การเปรียบเทียบวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนในสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

ธนกฤต แสนเจริญกิจ

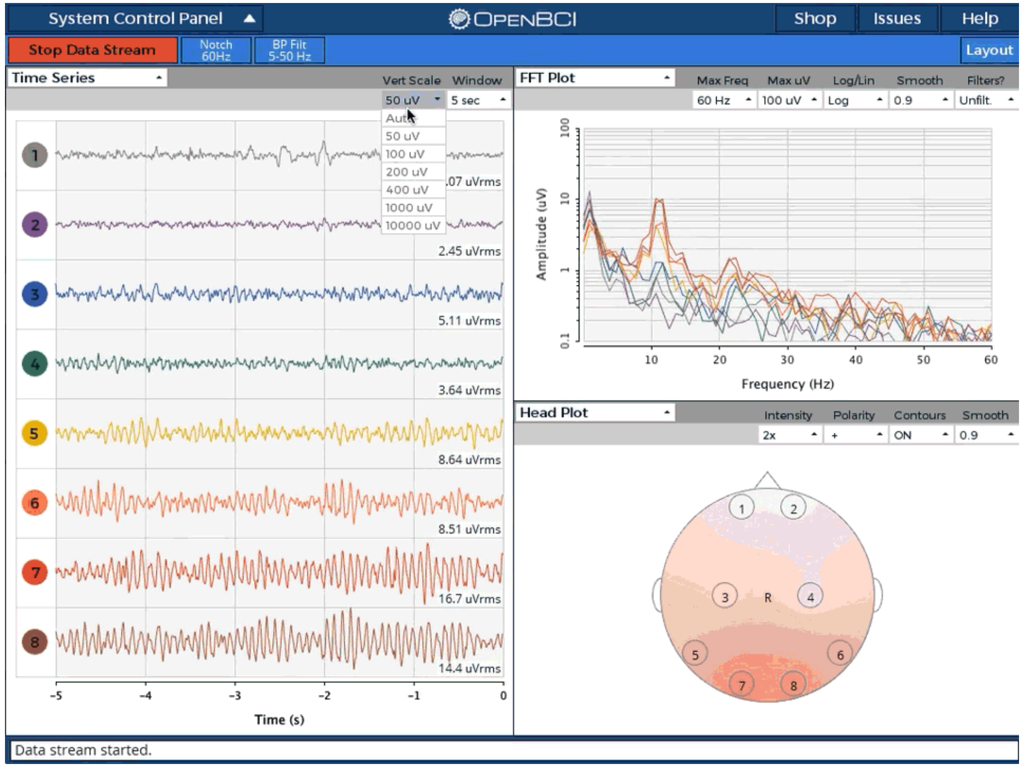
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จิตโกมุท ส่งศิริ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่มาและความสำคัญ

แหล่งที่มา : https://www.directmedical.ie/product/somnowatch-plus/sow_eeg_03/



แหล่งที่มา : https://images.app.goo.gl/EdK1e8jiUowHy1VU9

แหล่งที่มา :
https://www.sciencephoto.com/media/904128/view/electroencephalography

แหล่งที่มา : https://www.amazon.ca/NeuroSky-Single-Channel-Measurement-Relaxation-8rdsf-tg1324061/dp/B01M689ZAF

วัตถุประสงค์

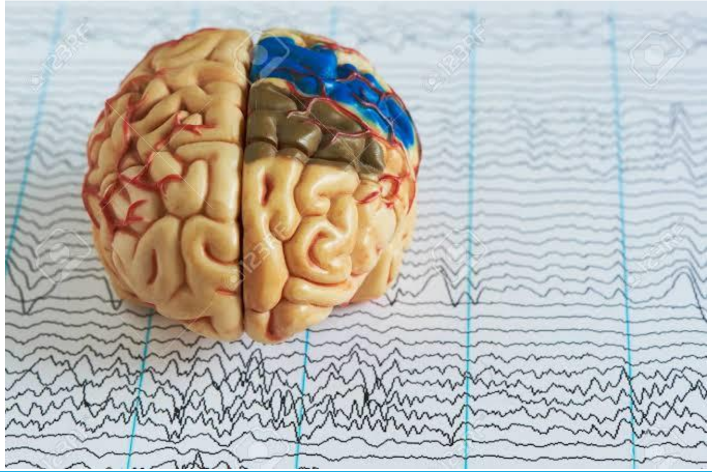
- เพื่อศึกษาวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนที่ประยุกต์ใช้ได้กับการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองหนึ่งช่องสัญญาณ
- เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์และความซับซ้อนในการคำนวณของวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนที่แตกต่างกัน ซึ่งมีวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนดังต่อไปนี้ Thresholding, Random forest และ Convolutional neural network

ขอบเขต

- กำจัด ***สัญญาณรบกวนที่เกิดจากตา*** เท่านั้น เช่น การกะพริบตา
- วิธีที่จะศึกษาสำหรับการตรวจจับและกำจัดสัญญาณรบกวนคือ Thresholding, Random forest, CNN
- ข้อมูลที่นำมาใช้จะเป็น ***ข้อมูลสังเคราะห์*** จำลองการบันทึกสัญญาณจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง ***หนึ่งช่องสัญญาณ***
- การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวน จะเปรียบเทียบด้วยความแตกต่างของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยแบบบรรทัดฐานของวิธีการต่าง ๆ

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง [3]

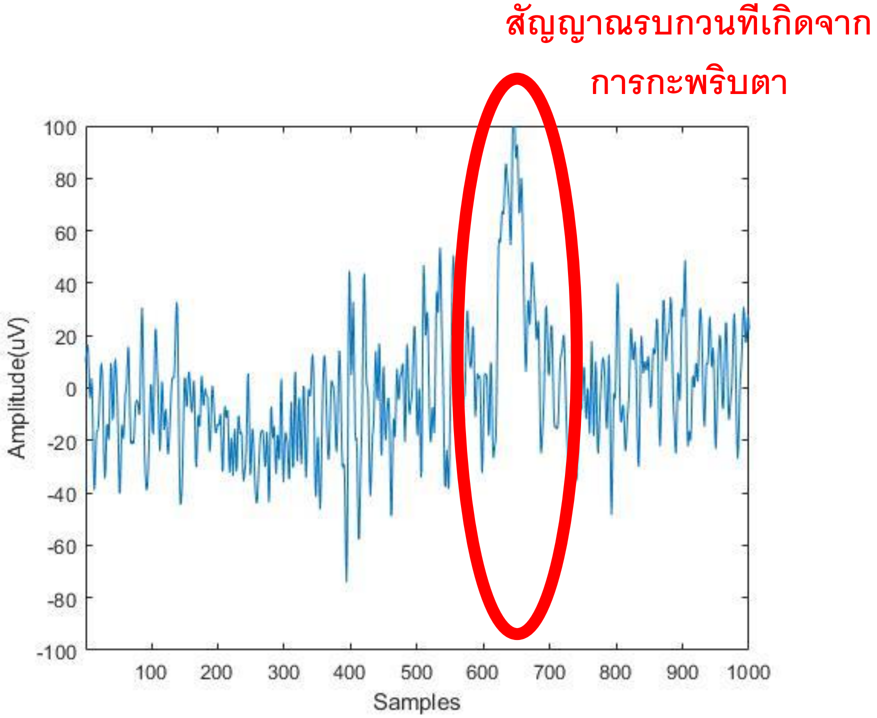
- สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง จะมีย่านความถี่ในช่วง 0.01 – 100 Hz
- มี Amplitude โดยทั่วไปไม่เกิน 100 uV
- สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง จะเป็น non-stationary processes



แหล่งที่มา : https://images.app.goo.gl/7NFKfsQHZYwTh6cv9

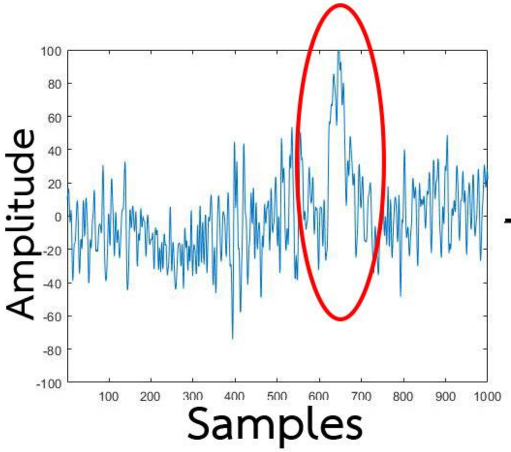
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

สัญญาณรบกวนที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของตา เช่น การกะพริบตา



หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวน



สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีสัญญาณรบกวนจากตา

→

ตรวจจับบริเวณที่มีสัญญาณรบกวน

วิธีการ

1.Thresholding

2.Random forest

3.CNN

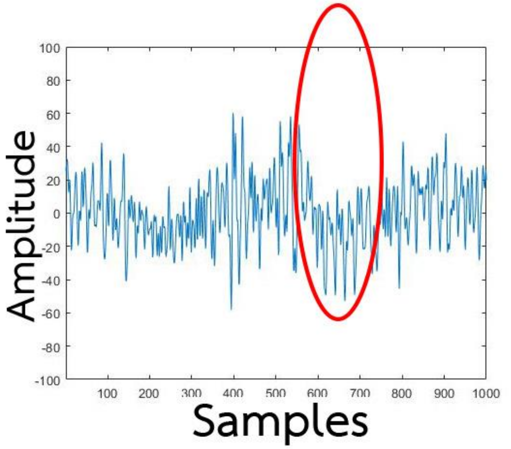
→ บริเวณที่ตรวจจับได้ว่ามีสัญญาณรบกวน →

กำจัดสัญญาณรบกวนในบริเวณที่ตรวจจับได้

วิธีการ

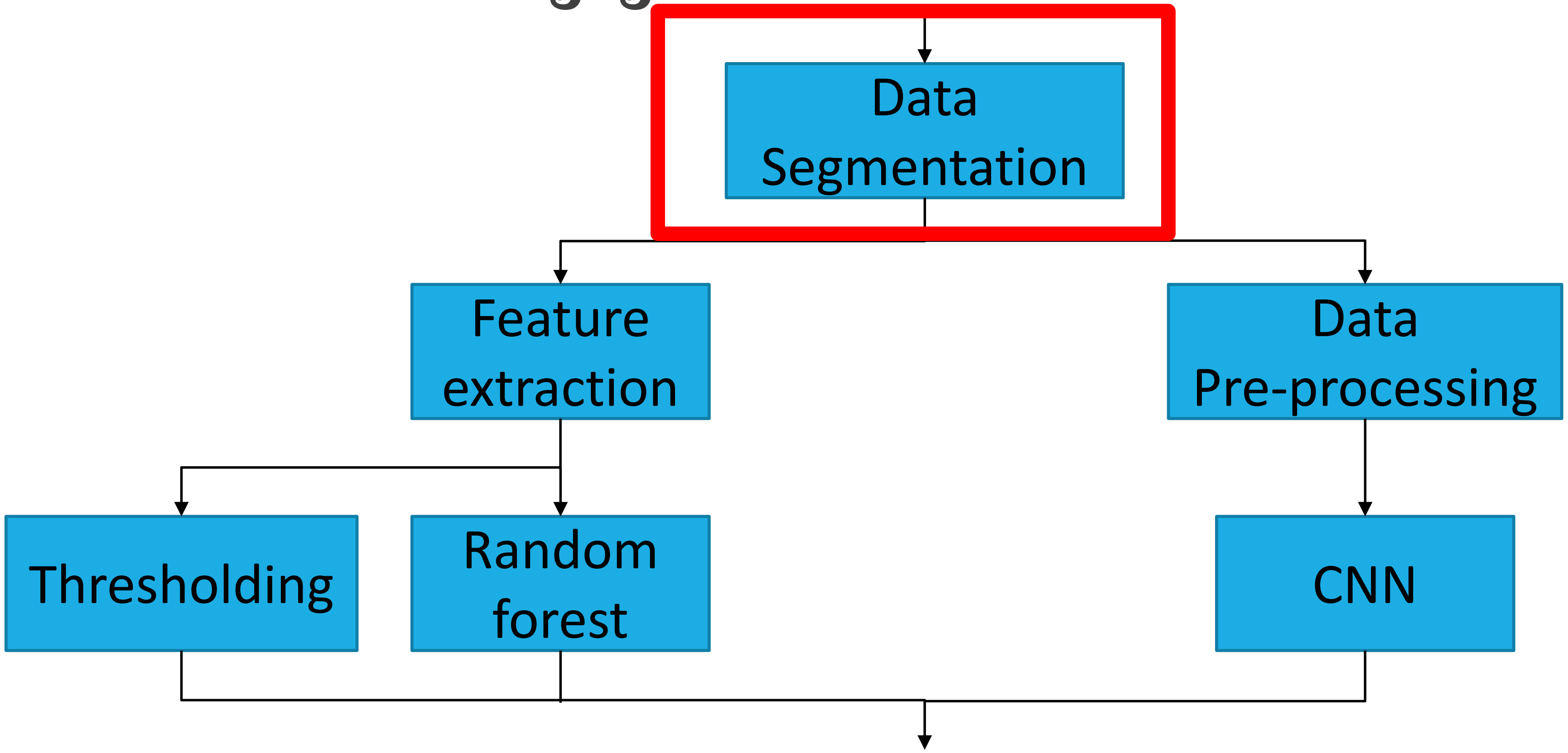
Savitzky-Golay filter

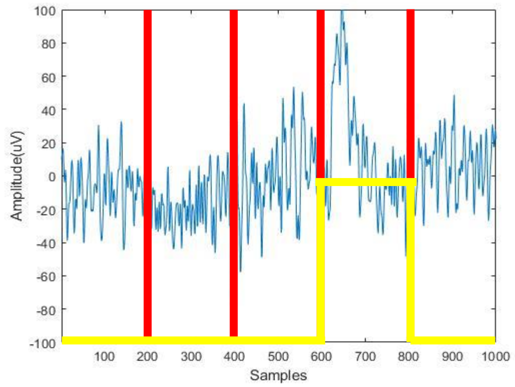
→



สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่สัญญาณรบกวนจากตาถูกกำจัด

ตรวจจับบริเวณที่มีสัญญาณรบกวน





Data segmentation

สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง
