช้เป็นมาตรฐานในการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการแบ่งส่วนแบบต่าง ๆ

ตารางที่ 1 รายละเอียดในการสังเคราะห์ภาพเอ็มอาร์ไอ

พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
ช่วงเวลารับสัญญาณภาพหลังการกระตุ้น (Time echo)	10 มิลลิวินาที
ขนาดของปริมาตรภาพ	1 x 1 x 2 ลูกบาศก์มิลลิเมตร
ระดับสัญญาณ	256 ระดับ
ระนาบการถ่ายภาพ	ระนาบขนานกับใบหน้าและตั้งฉากกับแกนศีรษะ

ชุดภาพประเภทที่สอง

ชุดภาพประเภทที่สองที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ได้มาจากเครื่องถ่ายภาพเอ็มอาร์ไอของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ซึ่งเป็นเครื่องจากบริษัท General Electric รุ่น Signa มีรายละเอียดของการถ่ายภาพแสดงในตารางที่ 2 และนำมาใช้กับชุดภาพของผู้ป่วยเด็กทั้งสิ้นจำนวน 7 ชุดภาพ โดยมีรายละเอียดของแต่ละชุดภาพแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งภาพเหล่านี้จะถูกนำมาเก็บในลักษณะของแฟ้มข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ซอฟต์แวร์ซึ่งมาพร้อมเครื่องชื่อ ximg

ค่าสัญญาณที่ได้จากการถ่ายภาพในแต่ละจุดภาพจะถูกกำหนดเป็นปริมาณความเข้มแสงเพื่อนำไปใช้ในการแสดงผล และนำมาแปลงเป็นข้อมูลบรรจุอยู่ในแฟ้มข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ โดยค่าของสัญญาณที่เป็นศูนย์จะให้ค่าความเข้มแสงน้อยที่สุด และแสดงผลได้เป็นสีดำสนิท ในขณะที่ค่าสัญญาณมีมากขึ้นจะให้ค่าความเข้มแสงมากขึ้น และแสดงผลได้เป็นสีเทาที่มีความสว่างมากขึ้น โดยค่าสัญญาณที่ได้จะมีระดับของสัญญาณที่สามารถแยกได้ทั้งสิ้น 4,096 ระดับและสามารถนำมาแปลงให้มีระดับของสัญญาณเหลืออยู่ 256 ระดับได้จากวิธีการในงานวิจัยของภาณุศักดิ์

สำหรับภาพในตำแหน่งต้นและท้ายของแต่ละชุดภาพ จะเป็นภาพที่มีบริเวณส่วนที่เป็นสมองอยู่น้อยหรือไม่มีเลย (ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกวัด) และสัญญาณที่ได้ยังมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้อีก โดยนอกจากจะได้สัญญาณที่มีค่ามากหรือน้อยผิดปกติแล้ว หากเป็นภาพในตำแหน่งต้นก็จะมีสัญญาณของภาพในตำแหน่งท้ายมาปะปน หรือหากเป็นภาพในตำแหน่งท้ายก็จะมีสัญญาณของภาพในตำแหน่งต้นมาปะปน ดังแสดงในรูปที่ 32 และ 33 จึงถือได้ว่าข้อมูลในตำแหน่งต้นและท้ายของชุดภาพไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการแบ่งส่วน และในการวิเคราะห์ผลการทดลองจะแยกการวิเคราะห์ผลการแบ่งส่วนของภาพในตำแหน่งต้นและท้ายออกจากผลการแบ่งส่วนของภาพในตำแหน่งปกติ

ตารางที่ 2 รายละเอียดในการถ่ายภาพเอ็มอาร์ไอ

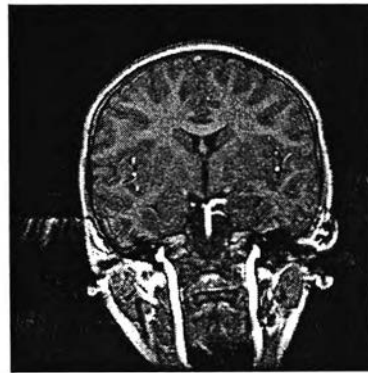
พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
ความแรงของสัญญาณสนามแม่เหล็ก	1.5 เทสลา
ช่วงเวลารับสัญญาณภาพหลังการกระตุ้น (Time echo)	9 มิลลิวินาที
ช่วงเวลาของการวัดในแต่ละรอบ	500 มิลลิวินาที
ขนาดของปริมาตรภาพ	1 x 1 x 2 ลูกบาศก์มิลลิเมตร
ระดับสัญญาณ	4096 ระดับ
ระนาบการถ่ายภาพ	ระนาบขนานกับใบหน้า

ตารางที่ 3 รายละเอียดของแต่ละชุดภาพที่นำมาใช้ในการทดลอง

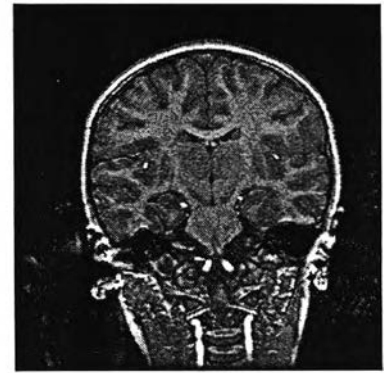
ชุดภาพที่	หมายเลขชุดภาพ	เพศ	อายุ	หมายเหตุ
1	E5674s3	หญิง	1 ปี	ผู้ป่วยมีอาการเป็นไข้แล้วชัก (Complex Febrile Seizure)
2	E5774s3	ชาย	1 ปี 6 เดือน	
3	E6430s4	หญิง	8 เดือน	
4	E6474s3	ชาย	4 ปี	
5	E6520s5	ชาย	1 ปี 8 เดือน	
6	E7156s4	หญิง	2 ปี	
7	E8171s4	ชาย	6 ปี	



(ก)



(ข)



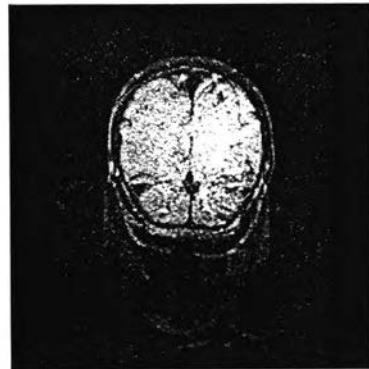
(ค)

รูปที่ 32 ตัวอย่างภาพสมองที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E5674s3

(ก) ภาพสมองซึ่งมีค่าสัญญาณมากผิดปกติ (ข) และ (ค) ภาพสมองที่มีค่าสัญญาณปกติ



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 33 ตัวอย่างภาพสมองที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E6430s4

(ก) และ (ข) ภาพสมองในลำดับต้นและท้ายซึ่งมีสัญญาณภาพอื่นปะปน (ค) ภาพสมองที่มีค่าสัญญาณปกติ

5.1.2 ค่าพารามิเตอร์ที่นำมาใช้

สำหรับการแบ่งส่วนจากชุดภาพในการทดลองนี้ ได้ใช้กระบวนการแบ่งส่วนที่กล่าวถึงในบทที่ผ่านมา โดยในกระบวนการนี้มีการใช้พารามิเตอร์อยู่หลายค่า และได้สรุปค่าพารามิเตอร์แต่ละค่าที่นำมาในการทดลองไว้สำหรับการอ้างอิง ดังแสดงในตารางที่ 4

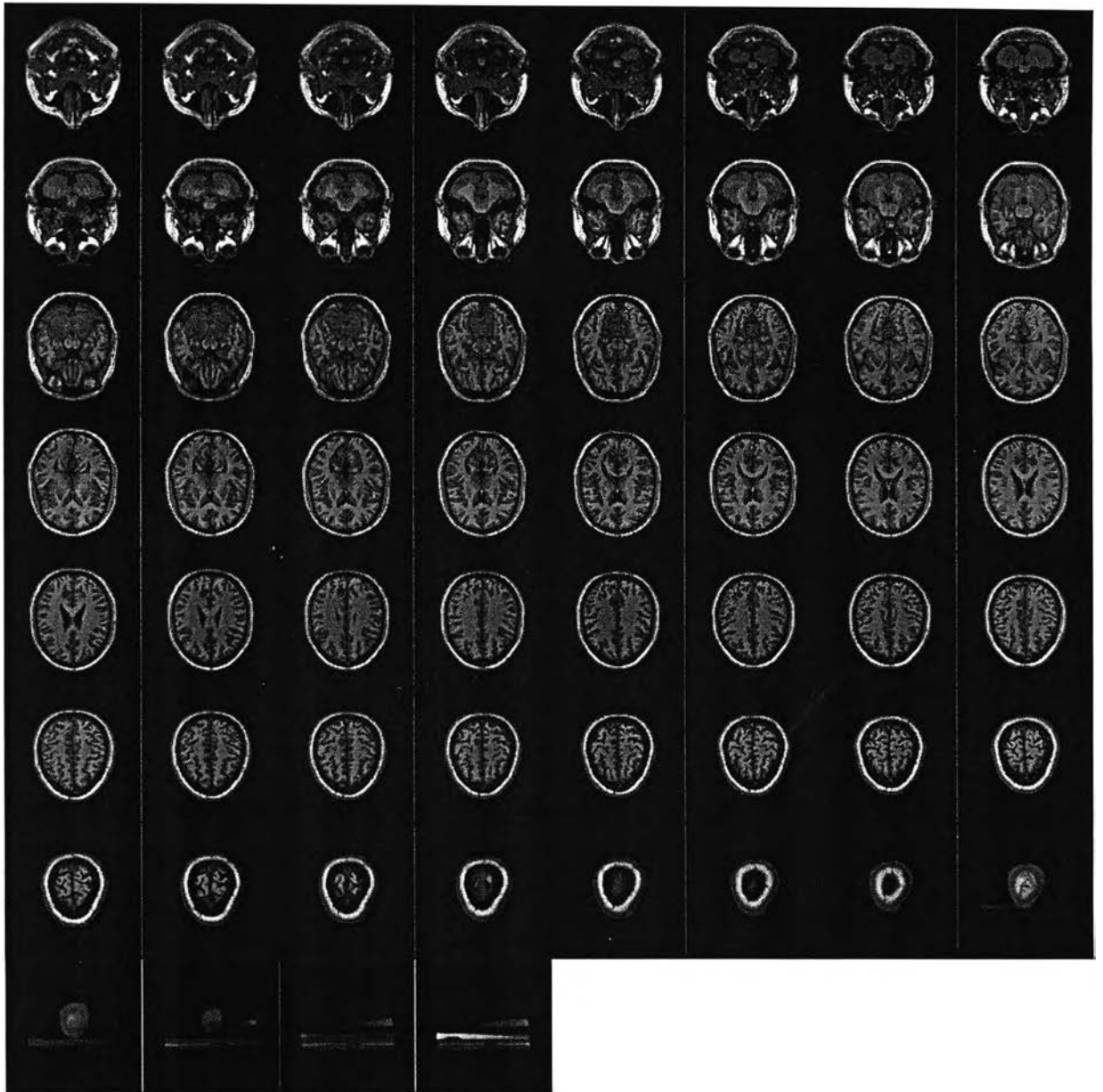
ตารางที่ 4 ค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการแบ่งส่วนที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
การแบ่งส่วนของภาพตลอดทั้งชุดภาพ	
ลำดับสไลด์เริ่มต้นในการแบ่งส่วน	20
การใช้ตัวกรองแบบ Nonlinear Anisotropic Diffusion	
ค่าคงที่ของการแพร่ (K)	8
จำนวนรอบของการทำซ้ำ	25
การเปลี่ยนแปลงในแต่ละรอบ (Δt)	0.2
การใช้เส้นแสดงรูปร่าง	
น้ำหนักของความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับเทา	1
น้ำหนักของความแตกต่างระหว่างค่าระดับเทา	1
จำนวนรอบของการค้นหา	100
ระยะห่างระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด (e)	40
ระยะห่างระหว่างจุดที่ใช้ในการหาเวกเตอร์ตั้งฉาก (d)	8% ของความยาวของเส้นแสดงรูปร่าง
ขอบเขตการค้นหาเพิ่มสำหรับด้านยาว	30
ขอบเขตการค้นหาเพิ่มสำหรับด้านสั้น	15

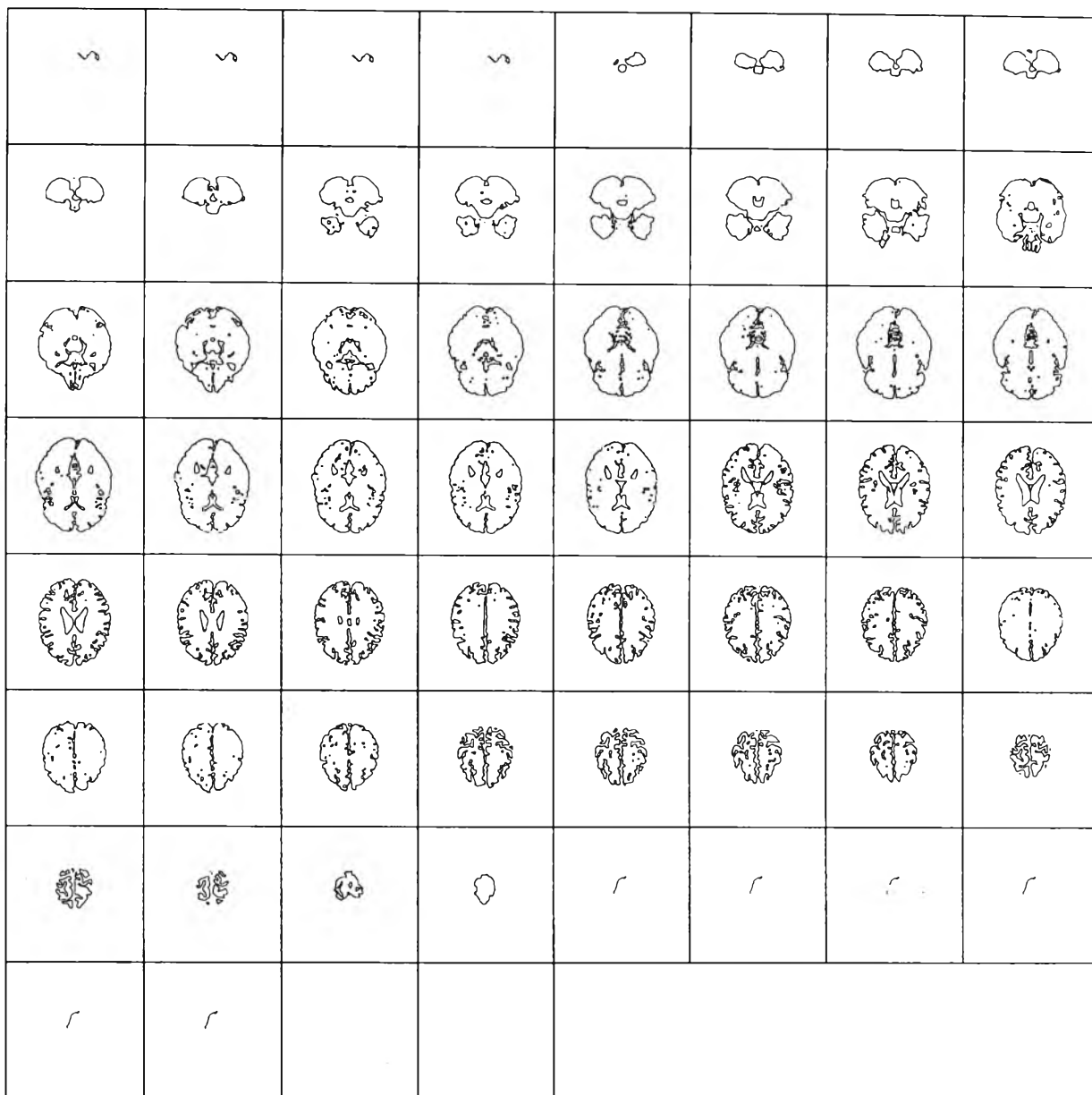
5.2 ผลการทดลอง

ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการแบ่งส่วนจากชุดภาพที่นำมาใช้ในการทดลองสามารถแสดงผลลัพธ์ได้ในลักษณะของเส้นโครงร่างรอบบริเวณสมอง โดยแสดงชุดภาพต้นฉบับและชุดภาพผลลัพธ์ของทุกชุดภาพในประเภทแรกได้ในรูปที่ 34 ถึง 37 และชุดภาพในประเภทที่สองได้ในรูปที่ 38 ถึง 51

