**BCI Mini-project report**

Họ và tên: Nguyễn Nam Dương

Mã sinh viên: 22022512

Mã nguồn cài đặt: <https://github.com/rootskar/EEGMotorImagery/tree/master?tab=readme-ov-file>

Bài báo tham khảo: <https://www.mdpi.com/2073-431X/9/3/72>

Bộ dự liệu: <https://physionet.org/content/eegmmidb/1.0.0/S070/#files-panel>

Github cài đặt: <https://github.com/Duonn512/BCI-mini-project/tree/main>

**I/ Tín hiệu điện não**

**Tín hiệu phản hồi não (Brain Response Signal)** được sử dụng trong nghiên cứu này là **tín hiệu điện não đồ (EEG)**. Đây là tín hiệu điện sinh học phản ánh hoạt động điện của não bộ, được ghi lại bằng cách sử dụng các điện cực đặt trên da đầu theo hệ thống 10-20 quốc tế. Tín hiệu EEG chứa thông tin về các trạng thái tâm thần và hoạt động nhận thức khác nhau, bao gồm cả hình ảnh vận động.

**Tín hiệu EEG có tính cá biệt cao**, nghĩa là tín hiệu EEG của mỗi người là khác nhau. Điều này khiến việc phát triển các phương pháp phân loại giữa các đối tượng trở nên khó khăn.

**Hình ảnh vận động** là quá trình tưởng tượng thực hiện một hành động vận động mà không thực sự cử động cơ bắp. Khi tưởng tượng một cử động, não bộ tạo ra các tín hiệu EEG tương tự như khi thực sự thực hiện cử động đó.

**Tín hiệu được sử dụng cho mini-project:** Các tín hiệu điện não đồ (EEG) được ghi lại trong nghiên cứu này sử dụng hệ thống BCI2000. Hệ thống này ghi lại tín hiệu từ 64 điện cực được đặt theo hệ thống 10-10 quốc tế, loại trừ các điện cực Nz, F9, F10, FT9, FT10, A1, A2, TP9, TP10, P9 và P10. Mỗi tín hiệu EEG được lấy mẫu với tốc độ 160 mẫu mỗi giây.

Ngoài ra, dữ liệu còn bao gồm một kênh chú thích. Kênh này chứa các chú thích đánh dấu sự bắt đầu của chuyển động thực hoặc tưởng tượng với ba mã:

**T0**: Tương ứng với trạng thái nghỉ ngơi, tức là khi đối tượng không thực hiện hoặc tưởng tượng bất kỳ chuyển động nào.1

**T1**: Tương ứng với thời điểm bắt đầu chuyển động (thực hoặc tưởng tượng) của:

○ Nắm tay trái (trong các lần chạy 3, 4, 7, 8, 11 và 12).

○ Cả hai nắm tay (trong các lần chạy 5, 6, 9, 10, 13 và 14).

**T2**: Tương ứng với thời điểm bắt đầu chuyển động (thực hoặc tưởng tượng) của:

○ Nắm tay phải (trong các lần chạy 3, 4, 7, 8, 11 và 12).

○ Cả hai chân (trong các lần chạy 5, 6, 9, 10, 13 và 14).

**II/ Giao diện não-máy tính (BCI)**

**Giao diện não-máy tính (BCI)** là một hệ thống cho phép con người giao tiếp với máy tính hoặc các thiết bị khác chỉ bằng suy nghĩ. BCI hoạt động bằng cách giải mã các tín hiệu phản hồi não và dịch chúng thành các lệnh điều khiển.

Trong nghiên cứu này, **tác dụng BCI được sử dụng là phân loại hình ảnh vận động**, tức là sử dụng tín hiệu EEG để xác định đối tượng đang tưởng tượng cử động tay trái hay tay phải.

**BCI dựa trên hình ảnh vận động** có thể được sử dụng để điều khiển các thiết bị như xe lăn, máy tính hoặc tay giả. Chúng cũng có thể được sử dụng để phục hồi chức năng cho những người bị liệt hoặc các khuyết tật vận động khác.

**Nghiên cứu được đề xuất trong bài báo nhằm mục tiêu cải thiện độ chính xác của phân loại hình ảnh vận động**, sử dụng một mô hình CNN hợp nhất đa kênh để giải quyết vấn đề tính cá biệt cao của tín hiệu EEG.

**III/ Mô tả chương trình.**

Chương trình này được xây dựng dựa trên bài báo "**Fusion Convolutional Neural Network for Cross-Subject EEG Motor Imagery Classification**" nhằm mục tiêu phân loại tín hiệu não đồ (EEG) cho hình ảnh vận động giữa các đối tượng.