ที่มีสัญญาณรบกวน

↓

Data Segmentation

↓

Features extraction

↓

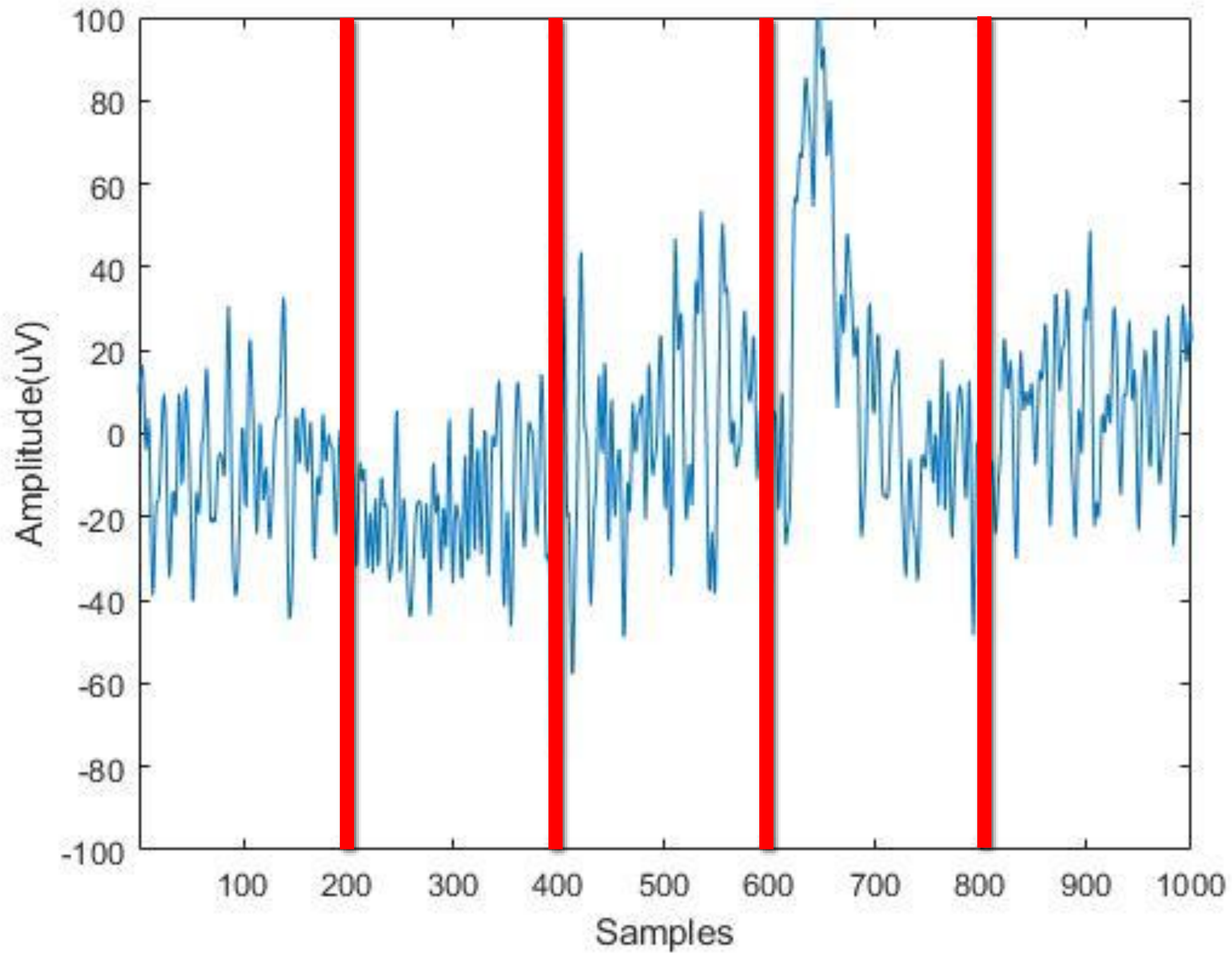
Thresholding
or
Random forest

↓

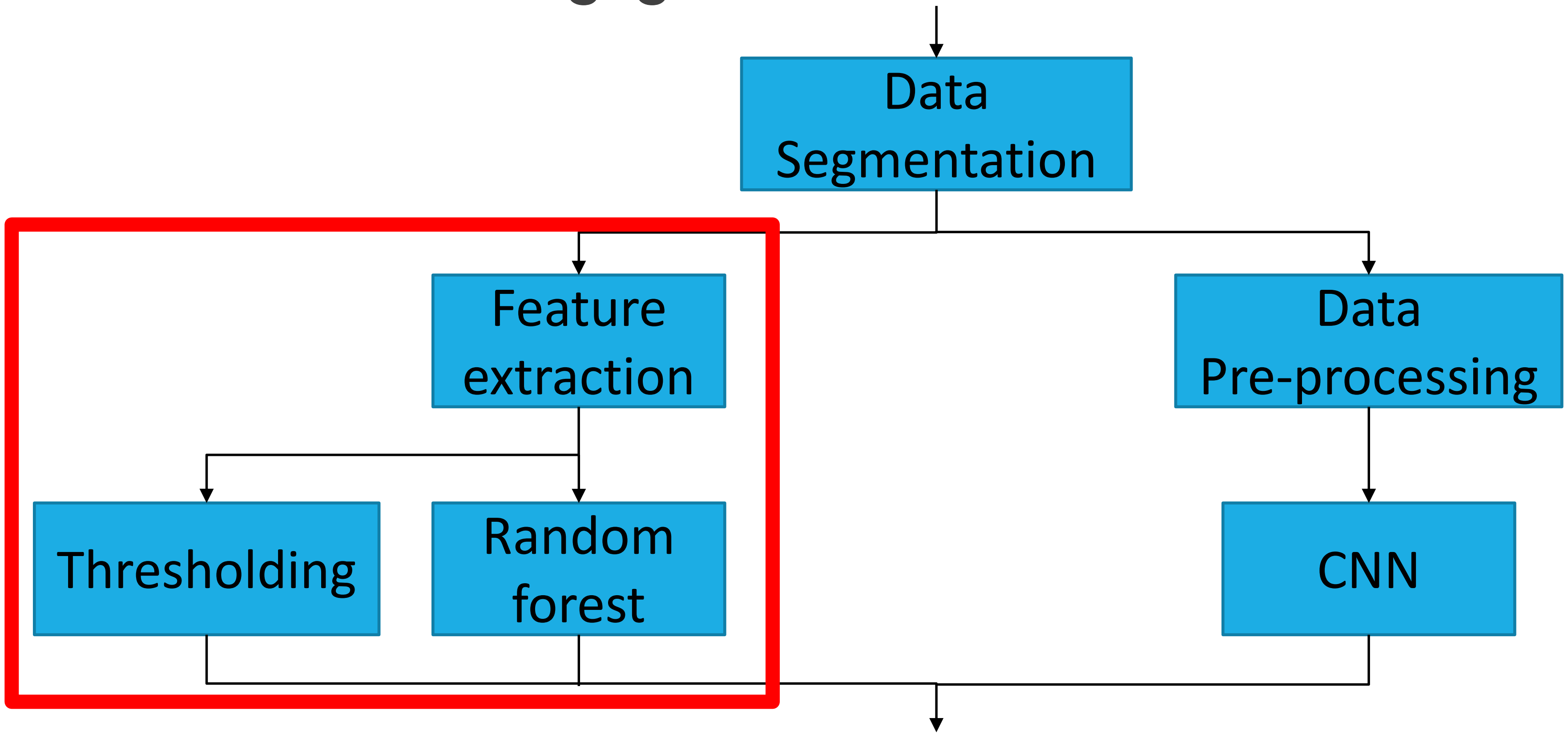
บริเวณที่พบว่า
มีสัญญาณรบกวนหรือไม่

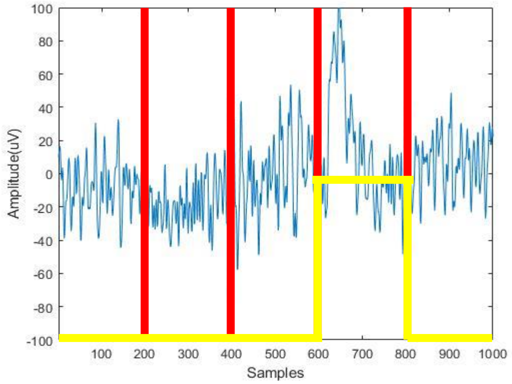
แบ่งสัญญาณเป็น epoch

epoch ละ n data point

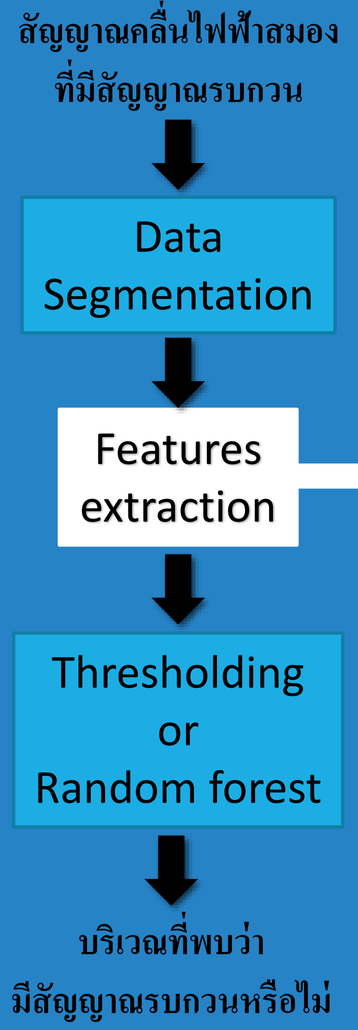


ตรวจจับบริเวณที่มีสัญญาณรบกวน

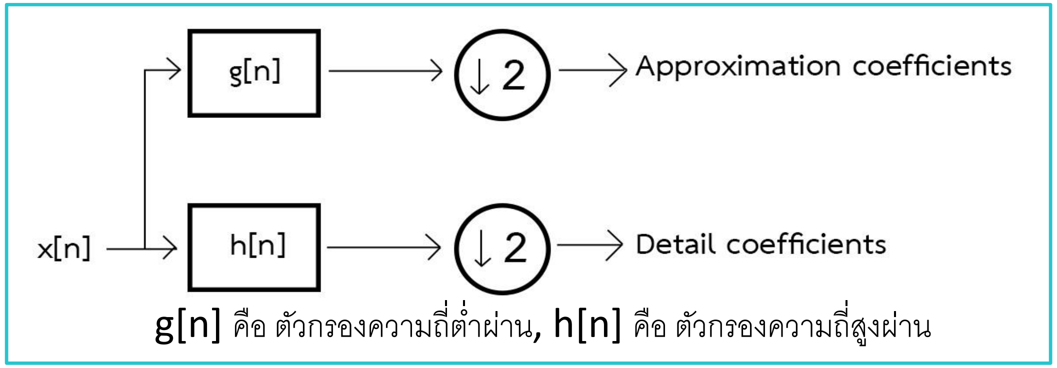




Features extraction



- **Feature#1** พลังงานในย่านความถี่ 0.5 - 5 Hz ของแต่ละ epoch
- **Feature#2** ขนาดของสัญญาณที่สูงที่สุด ในแต่ละ epoch
- **Feature#3** Wavelet-based envelope ของแต่ละ epoch [1]