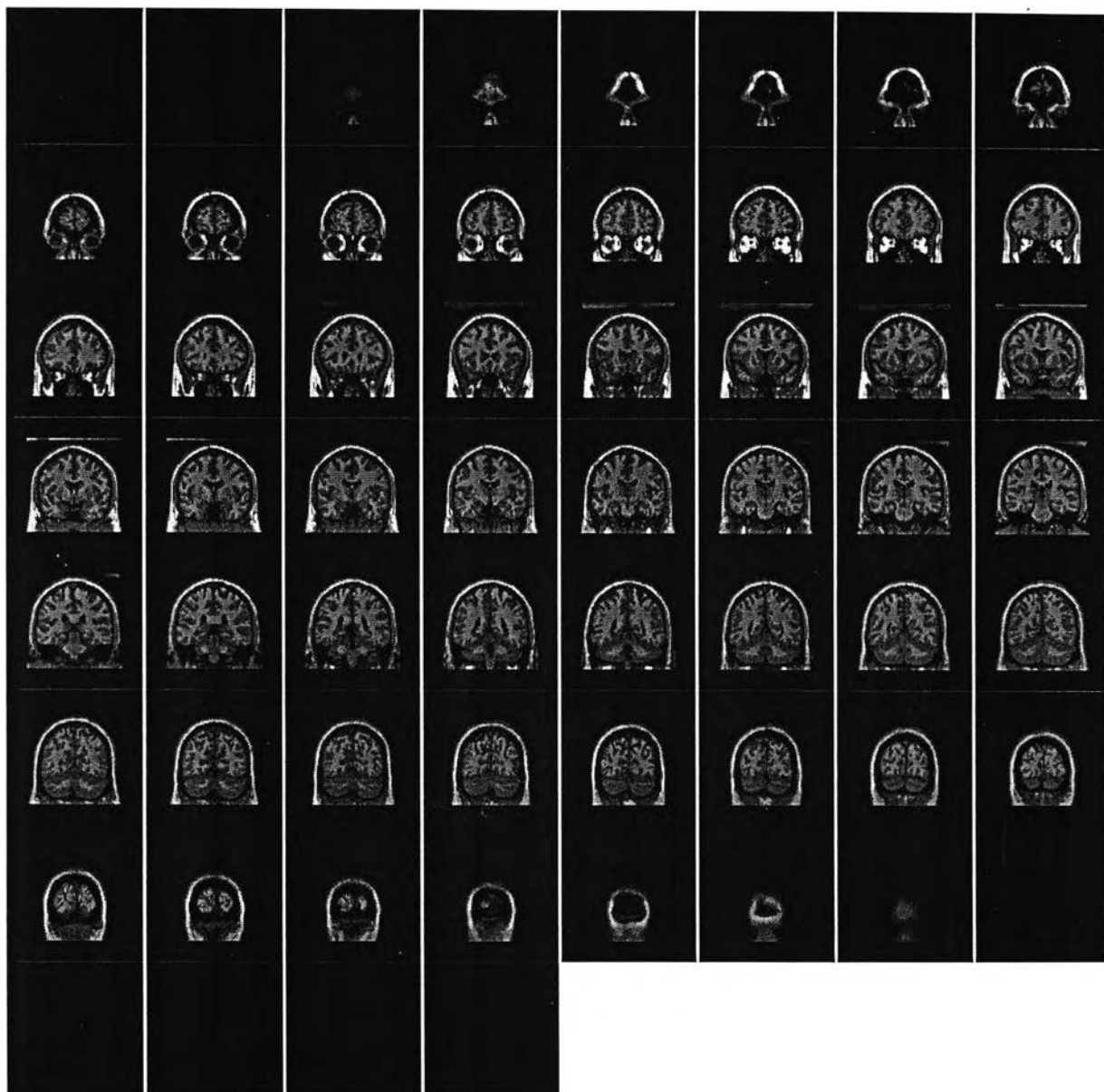
เวลาโดยเฉลี่ยในการแบ่งส่วนของแต่ละภาพในชุดภาพคือ 205 วินาที โดยการวัดความเร็วนี้กระทำการประมวลผลบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลางระดับ Pentium II ความเร็ว 300 MHz และมีหน่วยความจำหลักขนาด 64 MB



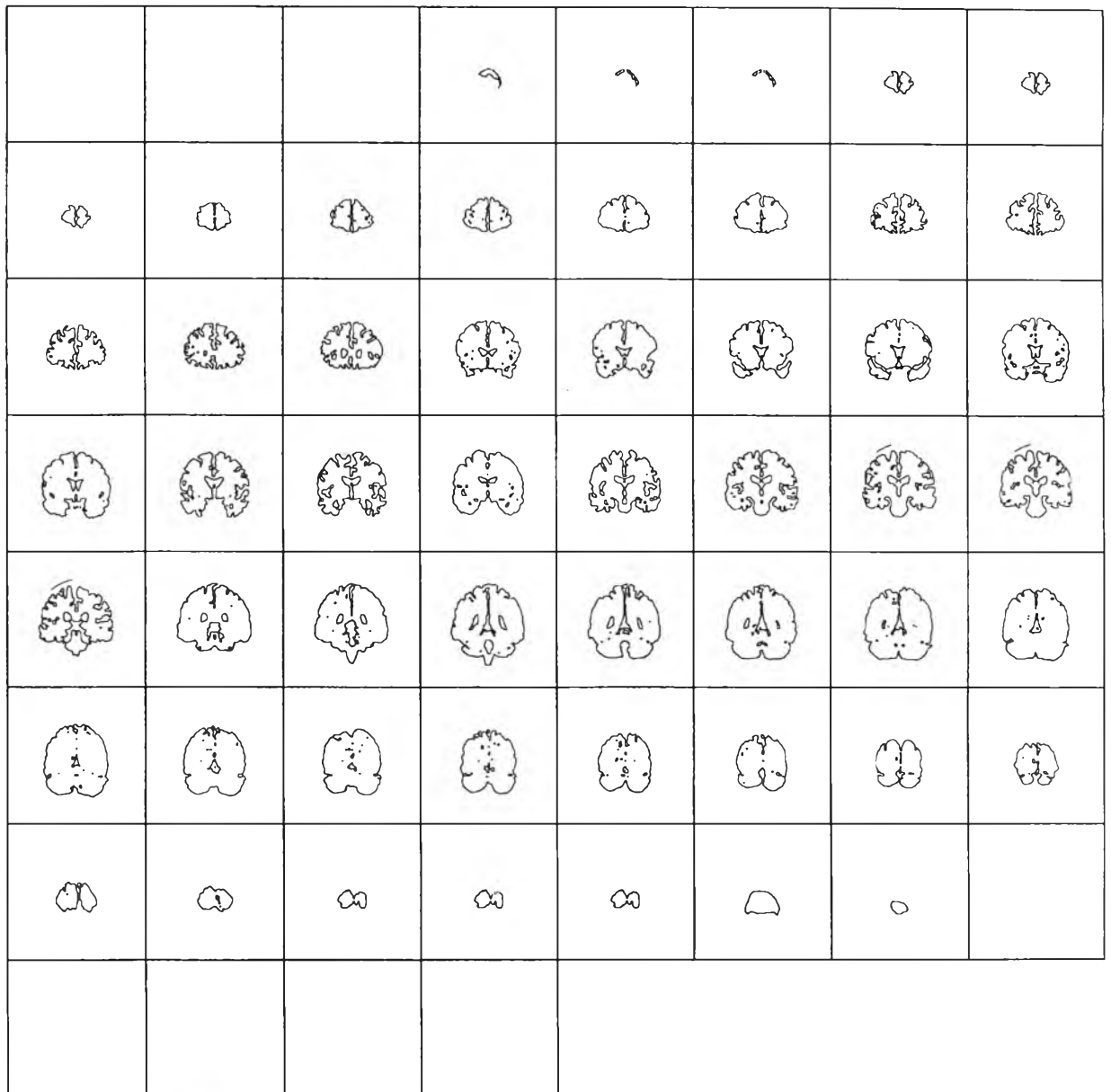
รูปที่ 34 ชุดภาพต้นฉบับในระนาบตั้งฉากกับแกนศีรษะที่ได้จากการสังเคราะห์

