

ระบบวัดและจำแนกสภาวะการหลับ

ปกฟอ



นาย สุชิน ไตรรงค์จิตเหมาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1536-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ระบบวัดและจำแนกสภาวะการหลับ

โดย

นาย สุชิน ไตรรงค์จิตเหมาะ


สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา

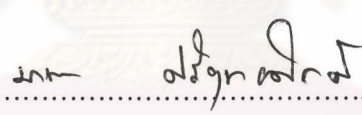
รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

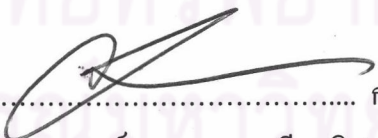

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย จิตะพันธ์กุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เจตกุล โสภานิตย์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ. ทายาท ดีสุดจิต)

สุชิน ไตรรงค์จิตเหมาะ : ระบบวัดและจำแนกสภาวะการหลับ (SLEEP STAGE MEASURING AND CLASSIFYING SYSTEM) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์ 112 หน้า. ISBN 974-03-1536-4

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การประดิษฐ์ระบบวัดและจำแนกสภาวะการหลับของมนุษย์โดยใช้ค่าลักษณะสำคัญที่ได้จากคลื่นลูกตา โดยระบบวัดและจำแนกสภาวะการหลับจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ วงจรวัดสัญญาณคลื่นลูกตาและระบบจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลในการจำแนกสภาวะการหลับ

เนื่องจากสัญญาณคลื่นลูกตามีขนาดเล็กและถูกรบกวนได้ง่าย วงจรวัดจึงประกอบด้วยวงจรขยายผลต่าง, วงจรกรองผ่านต่ำ, วงจรกรองหยุดจุด และวงจรกรองผ่านสูง เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน โดยมีอัตราขยายรวมที่สามารถปรับค่าได้ในช่วง 16,000 – 32,000 เท่า และมีช่วงความถี่ในการวัดระหว่าง 0.2 – 30 Hz

ในส่วน of ระบบจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลนั้น สัญญาณคลื่นลูกตาที่ได้จากอิเล็กทรอนิกส์ถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยการ์ด A/D โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาจาก LabView เป็นตัวควบคุมการจัดเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการจำแนกสภาวะการหลับนั้น อาศัยเทคนิคการประมวลผลสัญญาณ อันได้แก่ การแปลงฟูรีเยร์แบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้อัลกอริทึมแบบฟูรีเยร์ทรานส์ฟอร์มอย่างรวดเร็ว (FFT) และ การหาค่าสัมประสิทธิ์คอร์ดรีเลชัน จากนั้นจึงนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ไปหาค่าลักษณะสำคัญจากสัญญาณคลื่นลูกตา โดยค่าลักษณะสำคัญที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของแต่ละสภาวะการหลับทำให้สามารถออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้ในการจำแนกได้ นอกจากนี้แล้วได้ทำการทดสอบความสามารถในการจำแนกสภาวะการหลับด้วยข่ายงานระบบประสาทแบบแพร่กระจายกลับ (Backpropagation) และแบบ Radial Basis แล้วทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากของทั้งสองวิธีกับผลการจำแนกสภาวะการหลับโดยแพทย์

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผลการจำแนกจากอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นของข้อมูลชุดเดียวกันมีค่าความถูกต้องประมาณ 80 – 90 % แต่ค่าความถูกต้องของการจำแนกสภาวะการหลับด้วยอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นของข้อมูลชุดอื่นมีค่าลดต่ำลง ในขณะที่ข่ายงานระบบประสาททั้งสองแบบให้ผลการจำแนกในระดับ 40 – 50 % ซึ่งต่ำกว่าอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้น

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิสิต.....*สุชิน ไตรรงค์จิตเหมาะ*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์*

##4270600321 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORDS : SLEEP STAGE/ EOG/ MEASUREMENT/ CLASSIFICATION/ REM
SUCHIN TRIRONGJITMOAH: SLEEP STAGE MEASURING AND CLASSIFYING
SYSTEM. THESIS ADVISER: ASSOC.PROF.DR. MAÑA SRIYUDTHSAK. 112 pp.
ISBN 974-03-1536-4

Objectives of the present study are to construct an Electro-Occulogram (EOG) measuring system and classifying the human sleep stage using its features. The classifying system consists of 2 main parts: the measuring circuit and data acquisition together with sleep stage classifying system.