สัมประสิทธิ์ทั้งสองจะถูกนำมาหากรอบของสัญญาณ (envelope) ด้วยสมการ

$$AA(k) = \sqrt{cA(k)^2 + H(cA(k))^2}$$

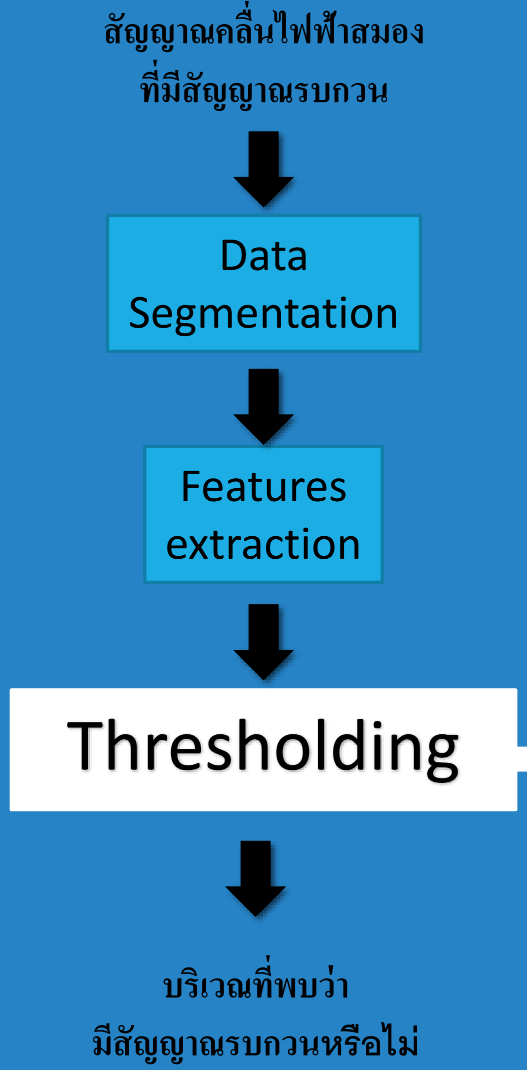
$$AD(k) = \sqrt{cD(k)^2 + H(cD(k))^2}$$

โดยที่ cA(k) คือ Approximation coefficient ตัวที่ k

cD(k) คือ Detail coefficient ตัวที่ k

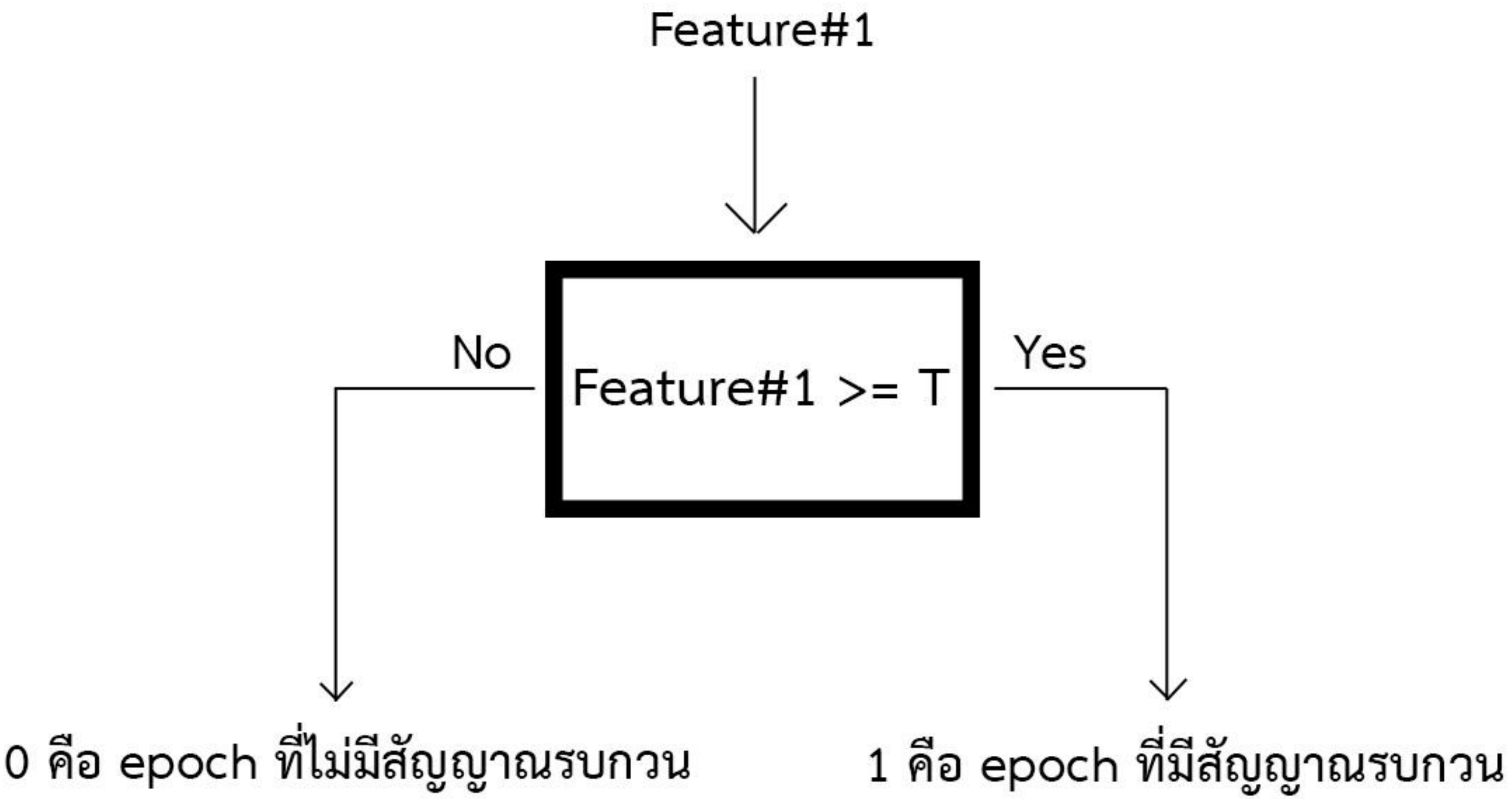
H(x) คือ Hilbert transform ของ x

Thresholding



Feature#1 คือ ค่าพลังงานในย่านความถี่ 0.5 - 5 Hz ของแต่ละ epoch

T คือ ค่า Threshold



Random forest

สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง
ที่มีสัญญาณรบกวน

↓

Data Segmentation

↓

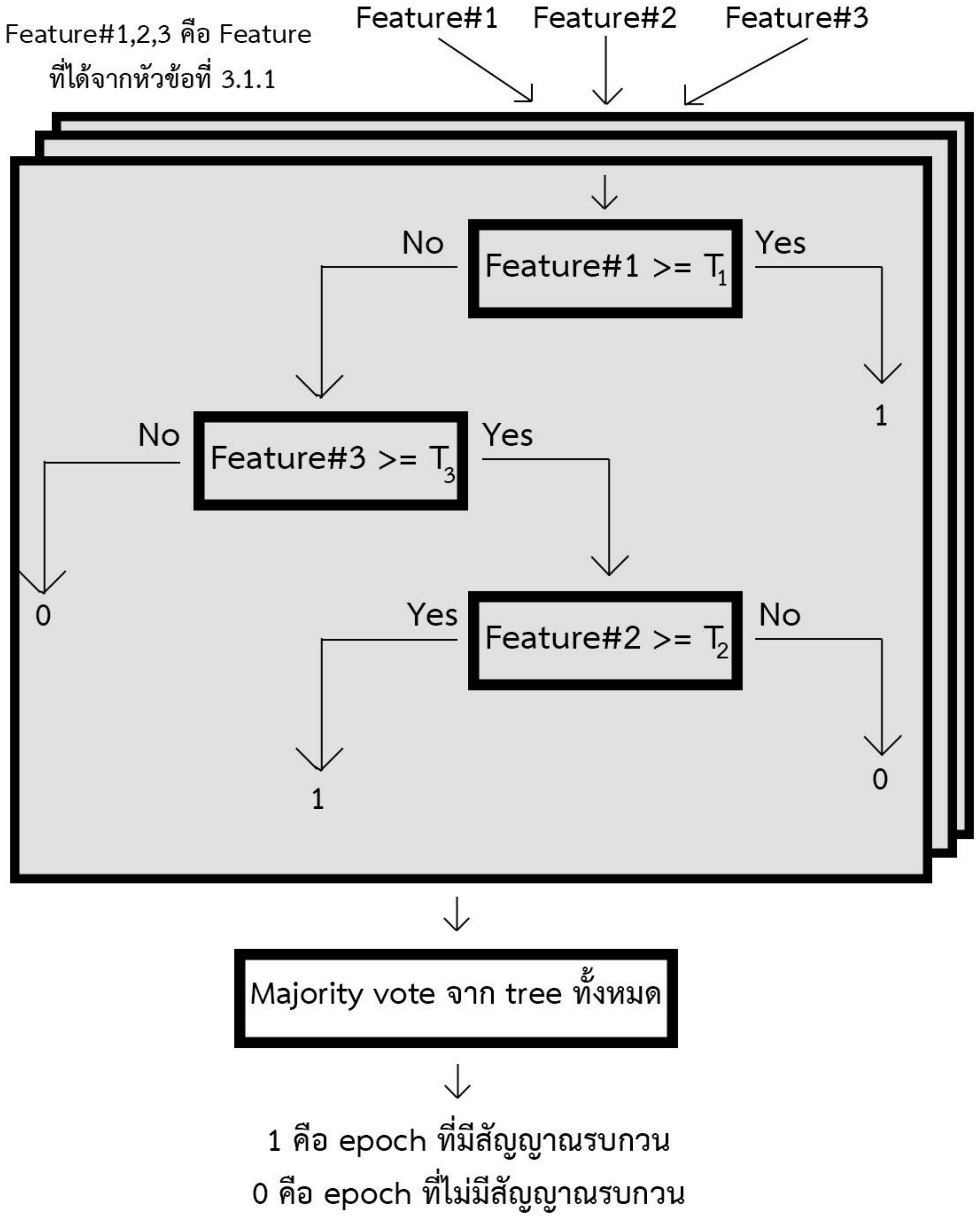
Features extraction

↓

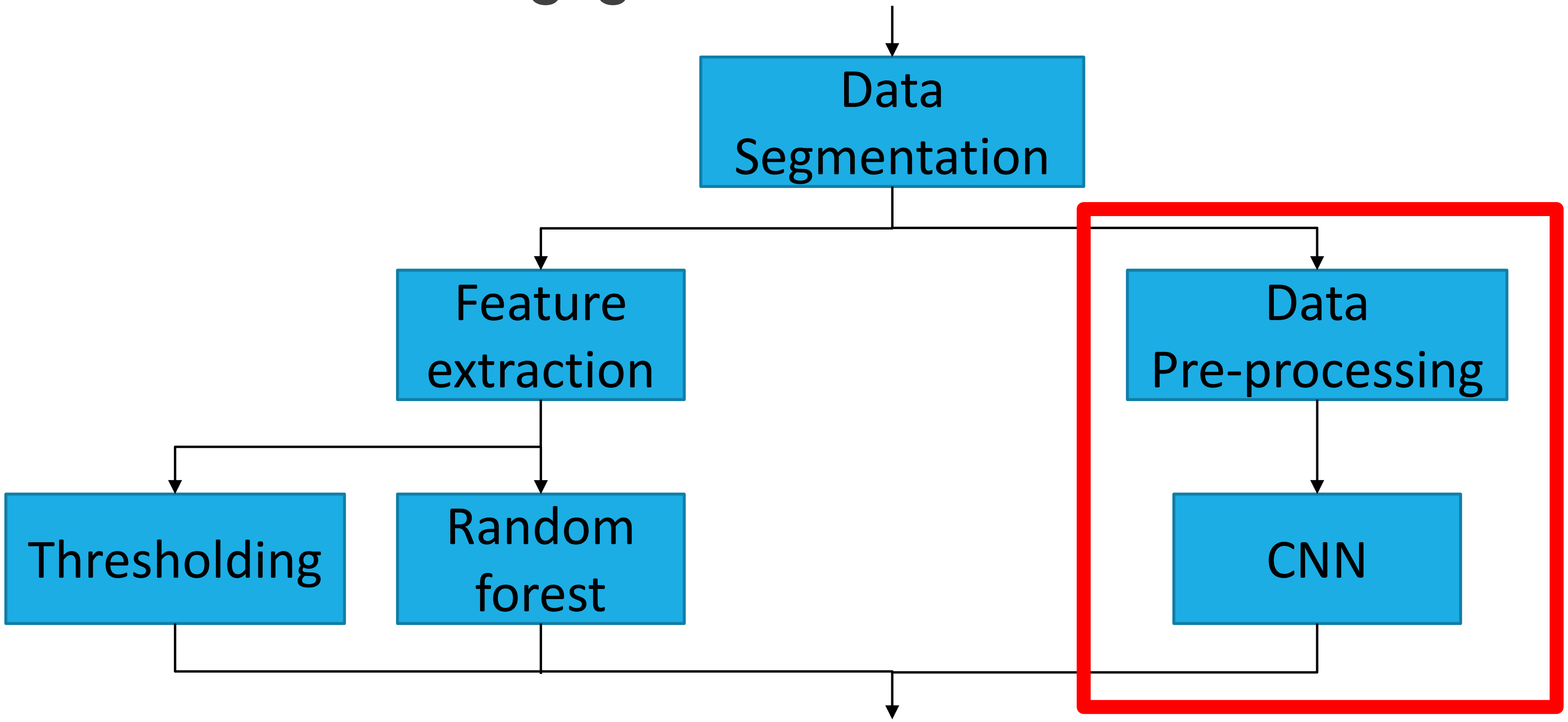
Random forest

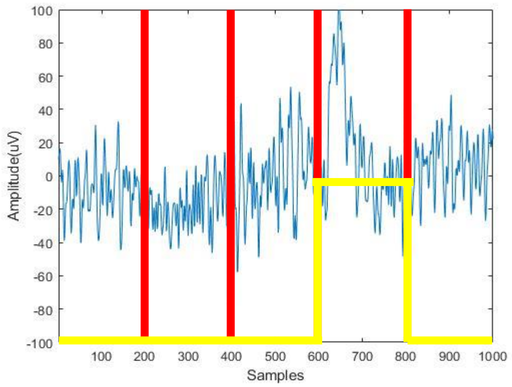