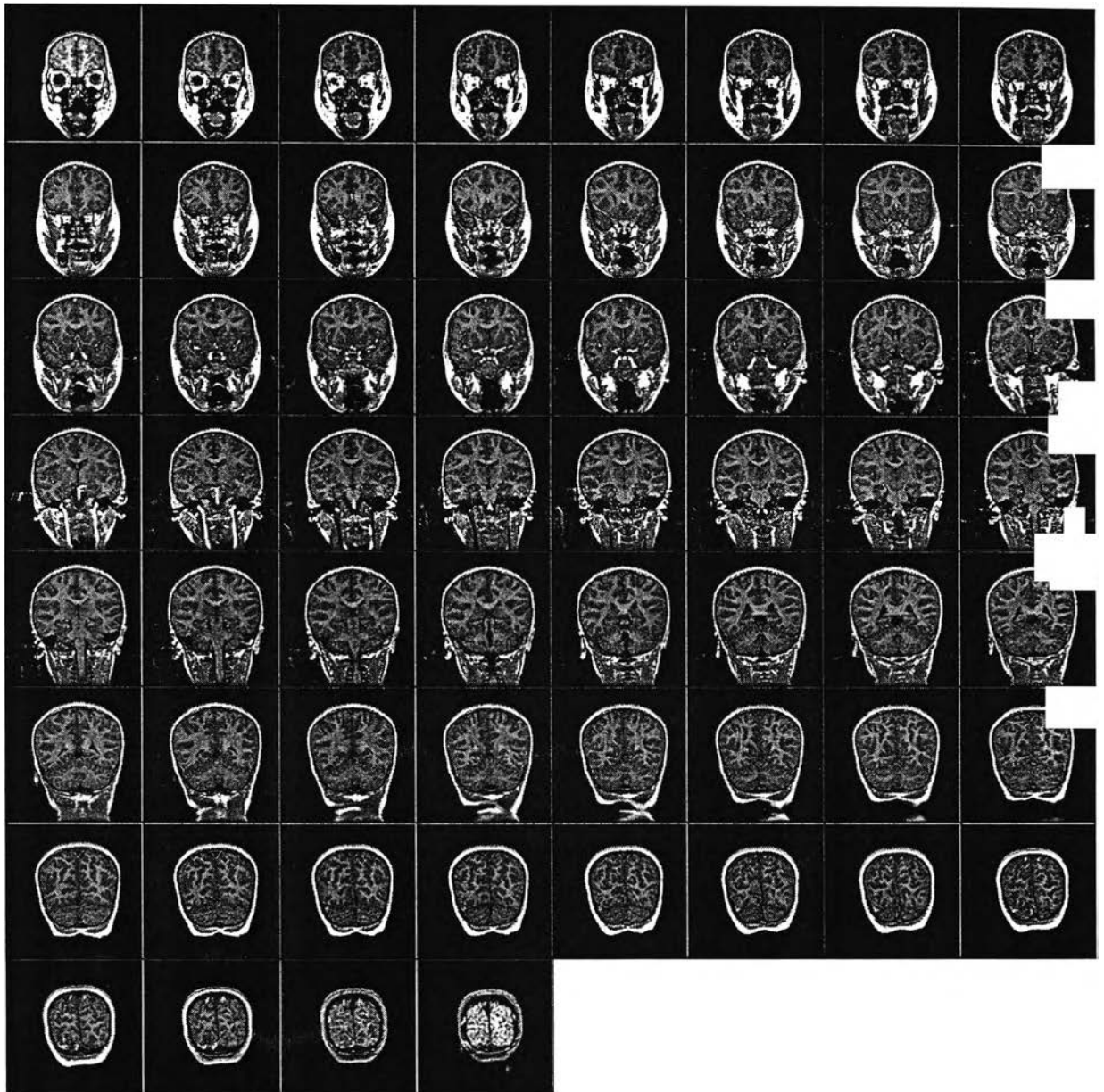


รูปที่ 35 ชุดภาพผลัดพรในระนาบตั้งฉากกับแกนศีรษะที่ได้จากการสังเคราะห์

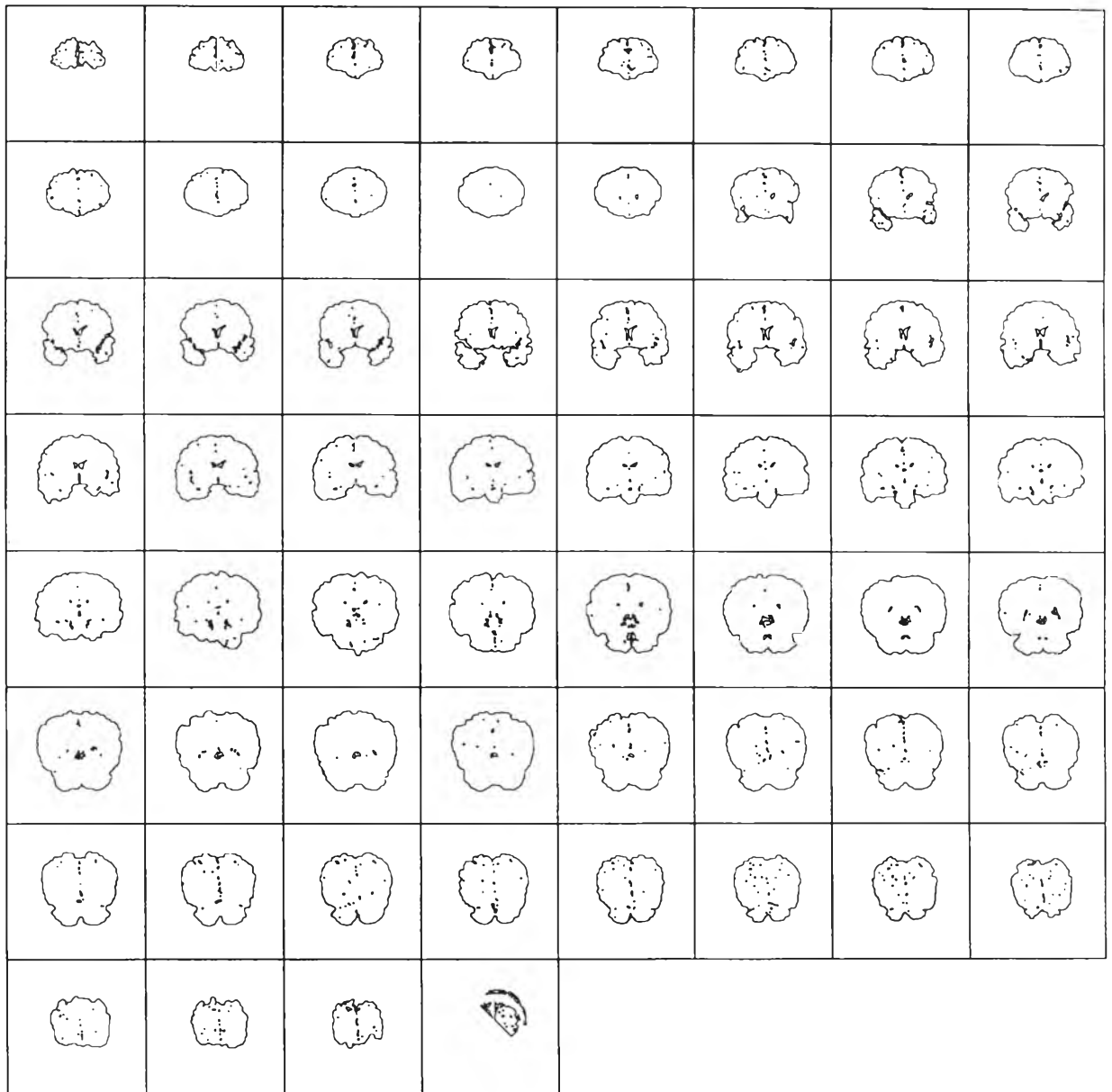


รูปที่ 36 ชุดภาพตัดขวางในระนาบขนานกับใบหน้าที่ได้จากการสแกนด้วย

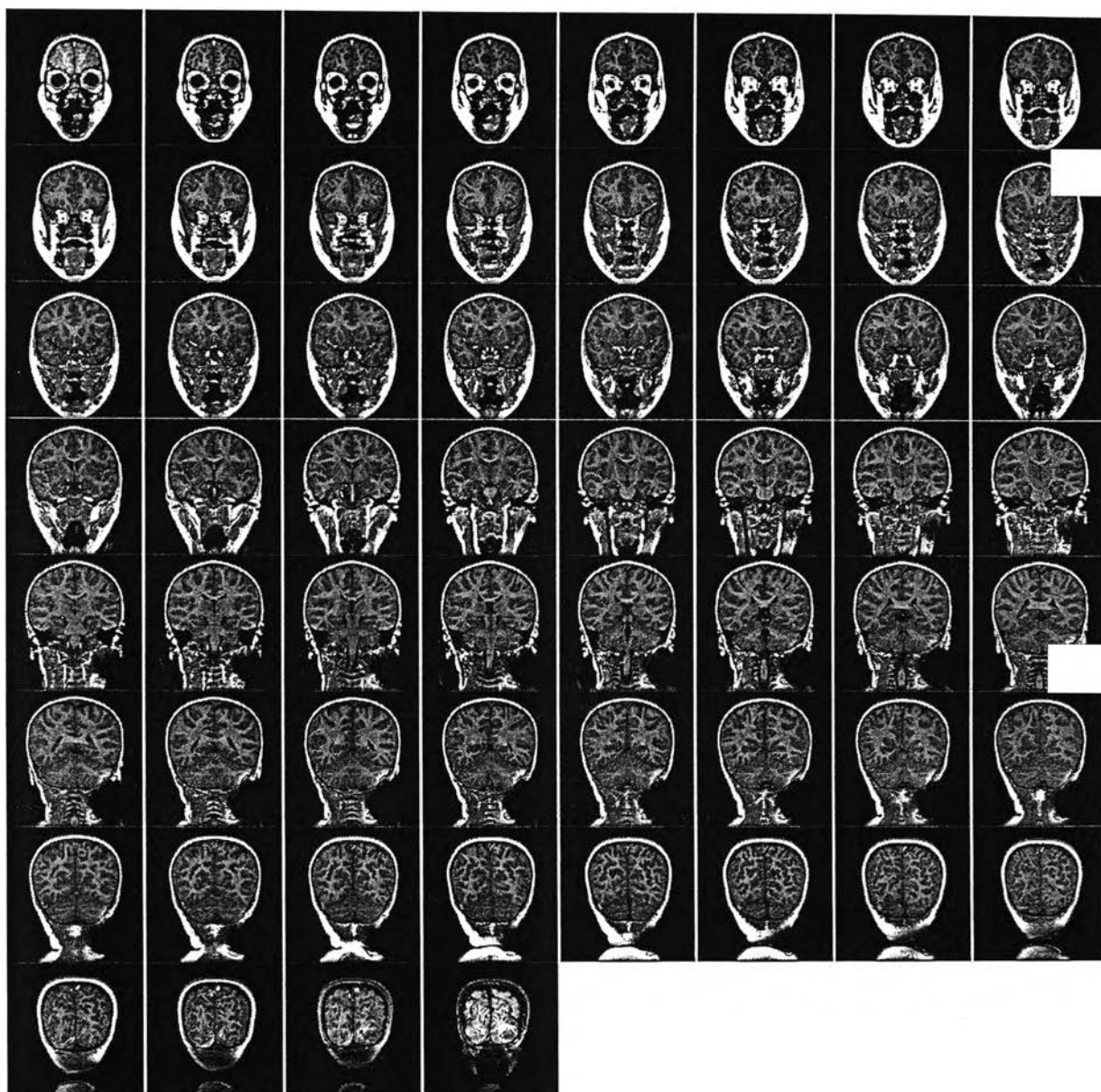




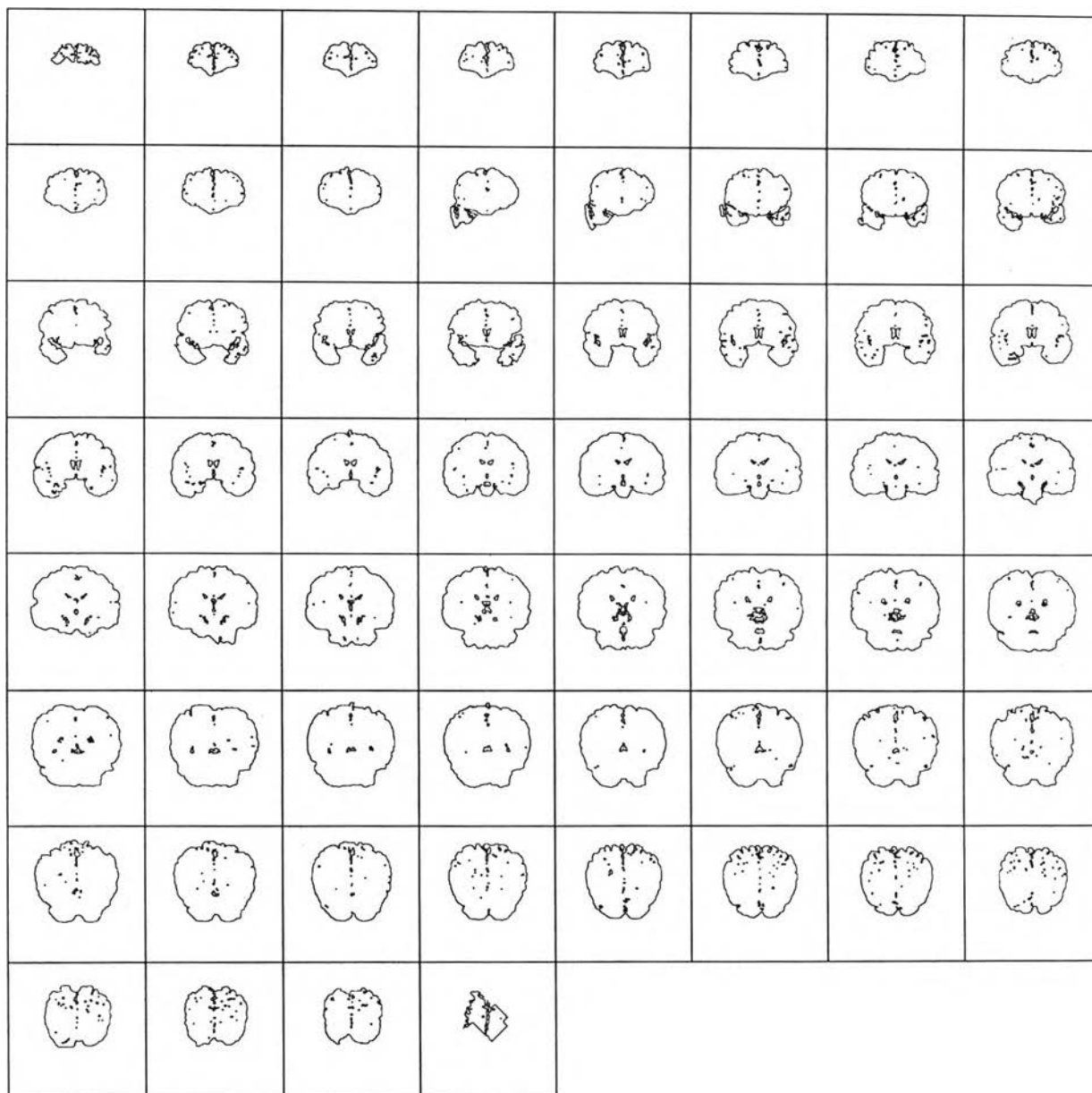
รูปที่ 38 ชุดภาพต้นฉบับที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E5674s3



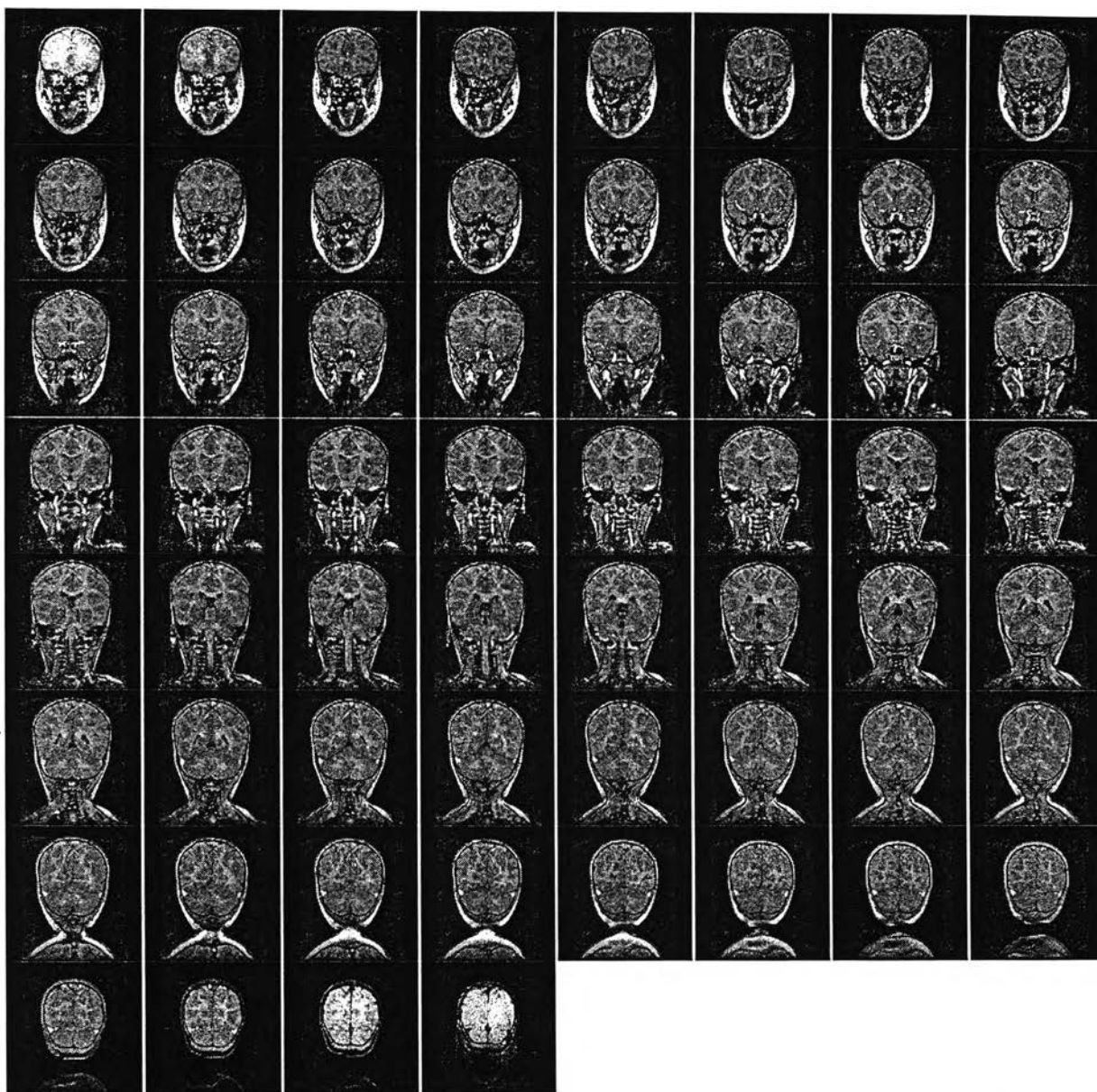
รูปที่ 39 ชุดภาพผลัดพัทธ์ที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E5674s3