In the part of measuring circuit, it is designed for collecting a high signal to noise ratio of the EOG signal. The circuit consists of differential amplifier, low-pass filter, notch filter and high-pass filter. The whole gain of the measuring system could vary from 16,000 to 32,000. The frequency response in the range of 0.2 – 30 Hz.

In the part of data acquisition and classifying system, analog signal is converted to digital signal using an A/D card. LabView, a graphical programming, has been used as a development tool for manipulating EOG signals and storing data into a file for further analysis and classification.

For classifying the sleep stage, fast fourier transform and coefficient correlation were used to extract features from EOG. The features show remarkable differences in each sleep stage. These features are used in a developed algorithm for classifying system. Moreover, the conventional neural networks such as backpropagation, radial basis function have also been used to classify the sleep stage, the both results have been compared with the expert analysis.

In conclusion, it was found that neural networks showed percent recognition in the sleep stage classification about 40 – 50 %. Meanwhile, the developed system could measure the EOG signal and classify the sleep stage, for the best condition, with a percent recognition of about 80 – 90 %

Department Electrical Engineering

Field of study Electrical Engineering

Academic year 2001

Student's signature... *Suchin Trirongjitmoah*

Advisor's signature... *Maña Sriyudthsak*

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์ สำหรับความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคำปรึกษาแนะนำที่มีประโยชน์ ตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ ผศ.นพ. ทายาท ดีสุดจิต สำหรับความช่วยเหลือต่าง ๆ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ หัวหน้าภาควิชากุมารเวชศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชากุมารเวชศาสตร์ทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. อภรณ์ ชีระมงคลศรี สำหรับความช่วยเหลือและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ คุณ ภควัฒน์ วิเศษละคร คุณ สุภวัตร น้ำประเสริฐ และคุณ สุรเดช เลิศศิริมงคล สุข ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คณาจารย์ นิสิต และบุคลากรของห้องปฏิบัติการไบโออิเล็กทรอนิกส์ และห้องปฏิบัติการวิจัยสารกึ่งตัวนำทุกท่านที่ช่วยสนับสนุน และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

สุดท้าย ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยเสมอมา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เกิดขึ้นได้จากความช่วยเหลือและสนับสนุนจากบุคคลต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น อย่างไรก็ตาม หากมีบุคคลอื่นที่ข้าพเจ้าไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ข้าพเจ้าต้องขออภัยและขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 การจำแนกสถานะการหลับด้วยข่ายงานระบบประสาท.....	21
3.1 การจัดการข้อมูลก่อนการประมวลผลสัญญาณ.....	21
3.2 การหาค่าลักษณะสำคัญ (Feature Extraction).....	22
3.3 ค่าพารามิเตอร์ของข่ายงานระบบประสาท.....	24
3.4 ชุดข้อมูลที่ใช้ในการสอนและทดสอบข่ายงานระบบประสาท.....	26
3.5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการบ่งบอกคุณภาพของข่ายงานระบบประสาท.....	27
3.6 ผลการจำแนกสถานะการหลับด้วยข่ายงานระบบประสาท.....	28
3.6.1 ผลการจำแนกทุกสถานะการหลับด้วยข่ายงานระบบประสาท.....	28
3.6.2 ผลการจำแนกสถานะ REM ด้วยข่ายงานระบบประสาท.....	32
3.6.3 ผลการจำแนกสถานะ Deep sleep ด้วยข่ายงานระบบประสาท.....	38
3.6.4 ผลการจำแนกสถานะ Wake ด้วยข่ายงานระบบประสาท.....	41
4 การสร้างอัลกอริทึมในการจำแนกสถานะการหลับ.....	45
4.1 ลักษณะสมบัติที่สำคัญของสถานะการหลับระยะต่าง ๆ.....	45
4.2 การหาค่าลักษณะสำคัญจากสัญญาณคลื่นลูกตาของสถานะการหลับระยะต่าง ๆ.....	47
4.3 อัลกอริทึมในการจำแนกสถานะการหลับ.....	50
4.3.1 เงื่อนไขการจำแนกสถานะการหลับของอัลกอริทึมที่ 1.....	52
4.3.2 เงื่อนไขการจำแนกสถานะการหลับของอัลกอริทึมที่ 2.....	55
4.3.3 ข้อแตกต่างระหว่างอัลกอริทึมทั้งสอง.....	57
4.4 ผลการทดลองจำแนกสถานะการหลับด้วยอัลกอริทึมที่สร้างขึ้น.....	58
5 ผลการทดสอบข้อมูลที่วัดจากเครื่องวัดสัญญาณคลื่นลูกตากับอัลกอริทึมที่สร้างขึ้น.....	74
6 สรุป.....	85
รายการอ้างอิง.....	87
ภาคผนวก.....	89
ภาคผนวก ก.....	90