↓

บริเวณที่พบว่า
มีสัญญาณรบกวนหรือไม่



ตรวจจับบริเวณที่มีสัญญาณรบกวน





Data pre-processing

สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง
ที่มีสัญญาณรบกวน

↓

Data Segmentation

↓

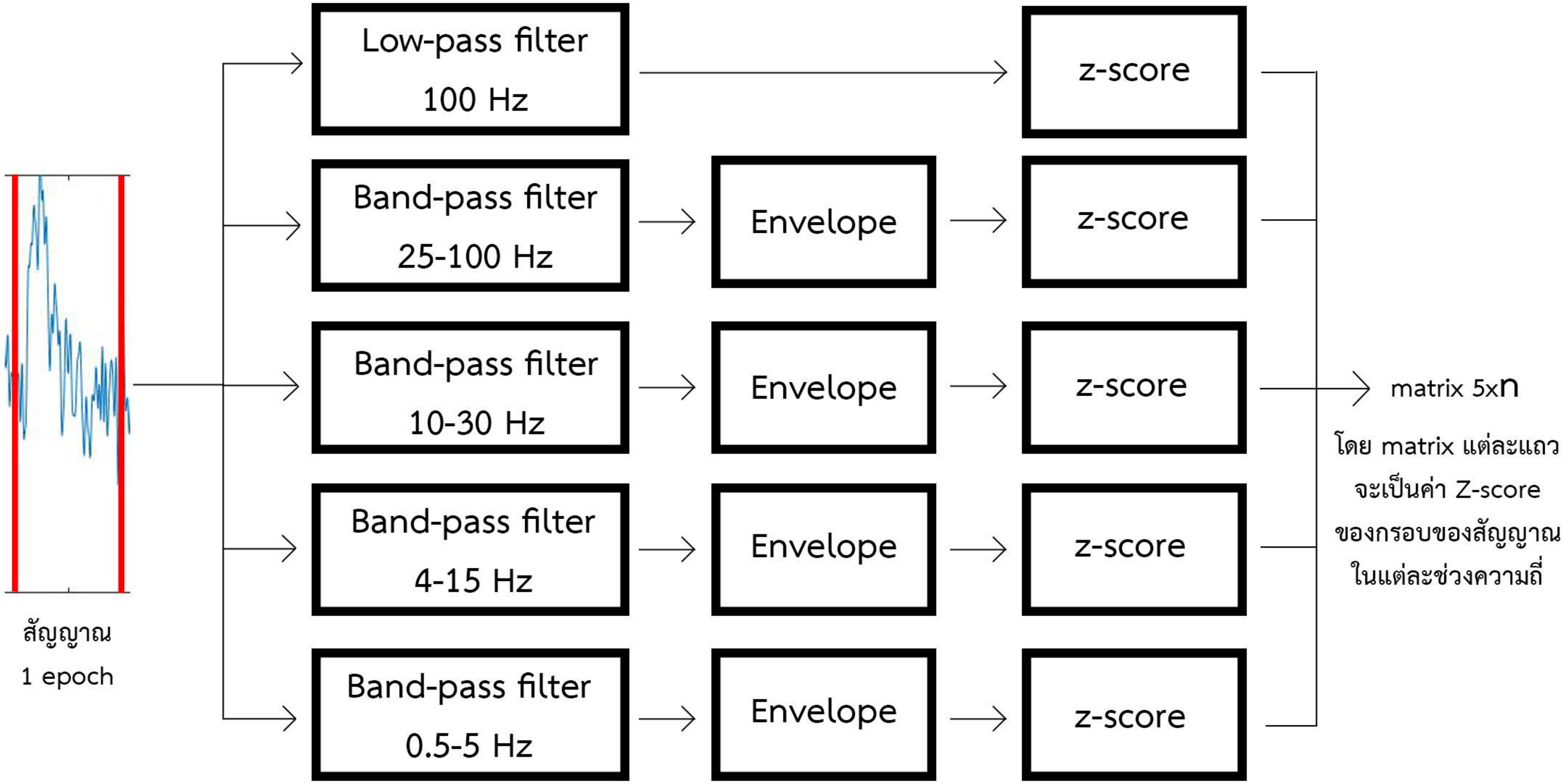
Data pre-processing

↓

CNN

↓

บริเวณที่พบว่า
มีสัญญาณรบกวนหรือไม่



การหากรอบของสัญญาณ (envelope) [2] จะเป็นไปตามสมการ

$$Env = |x + jH(x)|^2$$

โดยที่ x คือ สัญญาณที่ผ่านตัวกรองต่าง ๆ

H(x) คือ Hilbert transform ของ x

CNN

สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง
ที่มีสัญญาณรบกวน

↓

Data Segmentation

↓

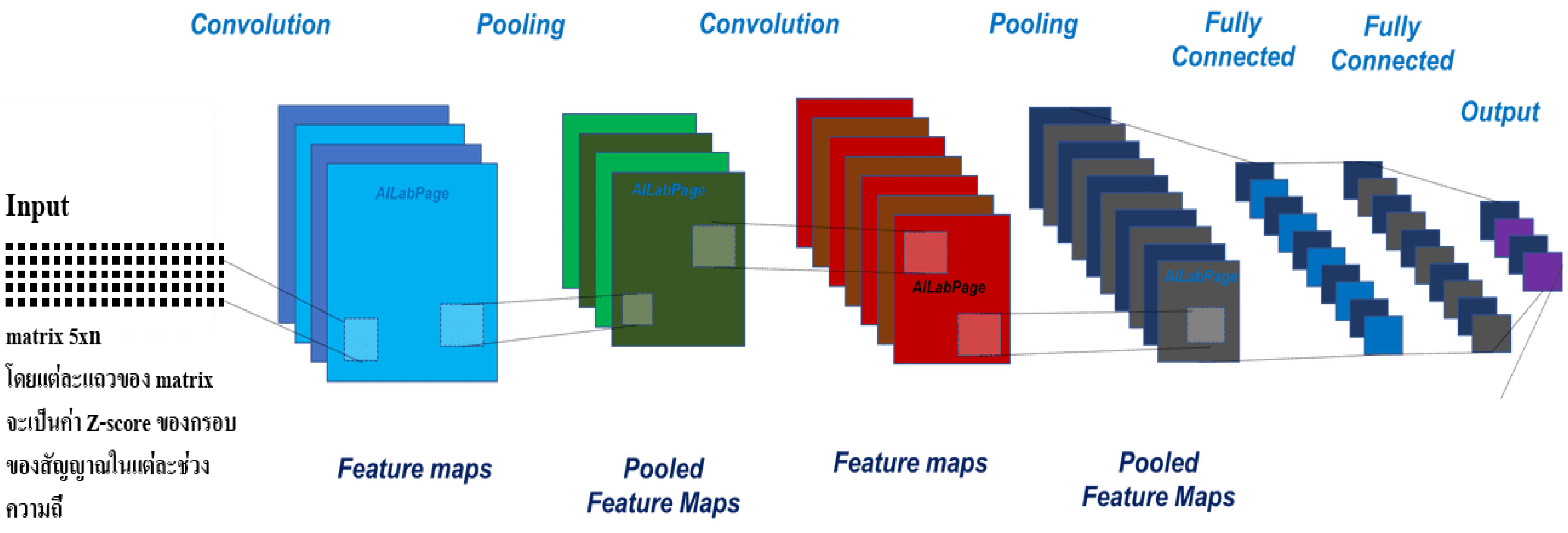
Data pre-processing

↓

CNN

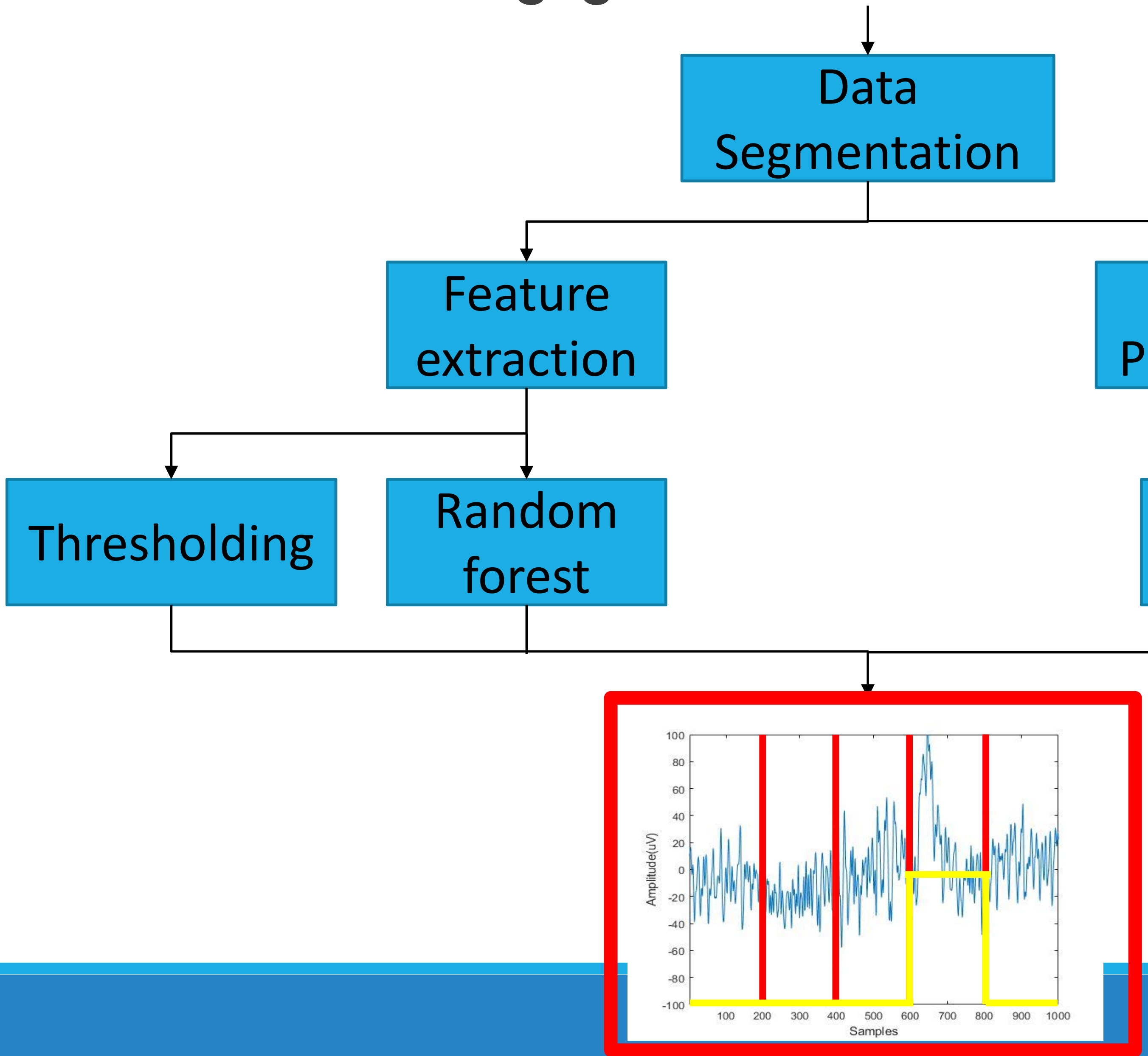
↓

บริเวณที่พบว่า
มีสัญญาณรบกวนหรือไม่

