Quantitative Electroencephalography (qEEG) Feature Extraction utilizing Computational Intelligence

Blaine Allen, Computer Engineering Ph.D. Student



# **Roadmap of Discussion**

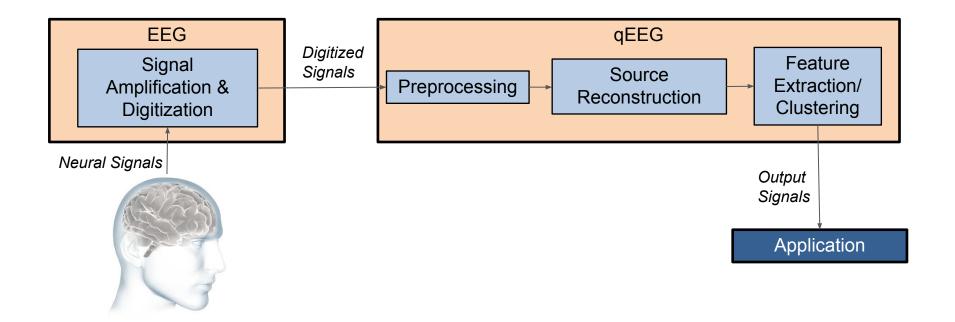
- > Biological Neurons & Neuron Clusters
- > Electroencephalography (EEG)
- > Quantitative EEG (qEEG)
- > Spectral Analysis
- > Preprocessing
- > Feature Extraction



Credit: imotions.com Acquired: 10/10/2019

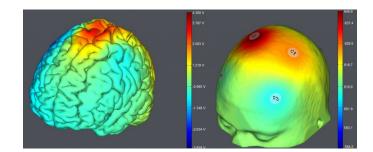


# Big Picture of quantitative Electroencephalography





# What kind of applications can you imagine with neural analysis?



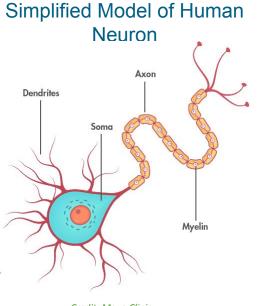
Credit: Neuroelectrics.com Acquired: 9/24/2019

#### **Neuromedical Applications**

- Addiction
- ADHD/ADD
- Alzheimer's/Dementia
- Autism
- Neural Prosthetics/Robotics for Amputees/Paraplegics
- Neurofeedback/Neurostim
- Medication Reduction (Pharmaco-EEG)
- Post Traumatic Stress Disorder (PTSD)
- Seizure Disorder
- Sleep Therapy
- Traumatic Brain Injury (TBI)

MINERS DIG U

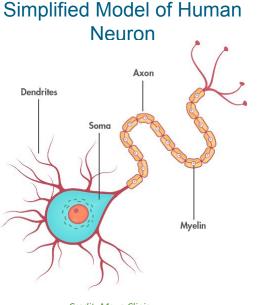
# **Biological Neurons**



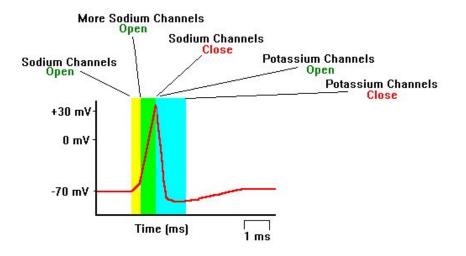
Credit: Mayo Clinic Acquired: 9/24/2019



## **Biological Neurons**



Action Potentials:



Credit: neuroscience.washington.edu Acquired: 9/24/2019

Credit: Mayo Clinic Acquired: 9/24/2019

## **Neuronal Clusters – Spectral Visualization**



Credit: Johns Hopkins Acquired: 9/24/2019



#### Neuronal Clusters – "Firing"



Credit: Laboratory for Topology and Neuroscience, Brain Mind Institute, Switzerland Acquired: 9/24/2019