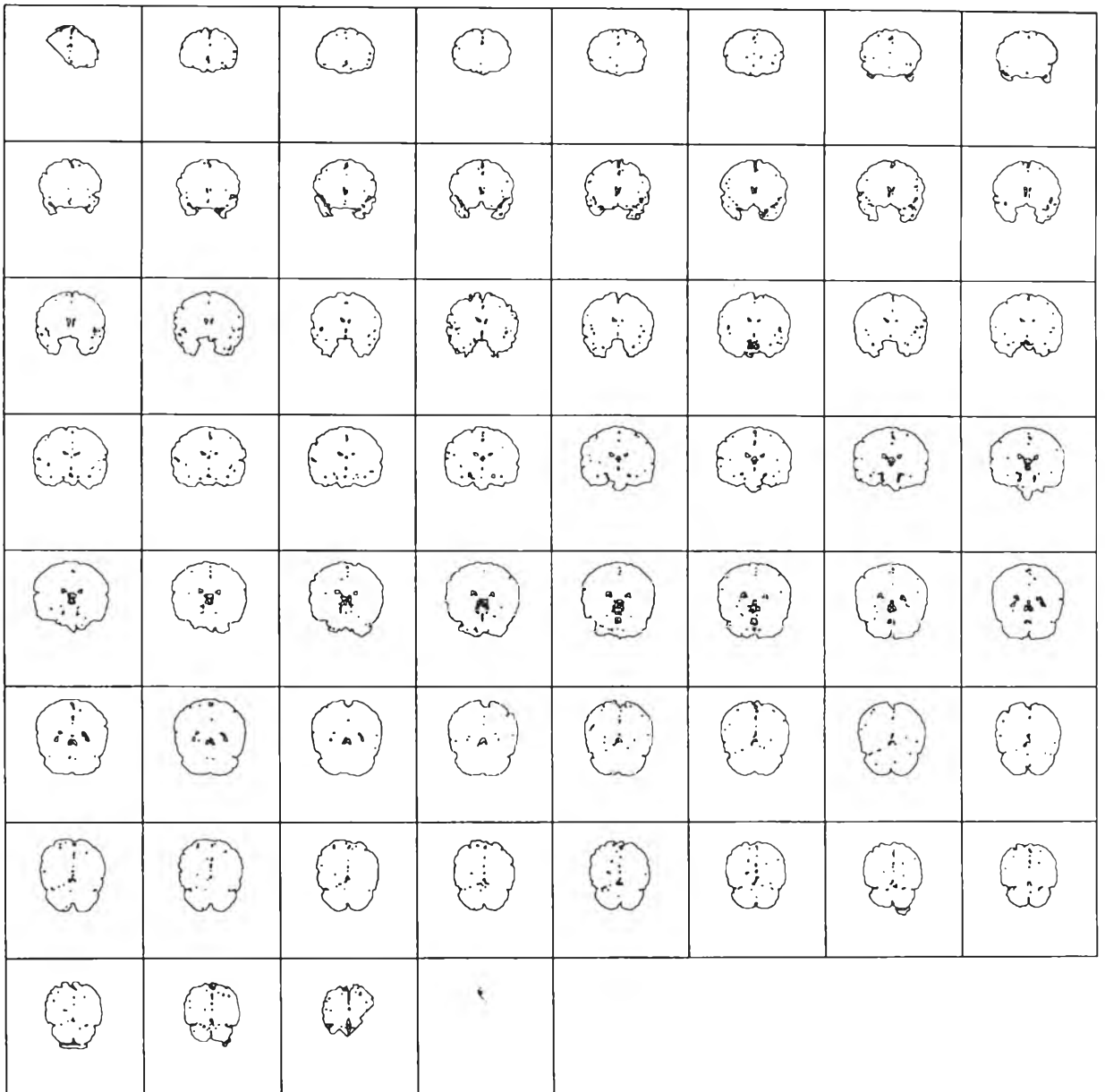
รูปที่ 40 ชุดภาพต้นฉบับที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E5774s3



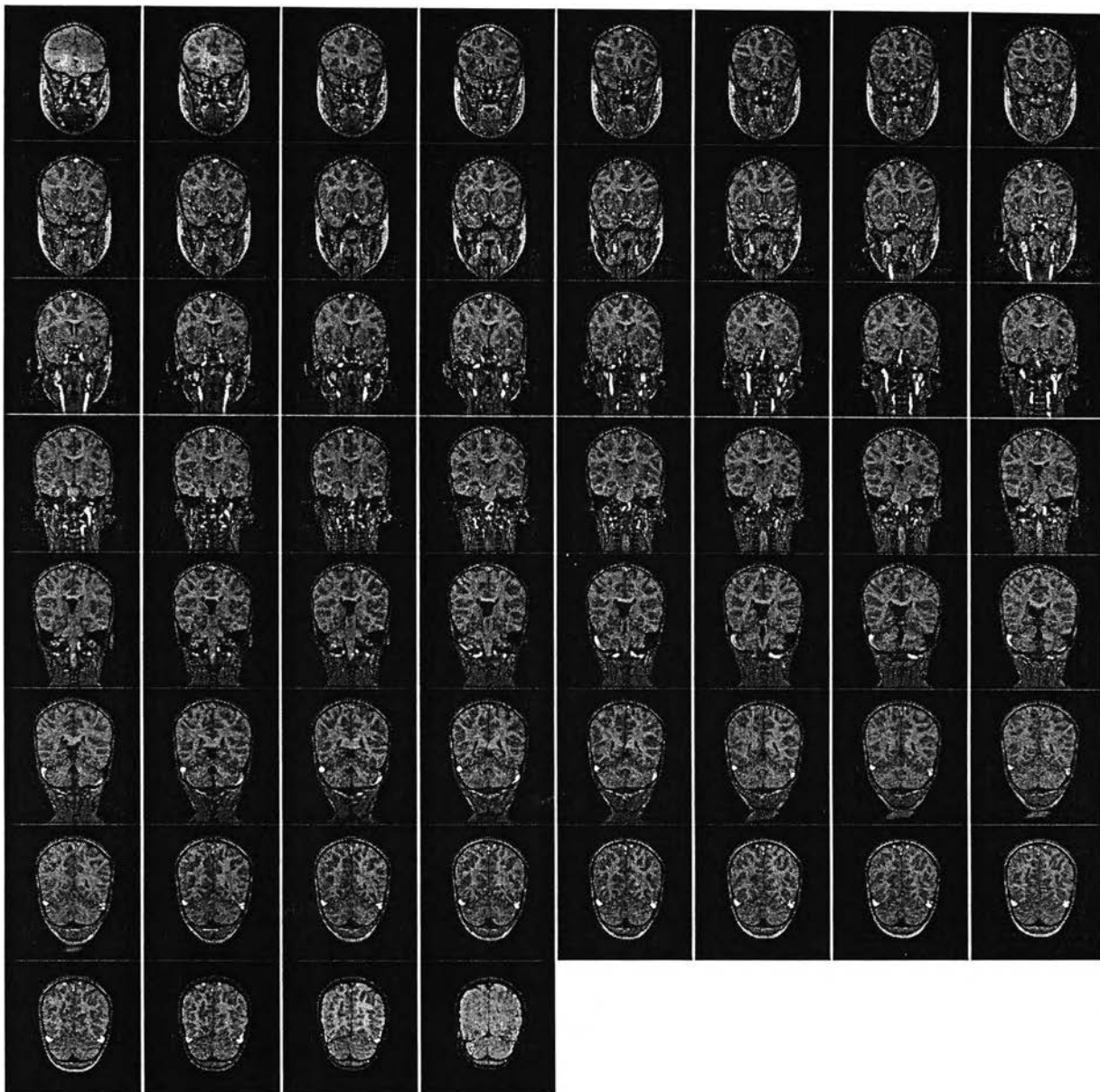
รูปที่ 41 ชุดภาพผลลิพัทธ์ที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E5774s3



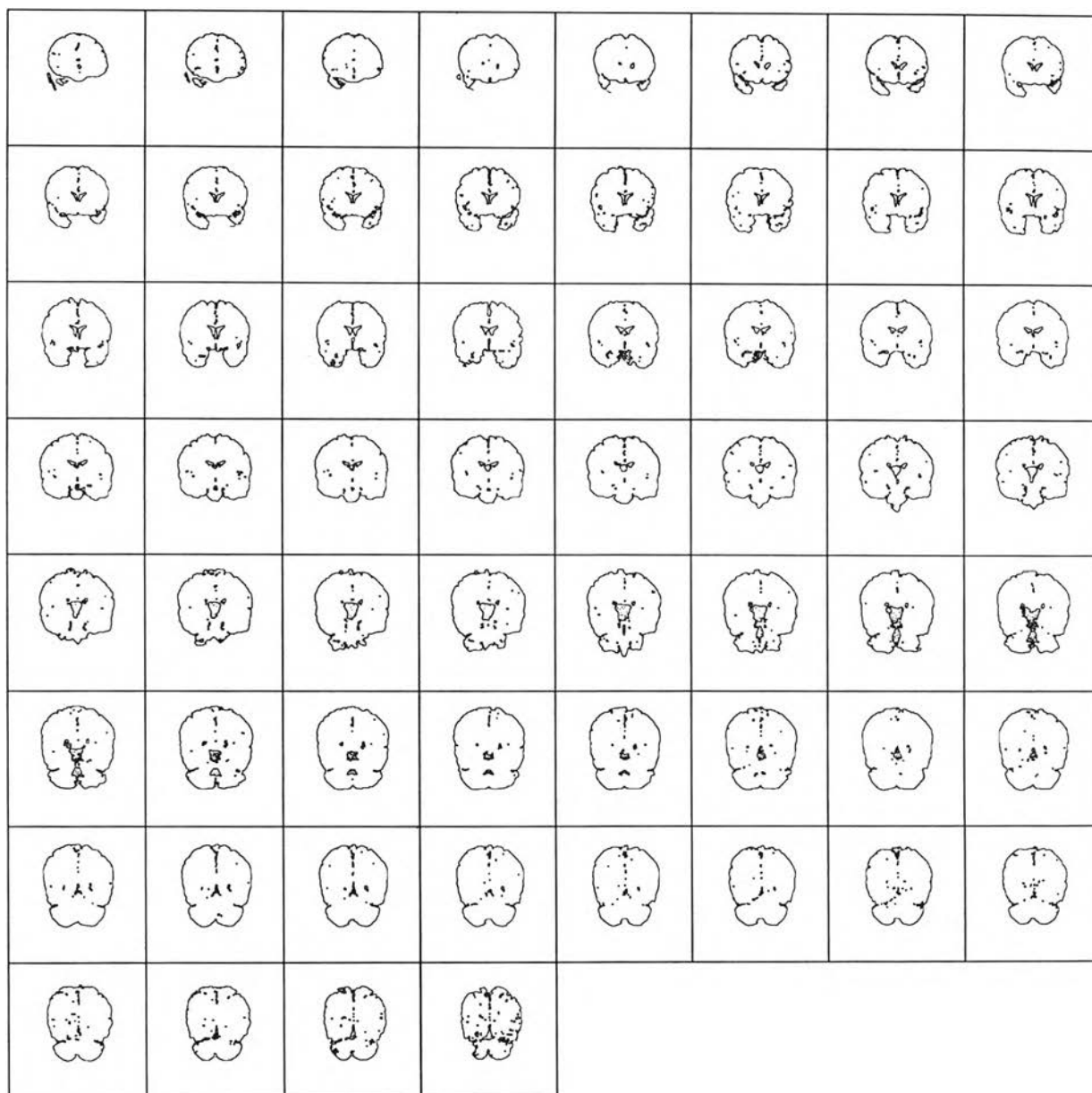
รูปที่ 42 ชุดภาพต้นฉบับที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E6430s4



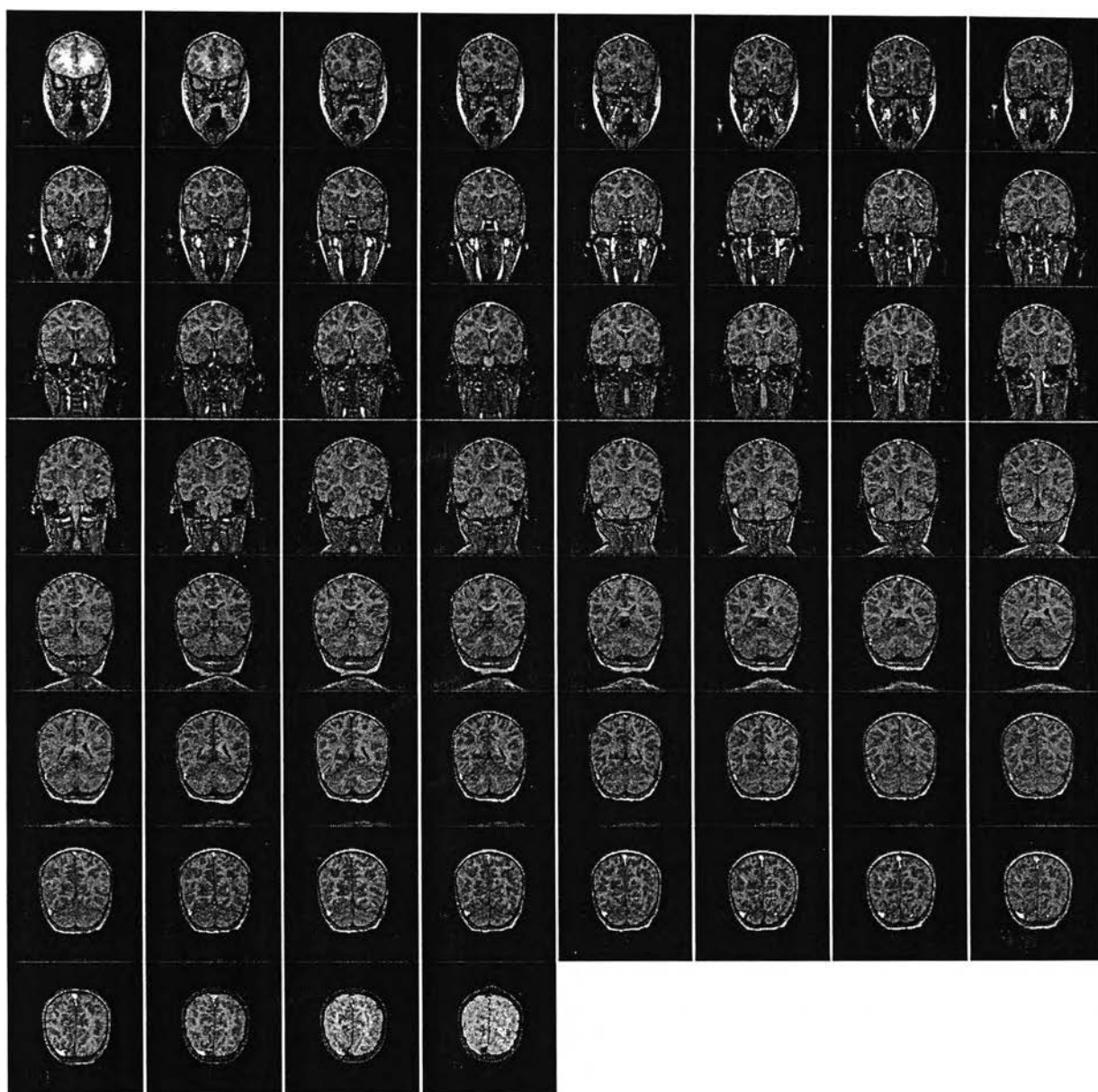
รูปที่ 43 ชุดภาพผลสัฟท์ที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E6430s4