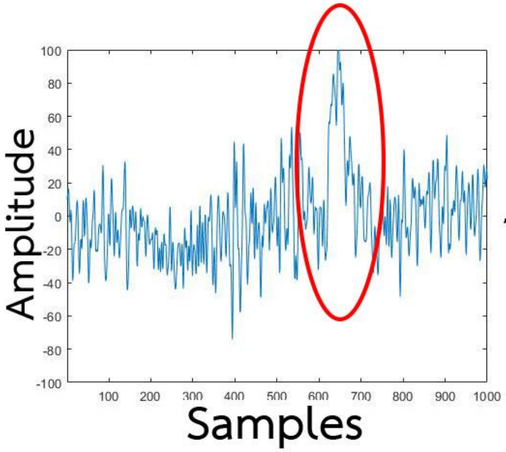


แหล่งที่มา : https://images.app.goo.gl/QBNsNWd8pVq5MRYG8

ตรวจจับบริเวณที่มีสัญญาณรบกวน



ขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวน



สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่มี
สัญญาณรบกวนจากตา

→

**ตรวจจับบริเวณที่มี
สัญญาณรบกวน**

วิธีการ

1.Thresholding

2.Random forest

3.CNN

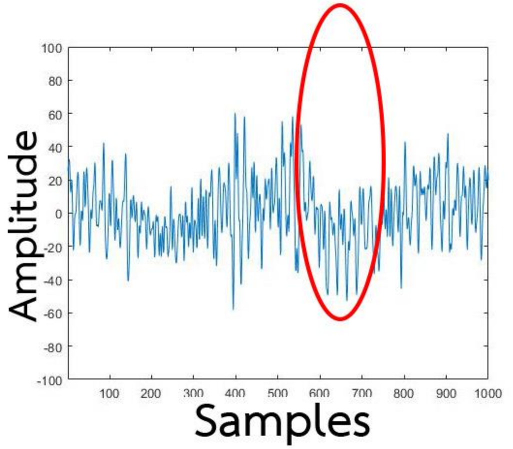
บริเวณที่ตรวจจับได้ว่า
มีสัญญาณรบกวน →

**กำจัดสัญญาณ
รบกวนในบริเวณ
ที่ตรวจจับได้**

วิธีการ

Savitzky-Golay filter

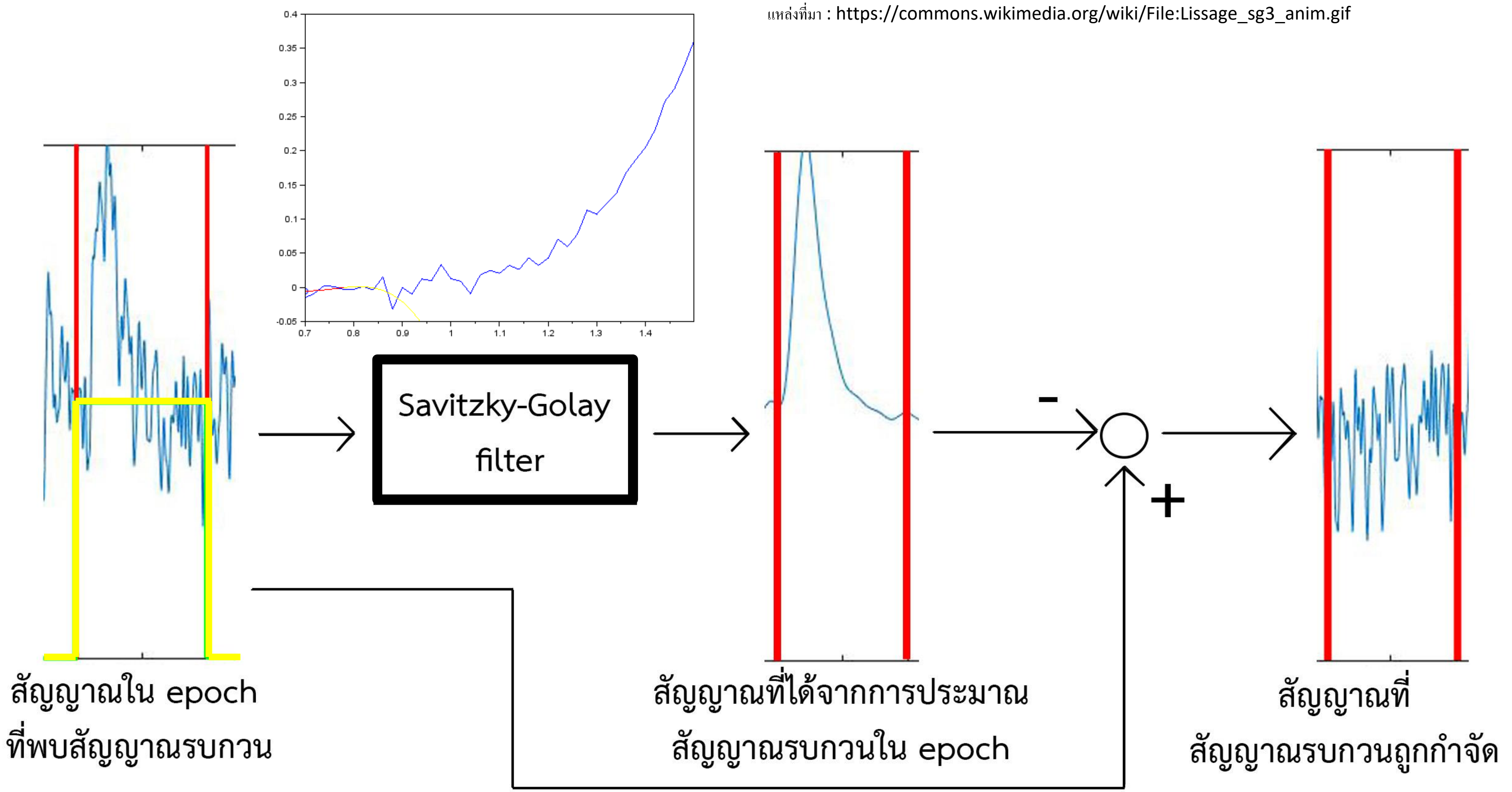
→



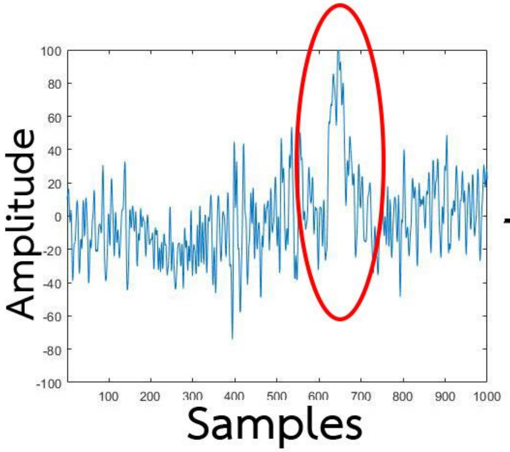
สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่
สัญญาณรบกวนจากตาถูกกำจัด

กำจัดสัญญาณรบกวนในบริเวณที่ตรวจจับได้