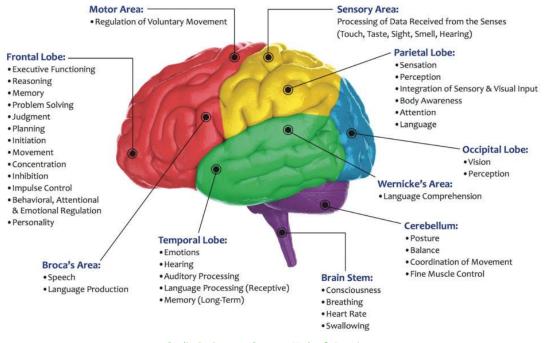
#### Human Brain Animation



Credit: University of California at San Francisco Neuroscience Acquired: 9/24/2019



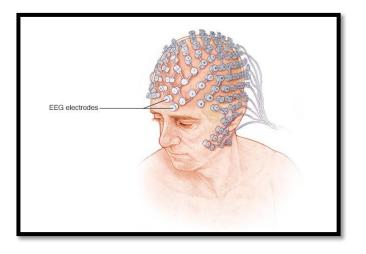
#### **"Some" Brain Structure & Function**



Credit: Dr. Roseann Capanna-Hodge & Associates drroseann.com

Acquired: 9/28/2019

## Electroencephalography (EEG) Concept



Credit: Mayo Clinic Acquired: 9/24/2019 EEG is an electrophysiological monitoring method to noninvasively record the brain's electrical activity over a period of time.

EEG measures voltage fluctuations resulting from ionic current within the neurons of the brain.

Internal electrical signals (millivolt) become diffuse and scatter through neural tissue and the skull to be observed as external signals (microvolt).

#### **EEG** Time-series Data Visualization

MINERS DIG D

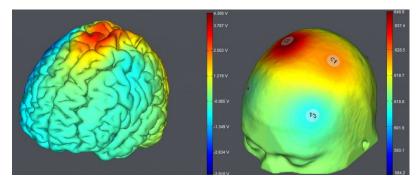
| Stop Data Stream Netch BP Fit 550 Hz  | Layout   |
|---|--|
| Time Series   Vert Scale Window Auto    S sec   | FFT Plot         Max Freq         Max UV         Log/Lin         Smooth         Filters?           60 Hz         100 UV         Log         0.9         Filtered         1 |
| ๑ หลายกรับการสารสารสารสารสารสารสารสารสารสารสารสารสา   | 8  |
| <ul> <li>Myservan Manual Manu<br/>Manual Manual Manua<br/>Manual Manual Manu</li></ul>  |  |
| Each and the data and build to data and a data data. Build to be due to provide a data the data and a data to a data and a<br>Hard and a data and a data<br>A data and a data and and a data and and a data and a data and a data and and a data and and   | s° Manna Mana  |
| <ul> <li>Names of the second state of the second of the second state of the second</li></ul>  |  |
| S www.www.hww.durid.wr.don/hally/www.alumaluston/with/arternanewith/arternane/hwwats/strainers/<br>strainers/<br>hww.second.com/hally/strainers/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>help/<br>he |  |
|   | AND A WALL A CARACTER OF   |
| <ul> <li>Navarhalalamiradahalamanahar<br/>ananaharanah</li> </ul>   |  |
| <ul> <li>Yaqimali Manjamaji M<br/>Manjamaji Manjamaji Manja<br/>Manjamaji Manjamaji Manja<br/>Manjamaji Manjamaji Manj<br/>Manjamaji Manjamaji Manjamaji<br/>Manjamaji Manjamaji Manja</li></ul>  | 10 20 30 40 50 60<br>Frequency (Hz)  |
| <ul> <li>Manufanderallaharterandenteringeleiner and her an</li></ul>  | Head Plot         Intensity         Polarity         Contours         Smooth           4x         + /-         -         IN         -         0.95         -               |
| 💿 ไทร์ไม่จะทำในสามาร์แหน่งที่เห็นสามาร์แหน่งที่ได้สามาร์แหน่งได้ไหน่งการที่หนึ่งได้ได้ได้ได้ได้เป็นได้ได้ได้ได้ได้ได้ได้ได้ได้ได้ได้ได้ได้ไ   |  |
| 🐽 กลางวางการการการการการการการการการการการการการก   |  |
| 👁 แก่กลับแห่งสามารถหมืองใหญ่หน่านการการการการการการการการการการการการการก   | 9  |
| B Manapatrana Manapatra M<br>Manapatra Manapatra Manapatra<br>Manapatra Manapatra M<br>Manapatra Manapatra Manapatra<br>Manapatra Manapatra Manap   | 11 (2)   |
| 🔞 และหาวใหม่การแหน่งสามารถได้เหมาในการสามารถสามารถสามารถสามารถสามารถสามารถสามารถสามารถสามารถสามารถสามารถสามารถ  | (13 3 R 4 14)  |
| 🐵 ,ไปฟฟฟฟูหาฟฟมาหมู่ไปหม่าไม่ไม่ไม่หามีเป็นหามีเมาะหม่างแห่งหมู่เห็นหมู่แห่งหมู่หมายให้มาหมู่หามู่หมู่ไห้แห่งไปมากระบบ  | (15) (16)  |
| พายารหางเป็นของสามารถานที่สา<br>สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สา<br>สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที<br>สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถา<br>สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สามารถานที่สา   | 5 6  |
| -5 -5 -4 -3 -2 -1 0   | 7 8  |
| lime (s)  |  |