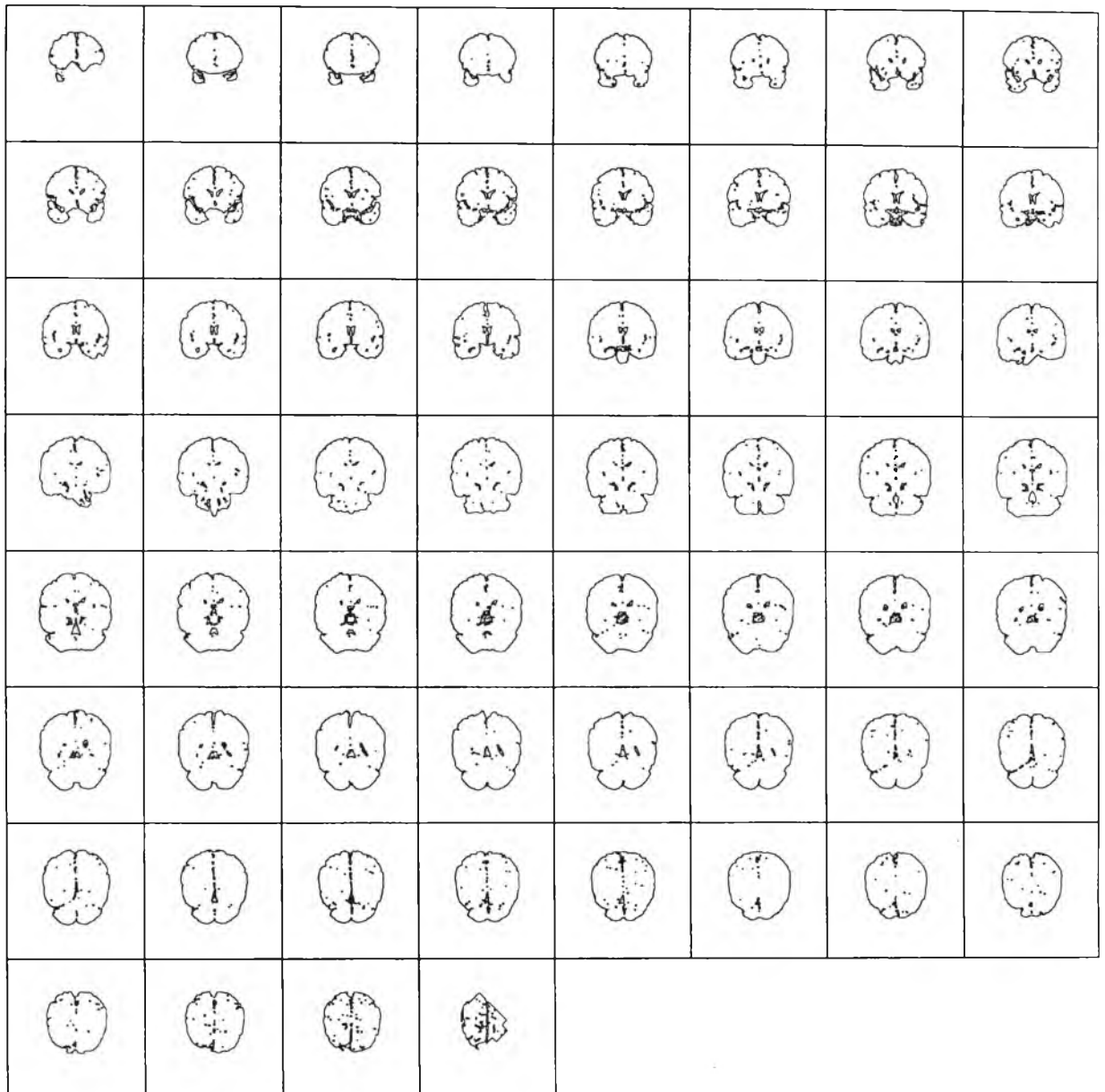
รูปที่ 44 ชุดภาพต้นฉบับที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E6474s3



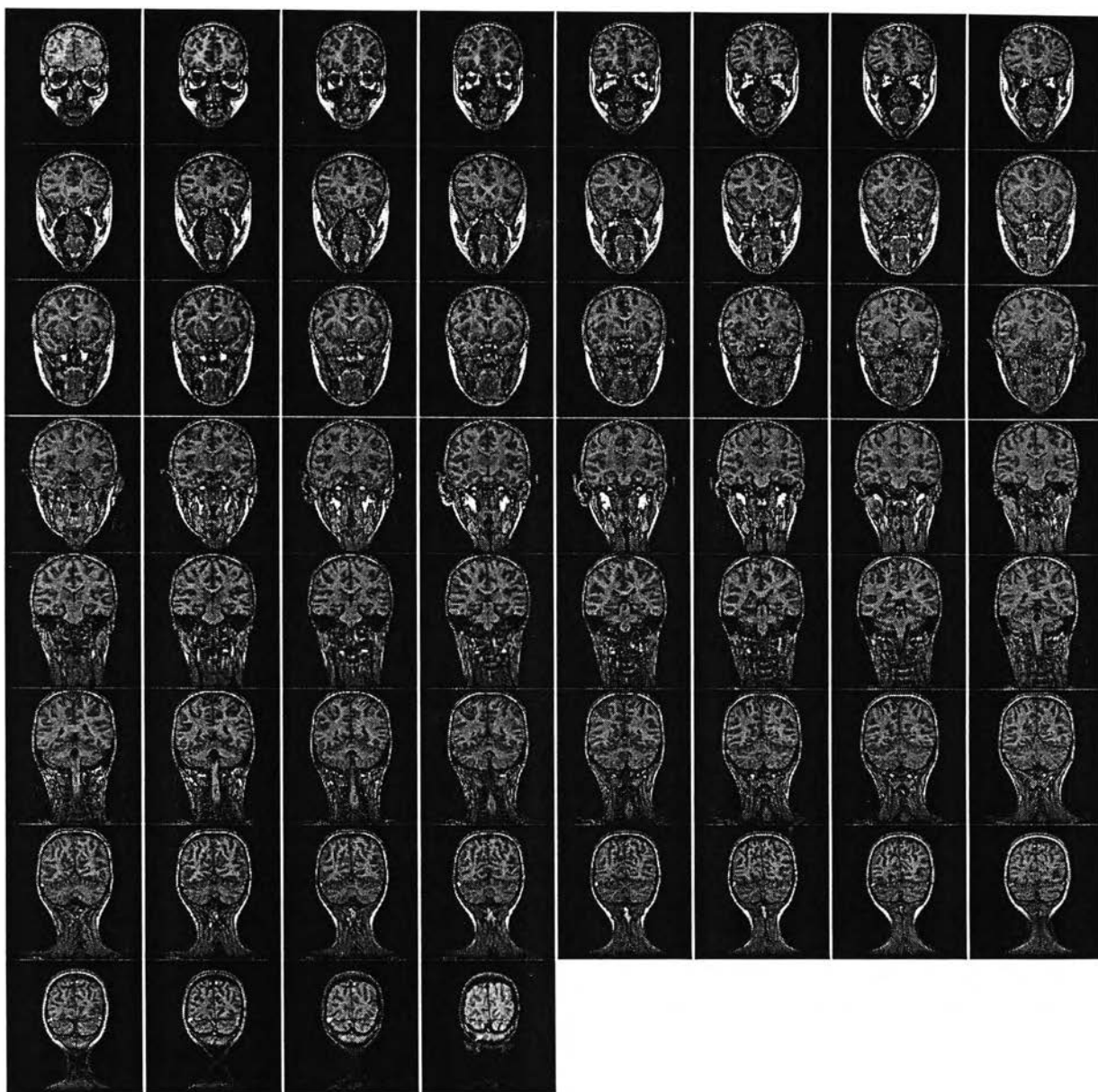
รูปที่ 45 ชุดภาพผลลิพัทธ์ที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E6474s3



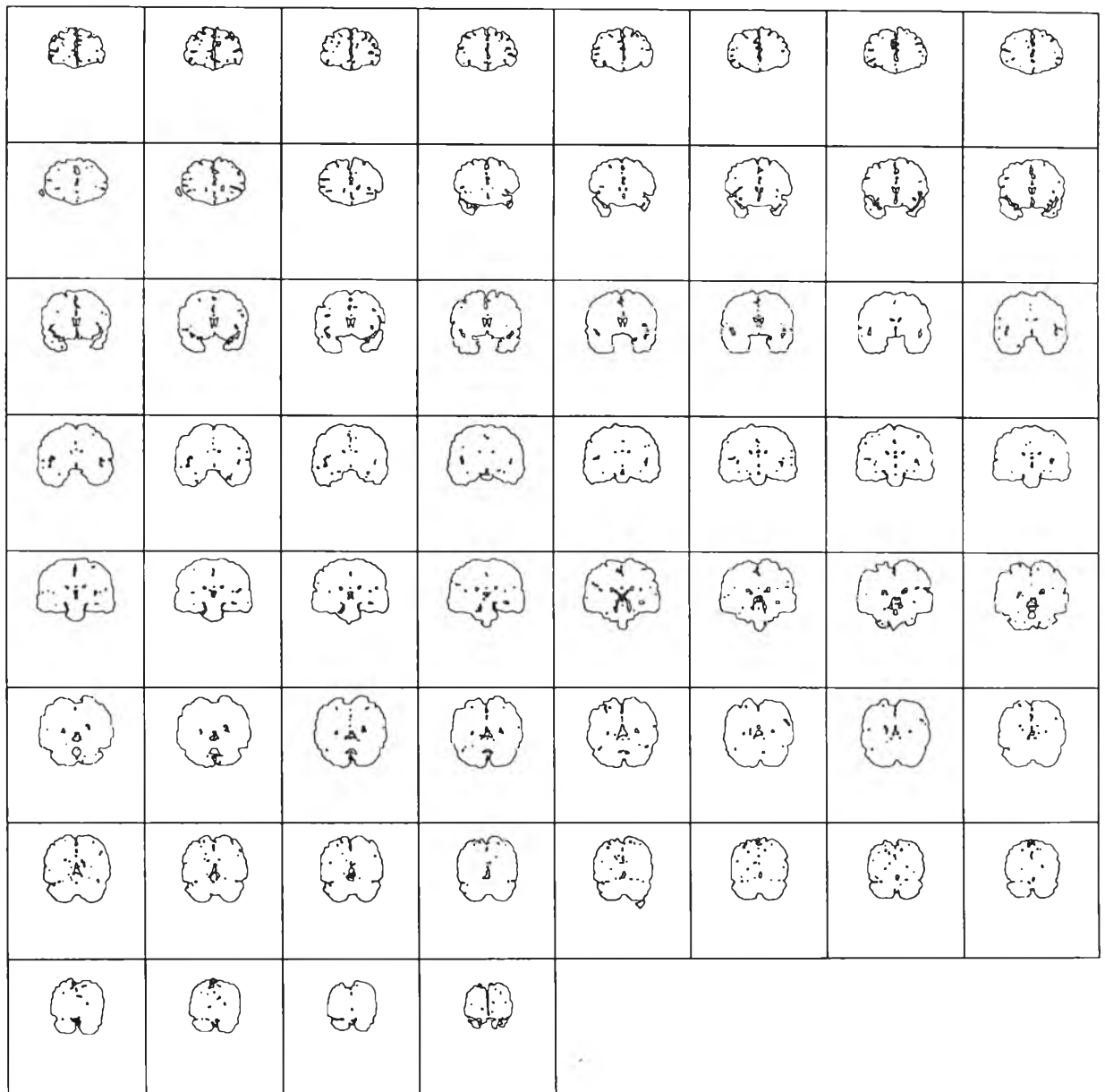
รูปที่ 46 ชุดภาพต้นฉบับ หมายเลข E6520s5



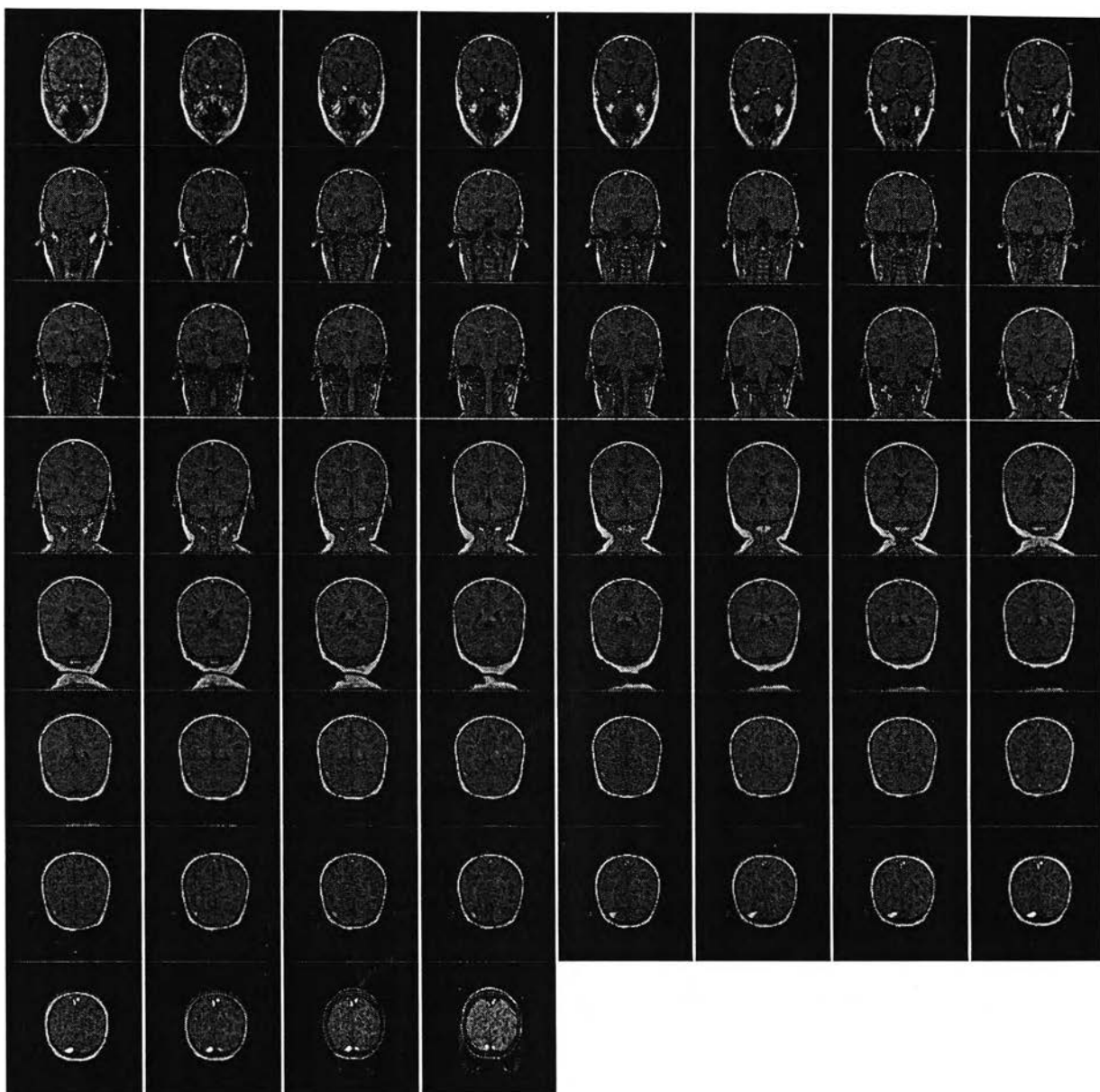
รูปที่ 47 ชุดภาพผลลิพัทธ์ที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E6520s5