**Mục tiêu**: Phân loại chính xác cử động tay trái hay tay phải mà đối tượng đang tưởng tượng, dựa trên tín hiệu EEG.

**Dữ liệu**: Sử dụng bộ dữ liệu PhysioNet EEG Motor Movement/Imagery, bao gồm hơn 1500 bản ghi EEG từ 109 đối tượng tình nguyện.

**Tín hiệu**: Tín hiệu EEG được ghi lại bằng hệ thống BCI2000 với 64 kênh điện cực đặt theo hệ thống 10-10 quốc tế. Tốc độ lấy mẫu là 160 mẫu mỗi giây.

**Tiền xử lý**:

● Dữ liệu được phân đoạn thành các đoạn 4 giây, mỗi đoạn đại diện cho một lần thử nghiệm (trial).

● Áp dụng phương pháp cửa sổ trượt, mỗi đoạn 4 giây được chia thành 8 cửa sổ không chồng chéo, mỗi cửa sổ 80 mẫu (0.5 giây). Mỗi cửa sổ được gán nhãn giống với nhãn của đoạn ban đầu.

● Lọc nhiễu dòng điện xoay chiều (AC) ở tần số 60 Hz.

● Lọc thông dải trong khoảng 2 Hz đến 60 Hz.

**Kiến trúc mô hình**:

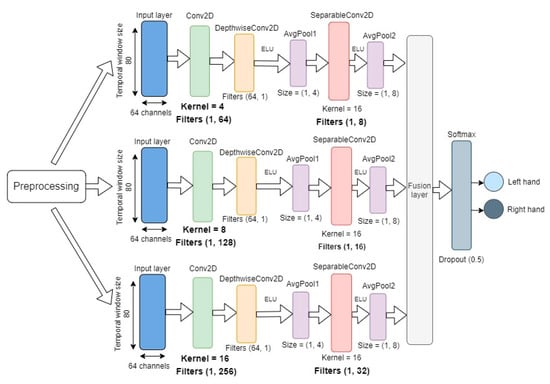
● **EEGNet Fusion**: CNN hợp nhất đa kênh, gồm ba nhánh.

○ Mỗi nhánh dựa trên kiến trúc EEGNet (xem Hình 2 trong nguồn1) nhưng có siêu tham số khác nhau (kích thước hạt nhân và số lượng bộ lọc tích chập).

○ Ba nhánh xử lý song song cùng một dữ liệu đầu vào.

○ Lớp hợp nhất (fusion layer) kết hợp đặc trưng từ ba nhánh.

○ Lớp phân loại softmax đưa ra xác suất cho mỗi lớp (tay trái hoặc tay phải).



● **Mục đích của kiến trúc hợp nhất**: Tăng tính linh hoạt của mô hình, cho phép nó học được các đặc trưng phức tạp hơn từ dữ liệu EEG.

**Huấn luyện và thử nghiệm trong paper**:

● Bộ dữ liệu được chia ngẫu nhiên: 70% train, 10% validation, 20% test.

● Sử dụng framework TensorFlow, tối ưu hóa bằng thuật toán Adam, hàm mất mát entropy chéo nhị phân, tốc độ học 0.1 × 10−4, dropout 0.5.

● Huấn luyện trên GPU NVIDIA Tesla P100.

**Đánh giá**:

● Đánh giá dựa trên độ chính xác (accuracy), độ chính xác (precision), khả năng thu hồi (recall), điểm F1, và thời gian tính toán trên mỗi mẫu.

**Kết quả**:

● EEGNet Fusion đạt độ chính xác 84.1% cho cử động thực hiện và 83.8% cho cử động tưởng tượng, vượt trội so với các mô hình CNN khác (EEGNet, ShallowConvNet, DeepConvNet)2.

● Tuy nhiên, EEGNet Fusion có thời gian tính toán cao hơn so với các mô hình khác.

**IV/ Quá trình cài đặt chương trình.**

**Yêu cầu hệ thống:**

* Python 3.7.x.
* TensorFlow >= 2.1.0.
* Các thư viện khác: numpy, scikit-learn, pyEDFlib, statsmodels. (có trong file requirements.txt)

**Cài đặt và sử dụng:** Phần cài đặt và sử dụng mô hình nằm trong file notebook (running.ipynb). Bao gồm chạy huấn luyện mô hình trên 30 đối tượng (subject), với 25 epochs, chạy với loại chuyển động tưởng tượng (imagined trials only).