# But we want computers to see things that humans can't identify

# Quantitative Electroencephalography (qEEG)

#### **Quantitative EEG (qEEG)** makes use of quantitative techniques to analyze EEG characteristics such as frequency, amplitude, coherence, power, phase, and symmetry over time independently or in combination.<sup>[1]</sup>

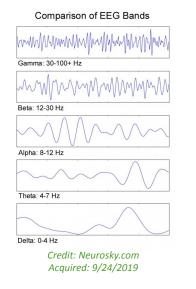
| 0 | หม่ได้แหลงใหม่หมู่ได้แหน่ได้แหน่ได้แหน่ไหนหมู่แหน่งไม่ได้ไระหมู่แหน่งไม่ได้ได้หมู่ได้แหน่ได้แหน่ได้แหน่ได้มีการ<br>65.4 avres   |
|---|---|
| 2 | MARINA MARINA MARINA MARINA MARINA MARINA MARINA MARINA   |
| 3 | a de atomá termede a tarák de a transforma de a tará de a tará de a tarán de de de termede a tarán de termede a<br>Por esperan a provincia y tarán a tarán de a tarán de atomá de a tarán de a tarán de termede a tarán de termede<br>Por esperan a provincia y tarán a tarán a tarán de atomá de atomá de atomá de a tarán de a tarán de atomá de ato  |
| 4 | พระพรายในประกาศพรายที่มาในสินสุของสามระวงสามาระพรายในสายคนให้เป็นสายคนไปเพียงสามาร์ไปสามาระบบครั้ง  |
| 5 | ามกฎร์ทางแห่งประกฎหารรุปที่แหน่งหน้าที่สุดที่สารระหน้าวที่หวัดและกฎหารระหน้าที่ไม่ได้และและการรุบทระหน้าที่สุดไปไม้เรา  |
| 6 | Annonementational for the for the second of |
| 7 | าณหารณาจุปารศกษณฑฑฑฑฑฑฑฑฑฑฑฑฑฑฑฑฑฑฑฑ๚๚๚ราวณาสุดีสุนกรรณาสุดภาพที่สุนกรรณาการณา  |
| 8 | how when the providence of the second of the second second the second second the second s  |



Credit: Neuroelectrics.com Acquired: 9/24/2019



#### EEG Neural Oscillations – Colloquially



Neural Oscillations are rhythmic or repetitive patterns of neural activity in neural tissue that correspond to dominant frequency bands in the neuroimaging data<sup>[2]</sup>.