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ข.....	98
ภาคผนวก ค.....	100
ภาคผนวก ง.....	102
ภาคผนวก จ.....	105
ภาคผนวก ฉ.....	109
ภาคผนวก ช.....	110
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	112



ศูนย์วิทยพัทพยาบาล
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะการหลับกับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าจากร่างกาย.....	7
3.1	จำนวนเวกเตอร์ของสภาวะต่าง ๆ ในกลุ่มที่ใช้สอนและทดสอบข่ายงานระบบประสาท.....	26
3.2	องค์ประกอบของข่ายงานระบบประสาทแบบแพร่กระจายกลับที่ใช้ในการจำแนก REM.....	33
3.3	ขนาด Spread of constant ในข่ายงานระบบประสาทแบบ Radial Basis ที่ใช้ในการจำแนก REM	33
3.4	ผลการจำแนกแต่ละสภาวะด้วยข่ายงาน BPR4 และ BPR9 โดยทำทีละสภาวะ.....	44
3.5	ผลการจำแนกทุกสภาวะพร้อมกันด้วยข่ายงาน BP2 และ BP3.....	44
4.1	ข้อแตกต่างระหว่างอัลกอริทึมทั้งสอง.....	58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1	สัปดาห์ไฟฟ้าไวงาน..... 4
1.2	วงจรสมมูลย์ของอิเล็กโทรคในการวัดสัญญาณ ไฟฟ้าจากร่างกาย..... 8
2.1	ตำแหน่งติดอิเล็กโทรคเพื่อทำการวัดสัญญาณคลื่นลูกตา..... 10
2.2	ลำดับบล็อกไดอะแกรมของวงจรวัดสัญญาณทั้งหมด..... 11
2.3	วงจรขยายผลต่าง..... 11
2.4	วงจรกรองผ่านต่ำอันดับหนึ่ง..... 12
2.5	ผลตอบทางความถี่ของวงจรกรองผ่านต่ำอันดับ 1..... 13
2.6	รูปวงจกรองผ่านต่ำแบบบัตเตอร์เวอร์ทอันดับ 7..... 15
2.7	ผลตอบทางความถี่ของวงจรกรองผ่านต่ำแบบบัตเตอร์เวอร์ทอันดับ 7..... 15
2.8	วงจรกรองหยุดจุด..... 16
2.9	ผลตอบทางความถี่ของวงจรกรองหยุดจุดวงจรที่ 1..... 17
2.10	ผลตอบทางความถี่ของวงจรกรองหยุดจุดวงจรที่ 2..... 17
2.11	ผลตอบทางความถี่ของวงจรกรองหยุดจุด 2 วงจรต่อกัน..... 17
2.12	วงจรกรองผ่านสูงแบบบัตเตอร์เวอร์ทอันดับ 2..... 18
2.13	ผลตอบทางความถี่ของวงจรกรองผ่านสูงแบบบัตเตอร์เวอร์ทอันดับ 2..... 19
2.14	หน้าจอแสดงผลของระบบควบคุมการจัดเก็บสัญญาณที่สร้างด้วยโปรแกรม LABVIEW..... 20
3.1	ผลตอบเชิงความถี่ของตัวกรองดิจิทัลแบบ FIR ที่ใช้หน้าต่างชนิด Kaiser.. 22
3.2	ตัวอย่างของสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้าย (บน) และด้านขวา (ล่าง) ในสภาวะตื่น (รูป ก), การหลับระยะที่ 1(รูป ข), ระยะที่ 2 (รูป ค), ระยะที่ 3 (รูป ง), ระยะที่ 4 (รูป จ) และสภาวะ REM (รูป ฉ) ตามลำดับ..... 23
3.3	ความถูกต้องรวมของทุกสภาวะเมื่อใช้ค่าลักษณะสำคัญทั้ง 4 แบบทดสอบกับข่ายงานระบบประสาท BP1, BP2 และ BP3..... 28
3.4	ความถูกต้องรวมของทุกสภาวะเมื่อใช้ค่าลักษณะสำคัญทั้ง 4 แบบทดสอบกับข่ายงานระบบประสาท RB1, RB2, RB3 และ RB4..... 29
3.5	ค่า %C/D ของการจำแนกทุกสภาวะ ด้วยข่ายงานระบบประสาท BP3..... 29
3.6	ค่า %C/R ของการจำแนกทุกสภาวะ ด้วยข่ายงานระบบประสาท BP3..... 30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า	
3.7	ค่า %C/D ของการจำแนกทุกสภาวะ ด้วยข่ายงานระบบประสาท RB4.....	31
3.8	ค่า %C/R ของการจำแนกทุกสภาวะ ด้วยข่ายงานระบบประสาท RB4.....	31
3.9	ค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะ REM ด้วยข่ายงานระบบประสาทแบบ แพร่กระจายกลับที่มี 1 Hidden layer.....	35
3.10	ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะ REM ด้วยข่ายงานระบบประสาทแบบ แพร่กระจายกลับที่มี 1 Hidden layer.....	35
3.11	ค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะ REM ด้วยข่ายงานระบบประสาทแบบ แพร่กระจายกลับที่มี 2 Hidden layer.....	36
3.12	ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะ REM ด้วยข่ายงานระบบประสาทแบบ แพร่กระจายกลับที่มี 2 Hidden layer.....	36
3.13	ค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะ REM ด้วยข่ายงานระบบประสาทแบบ Radial Basis.....	37
3.14	ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะ REM ด้วยข่ายงานระบบประสาทแบบ Radial Basis.....	37
3.15	ค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะ Deep sleep ด้วยข่ายงาน BPR4.....	39
3.16	ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะ Deep sleep ด้วยข่ายงาน BPR4.....	39
3.17	ค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะ Deep sleep ด้วยข่ายงาน BPR9.....	40
3.18	ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะ Deep sleep ด้วยข่ายงาน BPR9.....	40
3.19	ค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะ Wake ด้วยข่ายงาน BPR4.....	42
3.20	ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะ Wake ด้วยข่ายงาน BPR4.....	42
3.21	ค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะ Wake ด้วยข่ายงาน BPR9.....	43
3.22	ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะ Wake ด้วยข่ายงาน BPR9.....	43