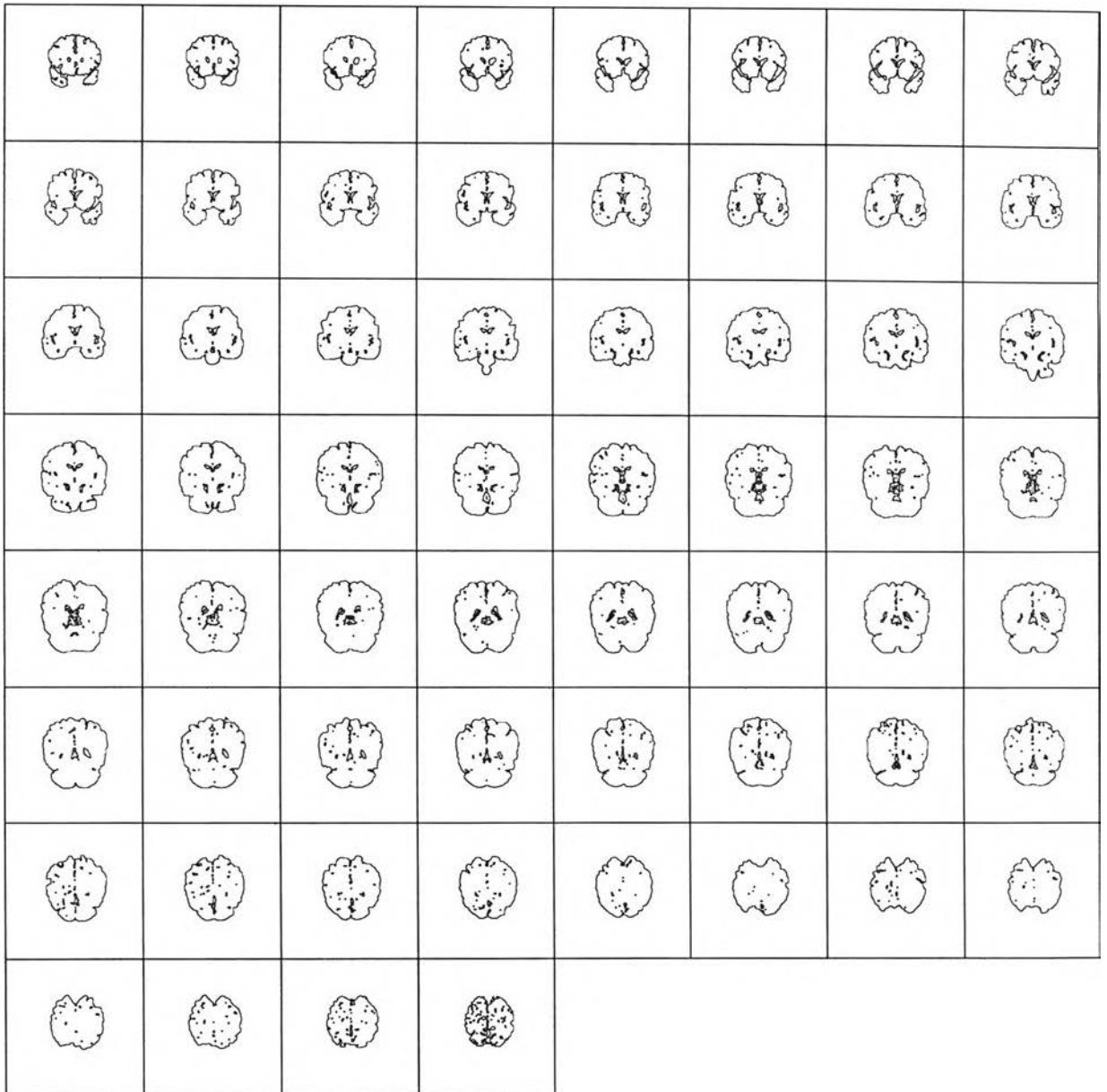
รูปที่ 48 ชุดภาพต้นฉบับที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E7156s4



รูปที่ 49 ชุดภาพผลลิพัทธ์ที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E7156s4



รูปที่ 50 ชุดภาพต้นฉบับที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E8171s4



รูปที่ 51 ชุดภาพผลัดพัทธ์ที่ได้จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในชุดภาพหมายเลข E8171s4

5.3 การประเมินผลการทดลอง

ก่อนจะวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จะทำการประเมินผลลัพธ์เหล่านี้ในเชิงปริมาณเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และสามารถนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยของภาคตัดดีเพื่อแสดงให้เห็นข้อดีข้อด้อยของงานวิจัยนี้ (เนื่องจากในงานวิจัยของภาคตัดดีไม่มีการแบ่งส่วนชุดภาพประเภทแรกไว้ จึงไม่สามารถนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้ในงานวิจัยนี้ ดังนั้นสำหรับชุดภาพประเภทแรกจึงไม่มีการประเมินผลในเชิงปริมาณเพื่อนำมาเปรียบเทียบ) โดยวิธีการวัดที่เลือกใช้ในการประเมินผลคือ วิธี Similarity Index

ผลการประเมินของภาพที่ได้จากการทดลองเทียบกับภาพที่ได้จากการแบ่งส่วนโดยผู้เชี่ยวชาญ (นายแพทย์ทายาท ดีสุดจิต) แยกตามบริเวณส่วนที่ขาด ส่วนที่เกิน และส่วนที่ถูกต้อง รวมทั้งค่า Similarity Index ในแต่ละภาพของแต่ละชุดภาพ นำแสดงด้วยตารางที่ 5 ถึง 11 และกราฟตามรูปที่ 52 ถึง 58 โดยรายละเอียดในแต่ละแถวแนวตั้งของตารางอธิบายได้ดังนี้

- ถูกต้อง หมายถึง จำนวนจุดภาพซึ่งภาพผลลัพธ์และภาพจากผู้เชี่ยวชาญถือว่าเป็นบริเวณสมอง
- ขาด หมายถึง จำนวนจุดภาพซึ่งภาพผลลัพธ์ซึ่งไม่เป็นบริเวณสมอง แต่ภาพจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นบริเวณสมอง
- เกิน หมายถึง จำนวนจุดภาพซึ่งภาพผลลัพธ์ซึ่งไม่เป็นบริเวณสมอง แต่จากภาพจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งไม่เป็นบริเวณสมอง
- S หมายถึง ค่า Similarity Index ที่คำนวณได้จากจำนวนจุดที่ถูกต้อง ขาด และเกิน

จากรายละเอียดของการประเมินในแต่ละชุดภาพ จะสรุปผลของการประเมินในแต่ละชุดภาพเทียบกับผลของการประเมินในงานวิจัยของภาคตัดดี โดยนำเสนอด้วยค่าเฉลี่ย S ของทุก ๆ ภาพในชุดภาพและแยกการนำเสนอค่าเฉลี่ย S ตามช่วงลำดับของภาพ ออกเป็น 3 ช่วงคือ ค่าเฉลี่ยในลำดับที่ 1-4 ลำดับที่ 5-56 และลำดับที่ 57-60 ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 5 ผลการประเมินของชุดภาพ E5674s3

ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S	ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S
1	4,134	31	1,295	0.862	31	16,052	263	1,314	0.953
2	5,088	24	947	0.913	32	16,020	243	2,184	0.930
3	5,828	9	811	0.934	33	16,945	277	2,009	0.937
4	6,250	25	576	0.954	34	17,753	256	2,031	0.939
5	6,643	8	538	0.961	35	18,647	414	1,475	0.952
6	7,105	12	507	0.965	36	18,510	531	1,333	0.952
7	7,479	15	486	0.968	37	18,083	787	1,360	0.944
8	7,730	5	631	0.960	38	18,631	451	1,264	0.956
9	8,060	9	621	0.962	39	18,916	463	1,125	0.960
10	8,477	17	630	0.963	40	18,679	361	1,302	0.957
11	8,813	47	426	0.974	41	18,777	267	1,134	0.964
12	9,207	45	1,483	0.923	42	18,409	201	1,247	0.962
13	9,350	43	2,187	0.893	43	18,564	174	893	0.972
14	10,353	50	1,857	0.916	44	18,292	119	795	0.976
15	11,275	103	1,597	0.930	45	17,779	88	1,086	0.968
16	11,783	170	1,359	0.939	46	17,572	78	894	0.973
17	12,158	252	1,466	0.934	47	17,211	47	1,126	0.967
18	12,274	319	1,603	0.927	48	16,518	13	1,179	0.965
19	12,826	295	1,392	0.938	49	15,993	23	1,027	0.968
20	13,455	268	1,189	0.949	50	15,256	29	1,158	0.963
21	13,702	167	1,374	0.947	51	14,825	61	773	0.973
22	14,095	218	1,226	0.951	52	14,019	60	930	0.966
23	14,328	204	1,118	0.956	53	13,295	40	1,197	0.956
24	14,313	213	1,159	0.954	54	12,530	40	1,130	0.955
25	14,469	190	1,386	0.948	55	11,687	15	1,198	0.951
26	14,890	184	1,231	0.955	56	10,382	46	1,267	0.941
27	14,937	159	1,666	0.942	57	8,718	15	1,461	0.922
28	15,843	219	975	0.964	58	7,908	21	1,247	0.926
29	15,889	213	1,018	0.963	59	6,548	62	1,377	0.901
30	15,941	206	1,235	0.957	60	2,179	476	5,008	0.443

ตารางที่ 6 ผลการประเมินของชุดภาพ E5774s3

ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S	ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S
1	2,381	23	1,586	0.747	31	16,344	181	676	0.974
2	4,057	48	487	0.938	32	16,519	336	699	0.970
3	4,593	47	457	0.948	33	16,893	274	1,658	0.946
4	4,989	135	499	0.940	34	18,103	291	1,333	0.957
5	5,495	117	465	0.950	35	19,067	313	1,124	0.964
6	6,082	96	604	0.946	36	19,807	323	1,150	0.964
7	6,511	64	675	0.946	37	19,937	449	1,314	0.958
8	6,940	114	517	0.957	38	20,047	395	772	0.972
9	7,274	112	413	0.965	39	20,329	388	952	0.968
10	7,609	93	479	0.964	40	20,644	316	885	0.972
11	7,866	43	408	0.972	41	20,845	298	583	0.979
12	8,861	683	882	0.919	42	20,769	156	633	0.981
13	9,459	624	1,420	0.902	43	20,578	227	747	0.977
14	10,663	344	1,216	0.932	44	20,574	153	635	0.981
15	11,170	299	1,096	0.941	45	20,259	104	609	0.983
16	11,354	211	1,097	0.946	46	20,024	143	762	0.978
17	11,224	152	1,569	0.929	47	19,564	152	708	0.978
18	12,264	189	1,218	0.946	48	18,928	139	785	0.976
19	12,623	193	1,076	0.952	49	18,384	199	808	0.973
20	13,005	154	1,169	0.952	50	18,129	216	716	0.975
21	13,581	149	1,195	0.953	51	17,903	195	630	0.977
22	13,672	100	1,331	0.950	52	16,985	191	761	0.973
23	13,889	146	938	0.962	53	16,190	136	730	0.974
24	14,276	94	1,242	0.955	54	15,274	163	775	0.970
25	14,349	164	1,016	0.961	55	14,184	157	810	0.967
26	14,680	235	675	0.970	56	13,166	174	653	0.970
27	14,458	255	937	0.960	57	11,879	109	792	0.963
28	15,916	256	566	0.975	58	10,677	262	588	0.962
29	16,153	266	438	0.979	59	9,547	176	524	0.965
30	16,279	199	540	0.978	60	4,084	19	4,921	0.623

ตารางที่ 7 ผลการประเมินของชุดภาพ E6430s4

ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S	ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S
1	4,940	176	2,332	0.798	31	13,014	484	644	0.958
2	7,135	28	608	0.957	32	13,317	907	445	0.952
3	7,394	126	258	0.975	33	14,030	412	743	0.960
4	7,636	23	782	0.950	34	14,508	269	1,380	0.946
5	7,988	7	860	0.949	35	14,872	270	1,714	0.937
6	8,226	24	761	0.954	36	15,091	530	789	0.958
7	8,649	76	756	0.954	37	15,292	504	746	0.961
8	8,912	45	808	0.954	38	15,332	625	471	0.965
9	9,237	55	830	0.954	39	15,306	550	486	0.967
10	9,728	170	601	0.962	40	15,531	415	442	0.973
11	9,931	126	728	0.959	41	15,458	392	434	0.974
12	10,165	112	797	0.957	42	15,352	426	456	0.972
13	10,151	262	1,028	0.940	43	15,247	231	436	0.979
14	10,825	295	448	0.967	44	15,158	146	494	0.979
15	10,852	209	849	0.954	45	15,032	72	497	0.981
16	11,299	201	747	0.960	46	14,748	132	565	0.977
17	11,651	128	793	0.962	47	14,370	92	423	0.982
18	11,922	194	641	0.966	48	14,027	52	541	0.979
19	12,062	159	890	0.958	49	13,625	83	483	0.980
20	12,002	140	1,158	0.949	50	13,256	107	416	0.981
21	12,599	113	698	0.969	51	12,824	66	580	0.975
22	12,914	599	546	0.958	52	12,434	77	413	0.981
23	12,876	103	502	0.977	53	12,001	111	390	0.980
24	12,953	316	419	0.972	54	11,654	122	344	0.980
25	12,948	296	546	0.969	55	11,115	295	528	0.964
26	13,014	254	621	0.967	56	10,301	337	157	0.977
27	13,176	263	483	0.972	57	10,009	577	347	0.956
28	13,106	349	532	0.967	58	9,258	251	652	0.953
29	12,992	537	517	0.961	59	4,491	2,076	4,796	0.567
30	12,902	730	467	0.956	60	72	0	8,493	0.017