แหล่งที่มา : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lissage_sg3_anim.gif



ขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวน



สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีสัญญาณรบกวนจากตา

→

ตรวจจับบริเวณที่มีสัญญาณรบกวน

วิธีการ

1.Thresholding

2.Random forest

3.CNN

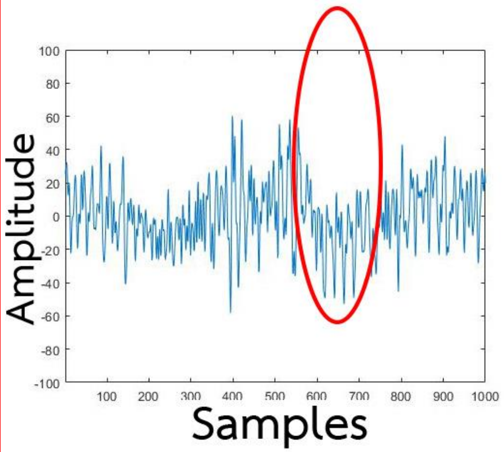
บริเวณที่ตรวจจับได้ว่ามีสัญญาณรบกวน →

กำจัดสัญญาณรบกวนในบริเวณที่ตรวจจับได้

วิธีการ

Savitzky-Golay filter

→



สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่สัญญาณรบกวนจากตาถูกกำจัด

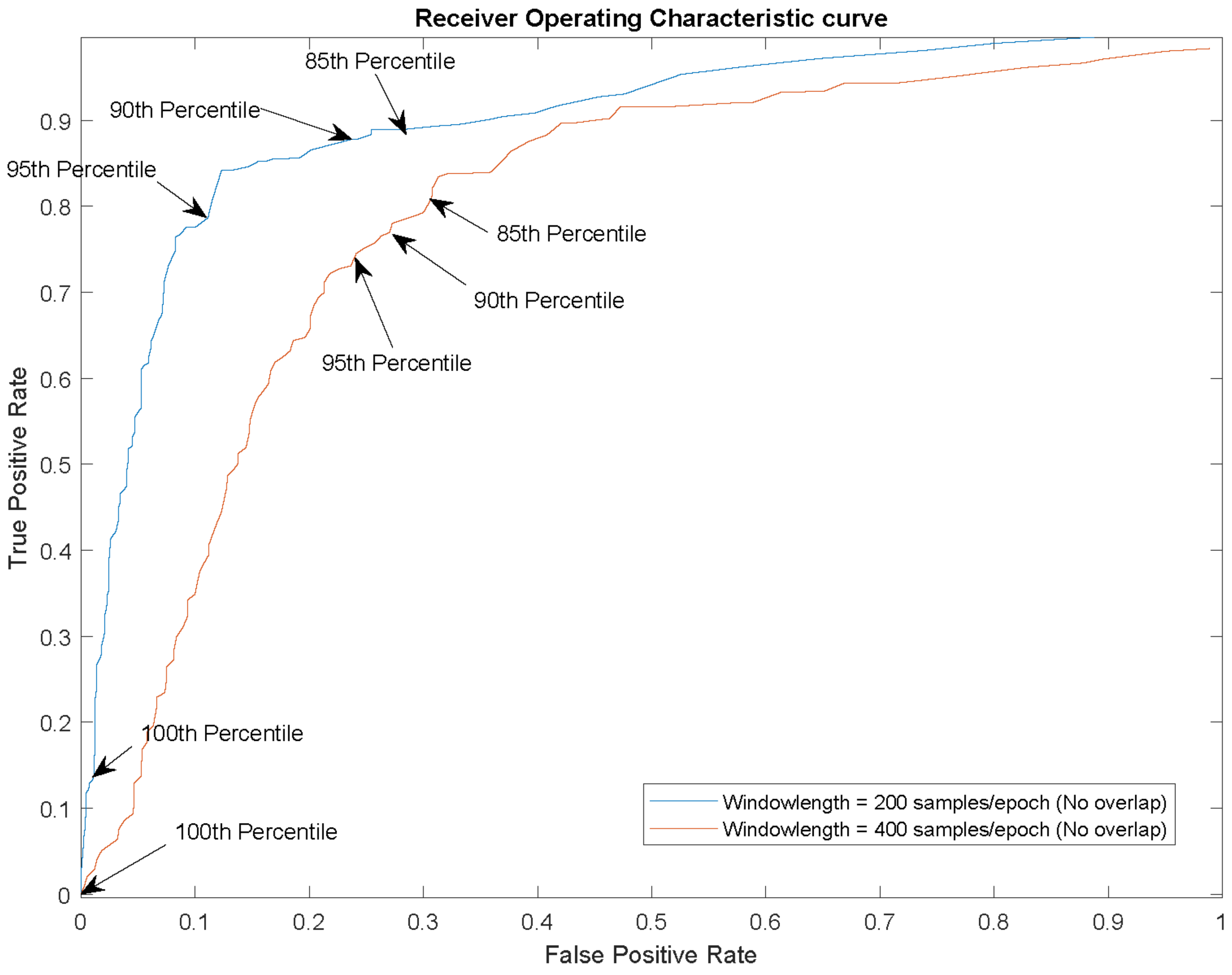
ผลการดำเนินการ (Thresholding)

Experiment#1

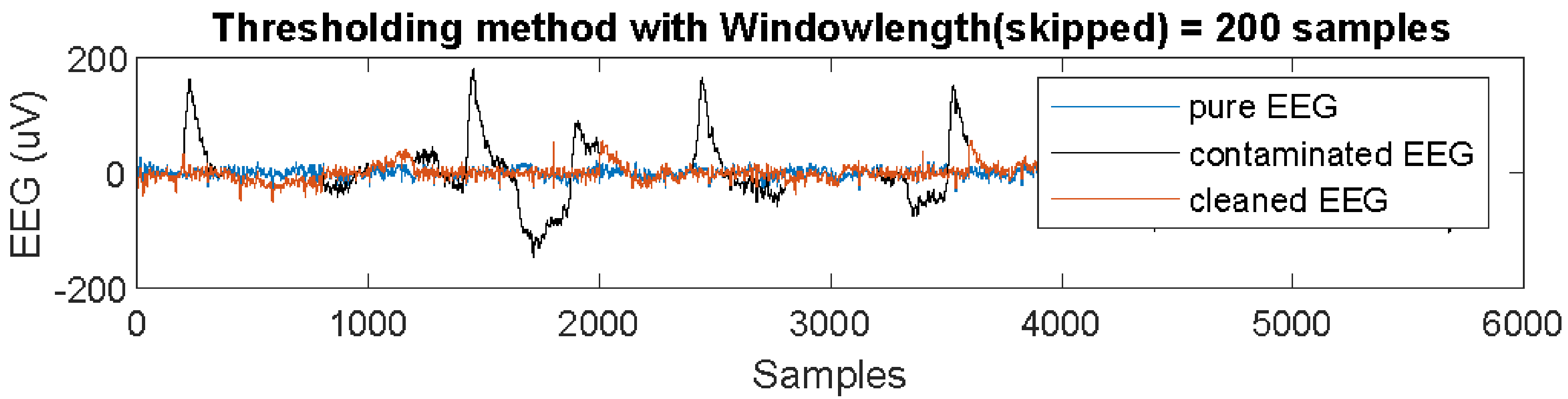
แบ่งจำนวนจุดข้อมูลใน epoch = 200 จุดข้อมูล