4.1	ตัวอย่างของสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาที่สภาวะตื่น (รูป ก), การหลับระยะที่ 1 (รูป ข), ระยะที่ 2 (รูป ค), ระยะที่ 3 (รูป ง), ระยะที่ 4 (รูป จ) และสภาวะ REM (รูป ฉ) ตามลำดับ.....	46
4.2	หน้าต่างที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์คอรีลีเลชัน.....	48
4.3	ตัวอย่างสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้าย (บน) และด้านขวา (ล่าง) ของสภาวะ REM.....	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4.4 ตัวอย่างของสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตา ณ เวลาเดียวกับรูปที่ 1 ที่ประมาณด้วยวิธี Moving average โดยมีขนาดหน้าต่างเท่ากับ 5 จุด ที่สถานะตื่น (รูป ก), การหลับระยะที่ 1 (รูป ข), ระยะที่ 2 (รูป ค), ระยะที่ 3 (รูป ง), ระยะที่ 4 (รูป จ) และสถานะ REM (รูป ฉ) ตามลำดับ.....	51
4.5 แผนภาพลำดับการจำแนกสถานะการหลับของอัลกอริธึมที่ 1.....	54
4.6 แผนภาพลำดับการจำแนกสถานะการหลับของอัลกอริธึมที่ 2.....	57
4.7 ค่า %C/D ของการจำแนกสถานะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 1.....	59
4.8 ค่า %C/R ของการจำแนกสถานะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 1.....	60
4.9 ค่า %C/D ของการจำแนกสถานะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 1.....	60
4.10 ค่า %C/R ของการจำแนกสถานะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 1.....	61
4.11 ค่า %C/D ของการจำแนกสถานะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 2.....	62
4.12 ค่า %C/R ของการจำแนกสถานะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 2.....	62
4.13 ค่า %C/D ของการจำแนกสถานะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 2.....	63
4.14 ค่า %C/R ของการจำแนกสถานะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 2.....	63
4.15 เปรียบเทียบค่า %C/D ของการจำแนกสถานะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ระหว่างผลที่ได้จากอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นกับการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ของข้อมูลชุด SCTEEG2 และ SPNEEG.....	64
4.16 เปรียบเทียบค่า %C/R ของการจำแนกสถานะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ระหว่างผลที่ได้จากอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นกับการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ของข้อมูลชุด SCTEEG2 และ SPNEEG.....	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า	
4.17	เปรียบเทียบค่า%C/D ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ระหว่างผลที่ได้จากอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นกับการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ ของข้อมูลชุด SCTEEG2 และ SPNEEG.....	65
4.18	เปรียบเทียบค่า%C/R ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ระหว่างผลที่ได้จากอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นกับการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ ของข้อมูลชุด SCTEEG2 และ SPNEEG.....	65
4.19	อีฟ โนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด Patient1 โดย แพทย์ (ก), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (ง) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (จ) ตาม ลำดับ.....	68
4.20	อีฟ โนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด Patient2 โดย แพทย์ (ก), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (ง) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (จ) ตาม ลำดับ.....	69
4.21	อีฟ โนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด SCTEEG1 โดยแพทย์ (ก), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (ง) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (จ) ตามลำดับ.....	70
4.22	อีฟ โนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด SCTEEG2 โดยแพทย์ (ก), เครื่องมือแพทย์ (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ง), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (จ) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (ฉ) ตามลำดับ.....	71
4.23	อีฟ โนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด SPNEEG โดย แพทย์ (ก), เครื่องมือแพทย์ (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึม ที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ง), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (จ) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (ฉ) ตามลำดับ.....	72