ตารางที่ 8 ผลการประเมินของชุดภาพ E6474s3

ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S	ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S
1	7,917	334	249	0.964	31	13,934	584	284	0.970
2	8,137	239	326	0.966	32	13,767	734	428	0.960
3	8,519	217	214	0.975	33	13,976	722	435	0.960
4	8,583	250	504	0.958	34	14,246	748	940	0.944
5	9,080	271	400	0.964	35	15,255	479	602	0.966
6	9,397	297	278	0.970	36	15,495	532	558	0.966
7	9,543	363	271	0.968	37	15,892	665	242	0.972
8	9,797	391	300	0.966	38	15,645	808	218	0.968
9	10,195	379	264	0.969	39	15,660	1,011	219	0.962
10	10,387	372	359	0.966	40	15,669	1,193	215	0.957
11	10,678	354	321	0.969	41	16,026	1,185	193	0.959
12	10,880	241	456	0.969	42	16,578	811	217	0.970
13	11,172	318	367	0.970	43	16,724	794	171	0.972
14	11,446	528	222	0.968	44	16,831	717	158	0.975
15	11,765	467	216	0.972	45	16,788	601	188	0.977
16	11,933	539	198	0.970	46	16,674	564	200	0.978
17	12,194	608	162	0.969	47	16,613	514	182	0.979
18	12,347	315	239	0.978	48	16,393	445	234	0.980
19	12,413	398	224	0.976	49	16,264	440	203	0.981
20	12,377	396	515	0.965	50	16,030	449	208	0.980
21	12,943	614	188	0.970	51	15,799	453	190	0.980
22	13,108	542	206	0.972	52	15,603	351	220	0.982
23	13,135	336	229	0.979	53	15,324	369	193	0.982
24	13,228	297	213	0.981	54	14,997	377	243	0.980
25	13,672	452	193	0.977	55	14,631	373	250	0.979
26	13,715	456	219	0.976	56	14,312	326	249	0.980
27	13,811	420	164	0.979	57	13,924	286	328	0.978
28	13,845	372	254	0.978	58	13,620	207	347	0.980
29	13,794	474	255	0.974	59	13,103	79	703	0.971
30	13,885	519	251	0.973	60	12,060	66	1,041	0.956

ตารางที่ 9 ผลการประเมินของชุดภาพ E6520s5

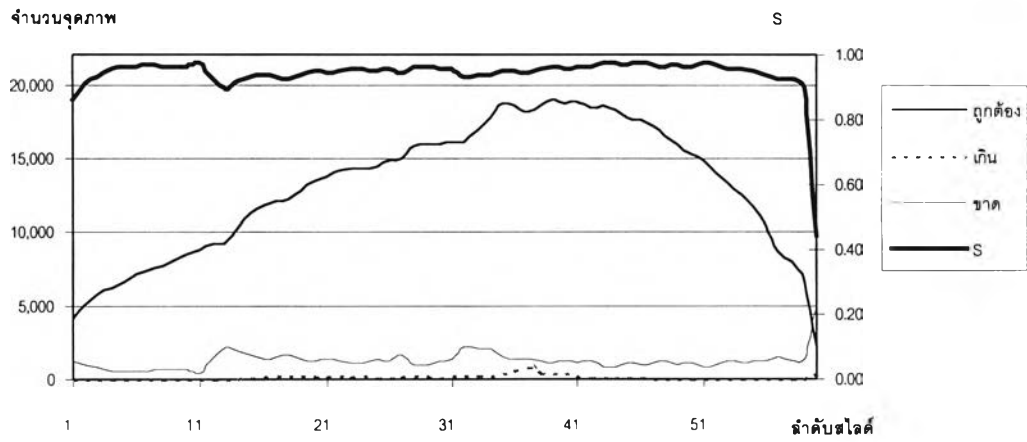
ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S	ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S
1	5,264	490	1,517	0.840	31	15,903	93	626	0.978
2	7,125	65	604	0.955	32	15,909	169	469	0.980
3	7,468	78	522	0.961	33	16,147	142	423	0.983
4	7,789	74	501	0.964	34	16,228	140	489	0.981
5	8,328	96	336	0.975	35	16,239	281	425	0.979
6	8,561	192	582	0.957	36	16,329	130	513	0.981
7	8,658	123	489	0.966	37	16,290	184	410	0.982
8	8,874	105	573	0.963	38	16,222	215	395	0.982
9	8,989	94	750	0.955	39	16,115	165	403	0.983
10	9,097	132	827	0.950	40	16,076	183	416	0.982
11	9,490	334	670	0.950	41	16,008	234	332	0.983
12	9,579	237	734	0.952	42	15,847	149	387	0.983
13	9,925	253	578	0.960	43	15,751	111	447	0.983
14	10,044	228	683	0.957	44	15,519	116	382	0.984
15	10,423	164	838	0.954	45	15,275	106	394	0.984
16	10,532	181	727	0.959	46	15,097	118	416	0.983
17	10,605	139	517	0.970	47	14,955	73	389	0.985
18	10,777	85	498	0.974	48	14,538	82	483	0.981
19	10,849	90	464	0.975	49	14,199	117	410	0.982
20	10,487	95	1,312	0.937	50	13,855	116	402	0.982
21	11,546	157	418	0.976	51	13,327	96	497	0.978
22	11,820	128	392	0.978	52	12,974	96	450	0.979
23	11,958	81	1,179	0.950	53	12,581	122	449	0.978
24	12,025	91	1,219	0.948	54	12,238	151	314	0.981
25	12,951	135	1,191	0.951	55	11,719	144	296	0.982
26	14,111	119	518	0.978	56	11,119	116	388	0.978
27	14,784	63	438	0.983	57	10,544	112	431	0.975
28	15,197	126	418	0.982	58	9,977	163	405	0.972
29	15,388	89	545	0.980	59	9,418	166	508	0.965
30	15,768	66	518	0.982	60	5,799	21	3,861	0.749

ตารางที่ 10 ผลการประเมินของชุดภาพ E7156s4

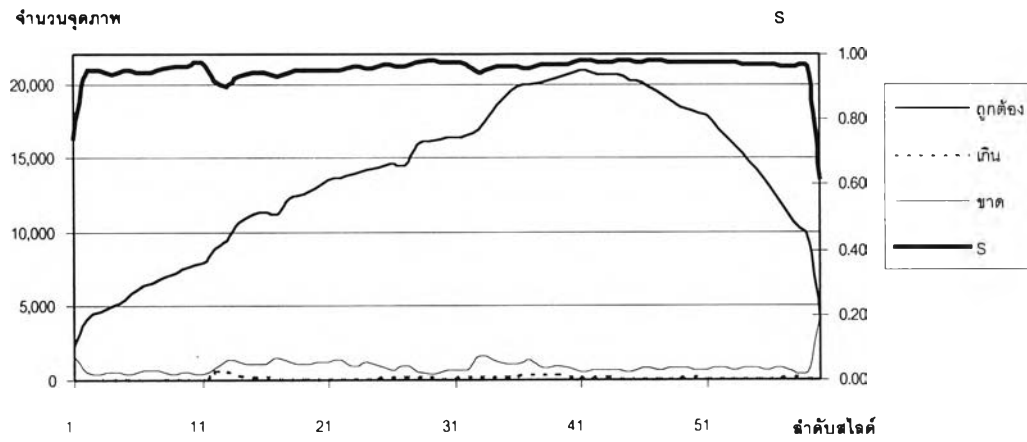
ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S	ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S
1	5,910	45	682	0.942	31	13,334	90	605	0.975
2	6,323	39	732	0.943	32	13,346	147	484	0.977
3	6,785	32	641	0.953	33	13,220	220	462	0.975
4	7,151	36	573	0.959	34	13,279	201	468	0.975
5	7,386	37	603	0.958	35	13,272	239	544	0.971
6	7,578	26	576	0.962	36	13,417	283	558	0.970
7	7,660	24	649	0.958	37	13,388	291	755	0.962
8	7,866	35	483	0.968	38	13,602	344	976	0.954
9	8,035	104	488	0.964	39	13,661	246	1,246	0.948
10	8,049	187	560	0.956	40	13,915	308	1,393	0.942
11	8,277	70	1,142	0.932	41	14,147	221	1,759	0.935
12	9,284	128	770	0.954	42	14,391	268	1,463	0.943
13	9,870	60	891	0.954	43	14,418	276	1,316	0.948
14	10,222	125	694	0.961	44	14,405	210	705	0.969
15	10,331	192	746	0.957	45	14,191	118	736	0.971
16	10,761	236	666	0.960	46	14,104	110	647	0.974
17	11,129	149	848	0.957	47	13,891	96	595	0.976
18	11,610	166	662	0.966	48	13,567	110	530	0.977
19	11,658	156	763	0.962	49	13,148	65	587	0.976
20	12,125	194	721	0.964	50	12,668	36	664	0.973
21	12,307	202	548	0.970	51	12,144	47	693	0.970
22	12,614	134	721	0.967	52	11,715	45	541	0.976
23	12,821	114	685	0.970	53	11,357	219	519	0.969
24	12,927	182	641	0.969	54	10,882	76	440	0.977
25	12,975	165	610	0.971	55	10,124	38	571	0.971
26	13,331	162	530	0.975	56	9,456	158	511	0.966
27	13,179	104	693	0.971	57	8,575	136	504	0.964
28	13,470	200	635	0.970	58	7,933	177	473	0.961
29	13,518	157	504	0.976	59	7,188	97	399	0.967
30	13,452	102	545	0.977	60	6,022	23	764	0.939

ตารางที่ 11 ผลการประเมินของชุดภาพ E8171s4

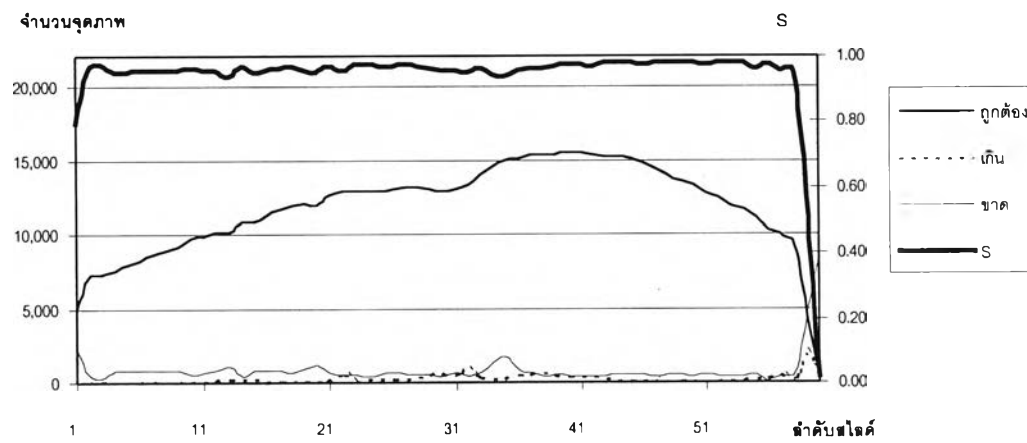
ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S	ภาพที่	ถูกต้อง	เกิน	ขาด	S
1	7,052	16	1,182	0.922	31	13,345	81	1,279	0.952
2	7,375	10	1,016	0.935	32	13,240	186	1,070	0.955
3	7,377	57	1,163	0.924	33	13,199	214	1,104	0.952
4	7,418	36	1,414	0.911	34	13,312	101	1,254	0.952
5	7,587	66	1,438	0.910	35	13,429	135	1,009	0.959
6	7,666	53	1,339	0.917	36	13,144	234	955	0.957
7	7,740	85	1,272	0.919	37	13,214	186	947	0.959
8	7,962	65	1,313	0.920	38	13,167	203	851	0.962
9	8,047	53	1,110	0.933	39	13,085	113	993	0.959
10	8,313	43	1,029	0.939	40	12,955	85	1,035	0.959
11	8,555	32	1,102	0.938	41	12,794	74	1,105	0.956
12	8,807	17	1,262	0.932	42	12,503	54	1,156	0.954
13	8,939	8	1,267	0.933	43	12,239	10	1,284	0.950
14	8,964	8	1,298	0.932	44	12,320	50	1,067	0.957
15	9,123	7	1,247	0.936	45	12,117	34	1,052	0.957
16	9,300	1	1,510	0.925	46	11,883	73	1,011	0.956
17	9,288	0	1,767	0.913	47	11,617	62	958	0.958
18	10,150	17	1,096	0.948	48	11,071	75	1,214	0.945
19	10,232	9	1,763	0.920	49	10,792	10	1,210	0.947
20	10,674	2	1,560	0.932	50	10,529	14	1,132	0.948
21	10,492	11	1,887	0.917	51	10,282	4	1,028	0.952
22	10,693	5	2,660	0.889	52	9,963	50	904	0.954
23	10,957	12	2,825	0.885	53	9,682	46	716	0.962
24	11,994	15	2,120	0.918	54	8,728	16	1,351	0.927
25	12,907	56	1,333	0.949	55	8,391	7	1,237	0.931
26	13,130	61	1,154	0.956	56	8,133	1	937	0.945
27	13,301	63	1,155	0.956	57	7,974	2	876	0.948
28	13,558	75	1,096	0.959	58	7,718	29	744	0.952
29	13,494	72	1,118	0.958	59	7,345	131	657	0.949
30	13,587	104	1,135	0.956	60	6,529	148	821	0.931



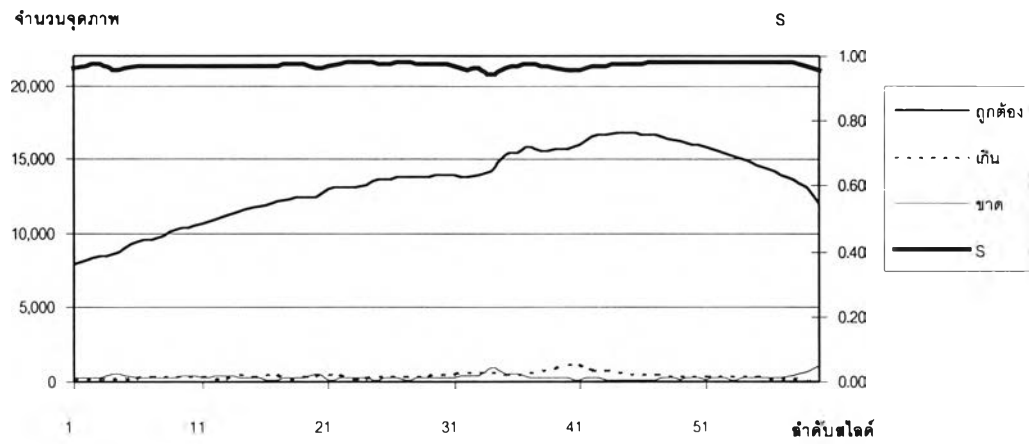
รูปที่ 52 กราฟแสดงผลการประเมินของชุดภาพ E5674s3



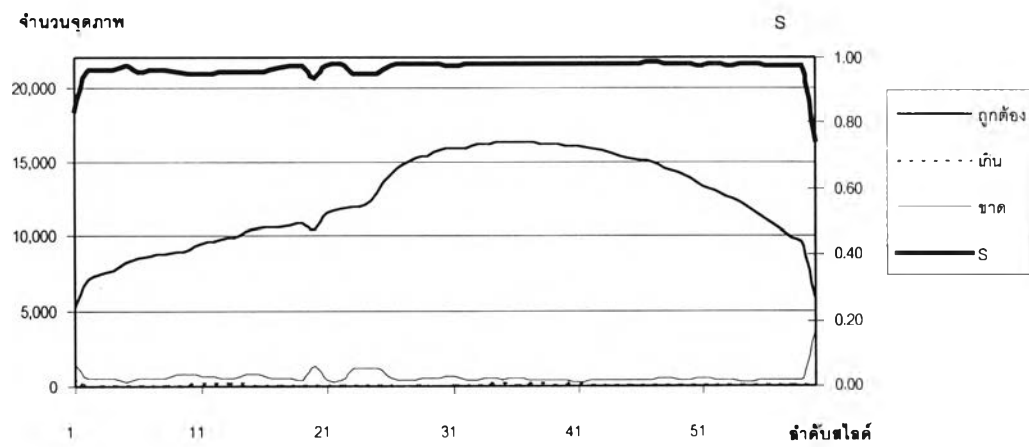
รูปที่ 53 กราฟแสดงผลการประเมินของชุดภาพ E5774s3