Experiment#2

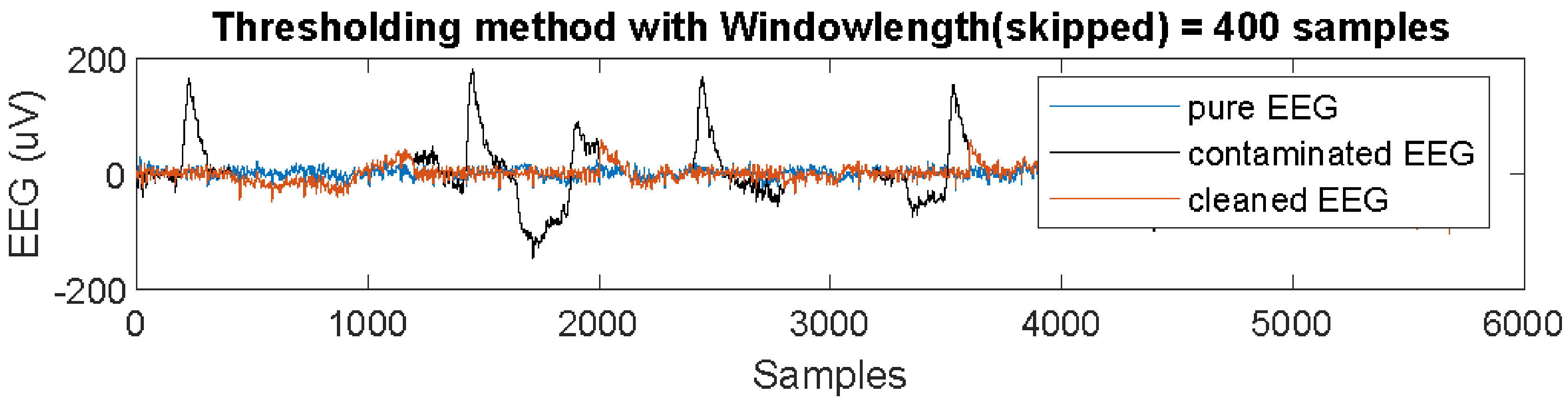
แบ่งจำนวนจุดข้อมูลใน epoch = 400 จุดข้อมูล



จำนวนจุดข้อมูลใน epoch = 200 จุดข้อมูล



จำนวนจุดข้อมูลใน epoch = 400 จุดข้อมูล

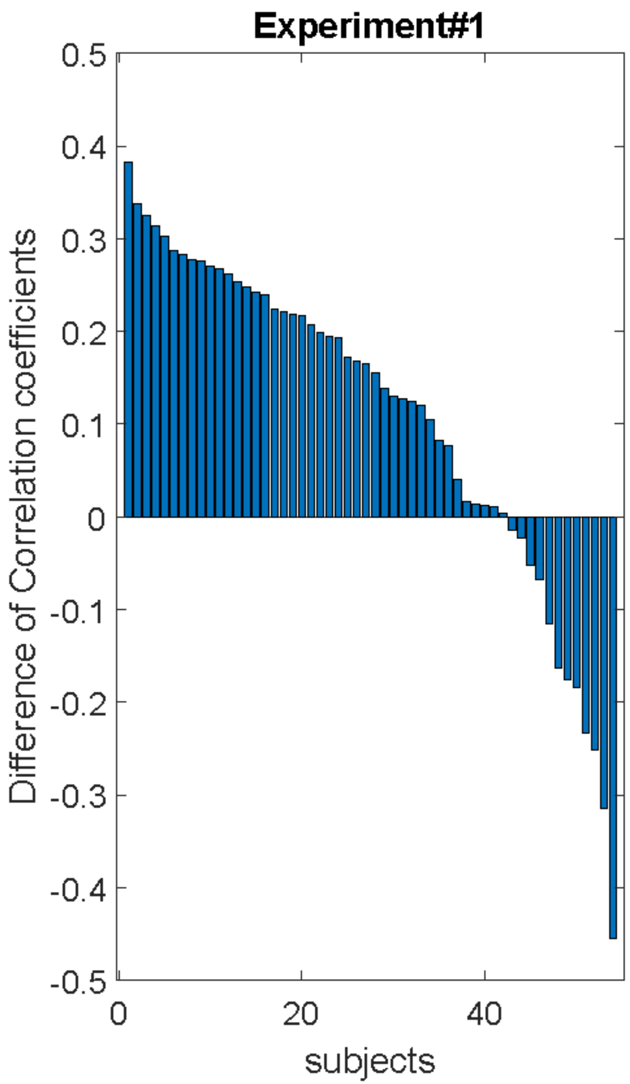


โดยที่ pure EEG คือ สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่ไม่มีสัญญาณรบกวน

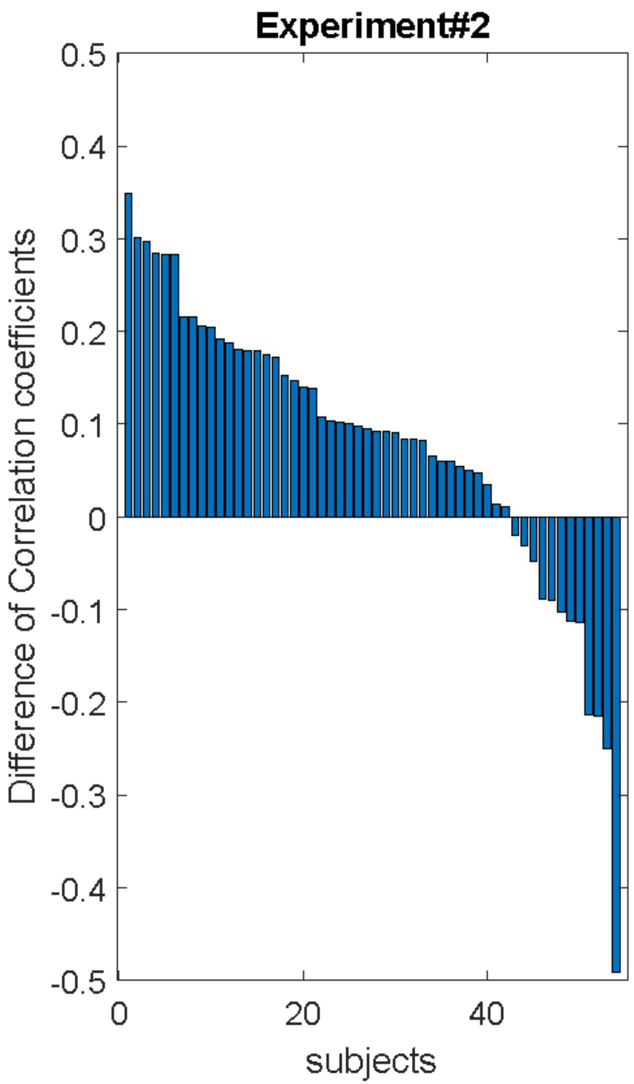
contaminated EEG คือ สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีสัญญาณรบกวน

cleaned EEG คือ สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่สัญญาณรบกวนถูกกำจัด

จำนวนจุดข้อมูลใน epoch = 200 จุดข้อมูล



จำนวนจุดข้อมูลใน epoch = 400 จุดข้อมูล



สรุปผลการทดลอง

วิธีการ Thresholding ให้ผลลัพธ์ในการกำจัดสัญญาณรบกวนที่น่าพึงพอใจ มีสัญญาณรบกวนจำนวนน้อยมากที่ไม่ถูกกำจัด และการแบ่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองในแต่ละท่อนเท่ากับ 200 จุดข้อมูล การแบ่งท่อนไม่มีการซ้อนทับกัน ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมสำหรับเป็นวิธีหนึ่งที่นำไปใช้กับการแบ่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองสำหรับเป็นข้อมูลขาเข้าของวิธีกำจัดสัญญาณรบกวนวิธีการอื่น

งานที่จะทำในอนาคต

- ศึกษาวิธีสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง และสัญญาณรบกวน
- ทดลองตรวจจับสัญญาณรบกวนด้วยแบบจำลอง Random forest และปรับจูน Parameter ของแบบจำลอง
- ทดลองตรวจจับสัญญาณรบกวนด้วยแบบจำลอง CNN และปรับเปลี่ยน layer ของแบบจำลอง
- ศึกษาและเปรียบเทียบ Computational complexity ของแต่ละวิธีการ

Q&A

References

[1] Wei-Yen Hsu, Chao-Hung Lin, Hsien-Jen Hsu, Po-Hsun Chen, and I-Ru Chen. Wavelet-based envelope features with automatic EOG artifact removal: Application to single trial EEG data. Expert Systems with Applications, 39(3):2743–2749, 2012.

[2] Nejedly, P. et al. Intracerebral EEG Artifact Identification Using Convolutional Neural Networks. Neuroinformatics. https://doi.org/10.1007/s12021-018-9397-6 (2018).

[3] Jose Antonio Urigüen and Begoña Garcia-Zapirain. EEG artifact removal—state of the art and guidelines. Journal of neural engineering, 12(3):031001, 2015.