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
4.24	<p>ชิพ โนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด PKWEEG โดยแพทย์ (ก), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (ง) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (จ) ตามลำดับ.....</p>	73
5.1	<p>ชิพ โนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด SCTEOG1 ด้วยอัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ก), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ข), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (ค) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (ง) ตามลำดับ.....</p>	77
5.2	<p>ชิพ โนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด SCTEOG2 ด้วยอัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ก), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ข), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (ค) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (ง) ตามลำดับ.....</p>	78
5.3	<p>ชิพ โนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด PKWEOG ด้วยอัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ก), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ข), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (ค) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (ง) ตามลำดับ.....</p>	79
5.4	<p>สัญญาณคลื่นลูกตาต้านซ้าย (บนซ้าย) ด้านขวา (ล่างซ้าย) และสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาต้านซ้าย (ขวา) ของ Epoch ที่ถูกจำแนกด้วย อัลกอริธึมทั้งสองว่าเป็นสภาวะ DS ของข้อมูลชุด SCTEOG1.....</p>	80
5.5	<p>สัญญาณคลื่นลูกตาต้านซ้าย (บนซ้าย) ด้านขวา (ล่างซ้าย) และสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาต้านซ้าย (ขวา) ของ Epoch ที่ถูกจำแนกด้วย อัลกอริธึมทั้งสองว่าเป็นสภาวะ DS ของข้อมูลชุด SCTEOG2.....</p>	80
5.6	<p>สัญญาณคลื่นลูกตาต้านซ้าย (บนซ้าย) ด้านขวา (ล่างซ้าย) และสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาต้านซ้าย (ขวา) ของ Epoch ที่ถูกจำแนกด้วย อัลกอริธึมทั้งสองว่าเป็นสภาวะ DS ของข้อมูลชุด PKWEOG.....</p>	80
5.7	<p>สัญญาณคลื่นลูกตาต้านซ้าย (บนซ้าย) ด้านขวา (ล่างซ้าย) และสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาต้านซ้าย (ขวา) ของ Epoch ที่ถูกจำแนกโดย แพทย์และอัลกอริธึมทั้งสองว่าเป็นสภาวะ DS ของข้อมูลชุด SCTEEG1.....</p>	81