#### **EEG Data Preprocessing**

#### Goal: Increase Data Quality

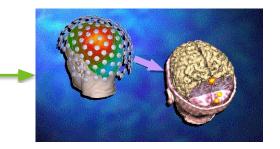
- Temporal Filtering
  - (Resting State vs Visually Evoked Potential)
- Down sampling (Nyquist Theorem)
- Artifact Detection
  - Electrode Interpolation
  - Independent Component Analysis
- Spatial Filtering
  - Principle Component Analysis
  - Surface Laplacian
- Artifact Epoch Removal (Noise)
  - Blink, Sneeze, Movement, etc

#### Source Reconstruction

- Trying to find brain areas responsible for EEG waves of interest.
- Forward Problem: Solved by starting from given electrical sources and calculating the electric potentials.<sup>[7]</sup>
- Inverse Problem: Identifying the source of a given surface field potential.<sup>[8]</sup>

Increase Feature Space

Goal:



Credit: laxtha.com Acquired: 9/30/2019



#### **Feature Extraction**

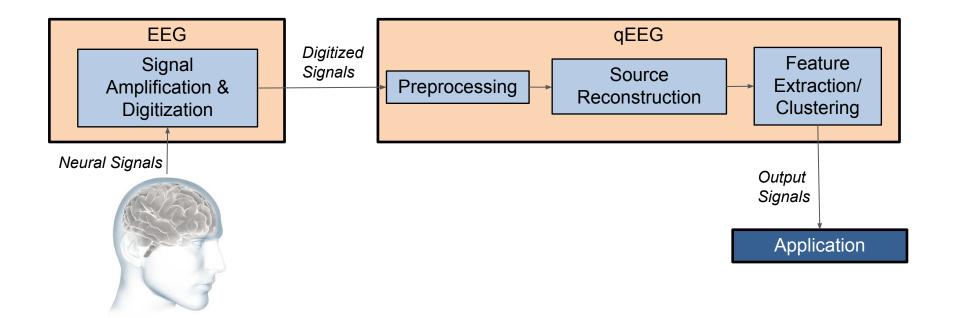
. . . . . . . . . . . . . . . . . .

- Mutual Information
- Granger Prediction
- Deep Learning CNNs
- Non-linear Dynamics (Chaos Theory)

- Graph Theory



# Quantitative Electroencephalography (qEEG)





#### References

[1] Z. Haneef, H. S. Levin, J. D. Frost, and E. M. Mizrahi, "Electroencephalography and quantitative electroencephalography in mild traumatic brain injury," *J. Neurotrauma*, vol. 30, no. 8, pp. 653–656, Apr. 2013.

[2] "Traumatic brain injury: An EEG point of view." [Online]. Available:

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5619208/. [Accessed: 24-Oct-2019].

[3] "Spectral Analysis - an overview (pdf) | ScienceDirect Topics." [Online]. Available:

https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/spectral-analysis/pdf. [Accessed: 30-Oct-2019].

[4] Y. Li, P. T. Wang, M. P. Vaidya, Y. Charles Liu, M. W. Slutzky, and A. H. Do, "A novel algorithm for removing artifacts from EEG data," in *2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2018, pp. 6014–6017.

[5] M. R. Nuwer, D. A. Hovda, L. M. Schrader, and P. M. Vespa, "Routine and quantitative EEG in mild traumatic brain injury," *Clin. Neurophysiol.*, vol. 116, no. 9, pp. 2001–2025, 2005.

[6] O. M. Bazanova and D. Vernon, "Interpreting EEG alpha activity," *Neurosci. Biobehav. Rev.*, vol. 44, pp. 94–110, Jul. 2014.

[7] H. Hallez *et al.*, "Review on solving the forward problem in EEG source analysis," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 4. 2007.

[8] R. Grech *et al.*, "Review on solving the inverse problem in EEG source analysis," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 5. 2008.



#### Quantitative Electroencephalography (qEEG) Signal Processing and Feature Extraction

# Thank you

Blaine Allen, Computer Engineering Ph.D. Student