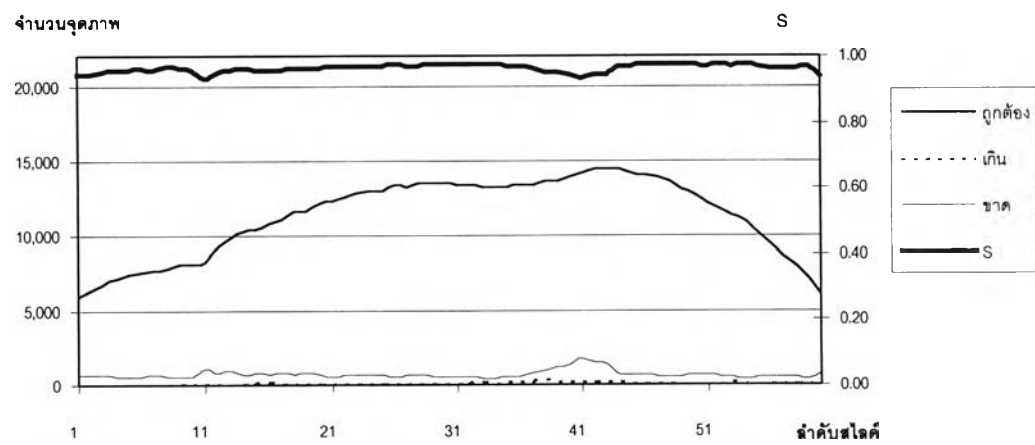
รูปที่ 54 กราฟแสดงผลการประเมินของชุดภาพ E6430s4



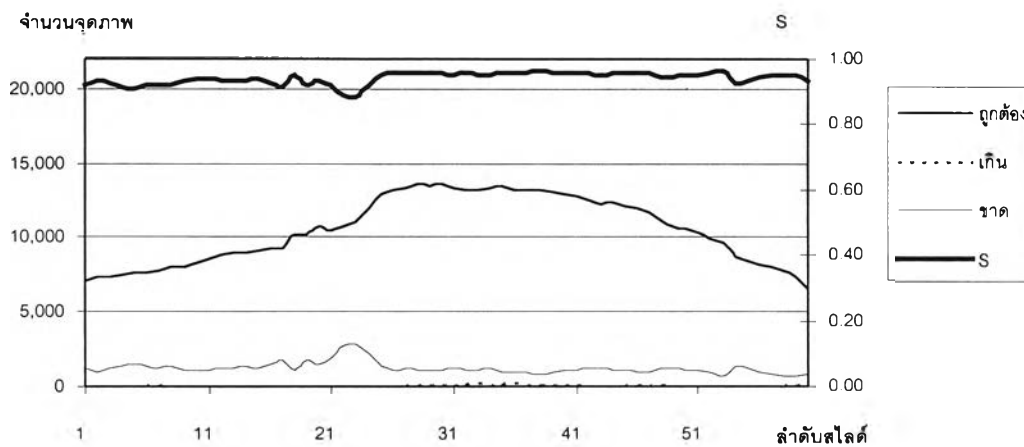
รูปที่ 55 กราฟแสดงผลการประเมินของชุดภาพ E6474s3



รูปที่ 56 กราฟแสดงผลการประเมินของชุดภาพ E6520s5



รูปที่ 57 กราฟแสดงผลการประเมินของชุดภาพ E7156s4



รูปที่ 58 กราฟแสดงผลการประเมินของชุดภาพ E8171s4

ตารางที่ 12 สรุปผลการประเมินของชุดภาพทั้งหมด

หมายเลขชุดภาพ	S เฉลี่ยของทั้งชุดภาพ		S เฉลี่ยในภาพลำดับที่ 1-4		S เฉลี่ยในภาพลำดับที่ 57-60		S เฉลี่ยของภาพลำดับที่ 5-56	
	งานวิจัยนี้	งานวิจัยของภาณศักดิ์	งานวิจัยนี้	งานวิจัยของภาณศักดิ์	งานวิจัยนี้	งานวิจัยของภาณศักดิ์	งานวิจัยนี้	งานวิจัยของภาณศักดิ์
E5674s3	0.940	0.956	0.916	0.750	0.798	0.777	0.953	0.989
E5774s3	0.952	0.815	0.893	0.000	0.878	0.936	0.962	0.866
E6430s4	0.939	0.906	0.920	0.486	0.623	0.373	0.965	0.989
E6474s3	0.971	0.999	0.966	1.000	0.971	1.000	0.972	0.999
E6520s5	0.966	0.950	0.930	0.750	0.915	0.590	0.973	1.000
E7156s4	0.963	0.999	0.949	1.000	0.957	1.000	0.965	0.999
E8171s4	0.940	0.997	0.923	0.993	0.945	0.999	0.941	0.998

5.4 การวิเคราะห์ผล

เมื่อพิจารณาในชุดภาพประเภทแรกซึ่งประกอบด้วยชุดภาพในระนาบตั้งฉากกับแกนซีระยะและชุดภาพในระนาบขนานกับไบหน้าที่เกิดจากการสังเคราะห์อย่างละหนึ่งชุดภาพ พบว่าชุดภาพต้นฉบับจากทั้งสองชุดภาพเป็นชุดภาพที่มีความชัดเจนสูงมาก กล่าวคือ บริเวณที่เป็นสมองจะมีค่าระดับเทาใกล้เคียงกัน (มีค่าความแปรปรวนต่ำ) และบริเวณส่วนที่เป็นพื้นหลังเป็นสีดำนสนิทและปราศจากสัญญาณรบกวน ซึ่งทำให้บริเวณขอบสมองที่จะนำมาพิจารณาเป็นเส้นขอบชัดเจนระหว่างสีเทาและสีดำ

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งส่วนในชุดภาพในระนาบตั้งฉากกับแกนซีระยะจะพบว่าบริเวณขอบรอบนอกของสมองของภาพในลำดับกลาง ๆ จะมีความโค้งเว้าถูกต้องตรงกับบริเวณสมองจริง แต่ยังมีบริเวณภายในสมองที่มีการกำจัดส่วนที่ไม่ใช่บริเวณสมองออกมากเกินไป ทั้งนี้เนื่องจากค่าความแปรปรวนของค่าระดับเทาภายในบริเวณสมองมีค่าต่ำ ทำให้ค่าขีดแบ่งที่ใช้ในขั้นตอนการกำจัดบริเวณที่ไม่ใช่สมองมีค่าสูงมากเกินไป ส่วนภาพในลำดับต้น ๆ และลำดับท้าย ๆ ที่ไม่มีส่วนที่เป็นสมองอยู่จะได้ผลลัพธ์เป็นเส้น ทั้งนี้เนื่องจากเส้นแสดงรูปร่างมีขนาดเล็กมากเกินไปไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการค้นหาที่เหมาะสมในแต่ละครั้งได้ สำหรับผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งส่วนในชุดภาพในระนาบขนานกับไบหน้าจะพบว่า บริเวณทั้งหมดในภาพมีความถูกต้องสมบูรณ์ทั้งด้านในและด้านนอก ยกเว้นในภาพลำดับที่ 31-33 ซึ่งได้บริเวณที่เกินออกจากบริเวณสมองในทิศทางด้านบนซ้ายของภาพ ทั้งนี้เนื่องจากค่าระดับเทาของจุดในบริเวณนั้นใกล้เคียงกับค่าระดับเทาของขอบสมองมากนั่นเอง

สำหรับผลลัพธ์ในการแบ่งส่วนของชุดภาพประเภทที่สองซึ่งเป็นภาพที่ได้จากเครื่องถ่ายภาพเอ็มอาร์ไอของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์จำนวน 7 ชุดภาพ จะสามารถแยกพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละชุดภาพ ดังนี้

- ในชุดภาพ E5674s3 ภาพในลำดับต้นและท้ายจะมีค่า S ต่ำมาก สาเหตุเนื่องจากค่าระดับเทาในภาพมีค่าสูงกว่าค่าระดับเทาเฉลี่ยจากทุก ๆ ภาพในชุดภาพ นอกจากนี้ในภาพลำดับกลางจะแบ่งส่วนขาดหายไปบริเวณที่เป็น gray matter รอบบริเวณสมอง
- ในชุดภาพ E5774s3 เป็นชุดภาพที่มีบริเวณเนื้อสมองมากที่สุดใน 7 ชุดภาพ ซึ่งภาพในลำดับต้นและท้ายจะมีค่า S ต่ำมาก และมีสาเหตุเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในชุดภาพ E5674s3 และยังมีส่วนที่ผิดพลาดเกิดขึ้นอีกในภาพลำดับที่ 12 และ 13 ซึ่งไม่สามารถแบ่งส่วนสมองบริเวณด้านขวาล่างของภาพได้ ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณสมองส่วนนี้มีพื้นที่น้อยและมีตำแหน่งห่างออกจากบริเวณสมองส่วนกลางมาก
- ในชุดภาพ E6430s4 เป็นภาพที่มีสัญญาณรบกวนบริเวณพื้นหลังมากกว่าชุดภาพอื่น แต่ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินยังอยู่ในเกณฑ์ดี ยกเว้นเฉพาะภาพในลำดับต้นจำนวน 1 ภาพและในลำดับท้ายจำนวน

2 ภาพ ซึ่งภาพเหล่านี้นอกจากจะมีค่าระดับเทาสูงกว่าค่าระดับเทาเฉลี่ยของทุก ๆ ภาพในชุดภาพแล้ว ยังมีสัญญาณภาพในลำดับภาพอื่นมาปะปนอีกด้วย

- ในชุดภาพ E8171s4 เป็นชุดภาพที่มีค่าเฉลี่ย S ต่ำที่สุดใน 7 ชุดภาพ ทั้งนี้เนื่องจากมีบริเวณที่ขาดหายไปเป็นจำนวนมาก ทั้งที่อยู่รอบขอบนอกสมองและอยู่ภายในสมอง
- ในชุดภาพ E6474s3, E6520s5 และ E7156s4 ได้ภาพผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยบริเวณที่ผิดพลาดโดยมากเกิดขึ้นเพียงบริเวณส่วนย่อยที่มีพื้นที่น้อยเท่านั้น

เมื่อพิจารณาผลการแบ่งส่วนโดยรวมจากตารางที่ 13 จะพบว่าในแต่ละชุดภาพจะได้ค่าเฉลี่ย S ที่ใกล้เคียงกันและมีค่าสูงมาก (ประมาณ 0.95 ซึ่งมากกว่าค่าที่ A. P. Zijdenbox [22] กำหนดไว้คือ 0.70) และหากไม่รวมถึงผลของค่า S ของภาพลำดับต้นและท้ายซึ่งเป็นภาพที่มีคุณภาพต่ำในแต่ละชุดภาพ ยิ่งจะทำให้ค่าเฉลี่ย S ที่ได้ (ประมาณ 0.96) มีค่าสูงมากยิ่งขึ้นอีก

เมื่อกลับพิจารณาถึงผลการประเมินในงานวิจัยของภาณุกศักดิ์ พบว่าค่าเฉลี่ย S ที่ได้ในแต่ละชุดภาพมีความแตกต่างกันมาก โดยมีชุดภาพจำนวน 3 ชุดภาพที่ค่าเฉลี่ย S เข้าใกล้ 1 ซึ่งถือได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงกับบริเวณสมองที่ถูกต้องมาก และมี 1 ชุดภาพที่ค่าเฉลี่ย S ต่ำกว่า 0.85 โดยในชุดภาพนี้ผลลัพธ์ที่ได้ในลำดับที่ 1 ถึง 10 ไม่มีบริเวณสมองที่ถูกต้องอยู่เลย

เมื่อนำผลการประเมินในงานวิจัยนี้เทียบกับผลการประเมินในงานวิจัยของภาณุกศักดิ์ พบว่ามี 3 ชุดภาพในงานวิจัยนี้ที่ได้ผลการประเมินดีกว่าในงานวิจัยของภาณุกศักดิ์ และมี 4 ชุดภาพที่ได้ผลการประเมินที่เลวกว่า เนื่องจากภาพที่ถูกต้องจริงที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบได้จากการนำเอาภาพผลลัพธ์จากการแบ่งส่วนในงานวิจัยของภาณุกศักดิ์มาเป็นพื้นฐานให้ผู้เชี่ยวชาญกำหนดบริเวณที่เกินและเพิ่มเติมบริเวณที่ขาดหาย จึงอาจเป็นเหตุให้ผู้เชี่ยวชาญมีอคติในการกำหนดบริเวณดังกล่าว ซึ่งจะสังเกตได้จากผลการประเมินในบางชุดภาพของงานวิจัยของภาณุกศักดิ์ที่มีค่า S สูงมากเป็น 1

นอกจากนี้ยังได้พบว่าในงานวิจัยของภาณุกศักดิ์ ภาพ 5 ภาพแรกจากตอนต้นและภาพ 5 ภาพหลังจากตอนท้ายของชุดภาพจะเป็นภาพที่มีการแบ่งส่วนผิดพลาดมาก ในขณะที่ในงานวิจัยนี้ จะมีเพียงภาพ 2 ภาพแรกจากตอนต้นและภาพ 2 ภาพหลังจากตอนท้ายเท่านั้นที่เป็นภาพที่มีการแบ่งส่วนผิดพลาดมาก ทั้งนี้เนื่องจากวิธีในการแบ่งส่วนที่แตกต่างกัน

เมื่อนำผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีวิทยา 2 คนมาทำการแบ่งส่วนสมองจากภาพเอ็มอาร์ไอ ในชุดภาพเดียวกัน จะมีจำนวนจุดภาพบริเวณที่เป็นสมองถูกต้องตรงกันประมาณ 96 % - 97 % และเมื่อนำมาคำนวณหาค่า S จะได้ค่าเฉลี่ยประมาณ 0.98 ดังนั้นผลการประเมินที่ได้ในงานวิจัยซึ่งมีค่าเฉลี่ย S ประมาณ 0.96 จึงเป็นผลการประเมินที่น่าพอใจ

จากผลการประเมินทั้งหมดที่กล่าวมา พบว่าวิธีการแบ่งส่วนในงานวิจัยนี้ ถึงแม้จะใช้เวลานานในการแบ่งส่วน (หนึ่งชุดภาพใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง 30 นาที) แต่ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือสูงและมีความถูกต้องใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งส่วนโดยผู้เชี่ยวชาญ จึงทำให้วิธีการแบ่งส่วนในงานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ในแทนที่กระบวนการแบ่งส่วนเดิมในปัจจุบันที่มีการแบ่งส่วนด้วยมือ ซึ่งจะช่วยให้ช่วยประหยัดทั้งเวลาและแรงงานของผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งได้ผลลัพธ์ที่มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น