**A black and white logo

Description automatically generated**

**Offline Classification of Right arm flexion and extension**

นาย สิปปนนท์ สรณ์คุณแก้ว

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต  สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ

สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปีการศึกษา 2567

สารบัญ

[**บทที่ 1 บทนำ** 3](#_Toc188352415)

[1.1 ที่มา ความสำคัญ 3](#_Toc188352416)

[1.2 ประโยคปัญหางานวิจัย (Problem Statement) 3](#_Toc188352417)

[1.3 ผลผลิตและผลลัพธ์ (Outputs and Outcomes) 3](#_Toc188352418)

[1.4 ความต้องการของระบบ (Requirements) 3](#_Toc188352421)

[1.5 ขอบเขตของงานวิจัย (Scopes) 3](#_Toc188352422)

[1.6 ข้อกำหนดของงานวิจัย (Assumptions) 3](#_Toc188352423)

[1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน 4](#_Toc188352424)

[**บทที่ 2 ทฤษฎี/งานวิจัย/การศึกษาที่เกี่ยวข้อง** 5](#_Toc188352425)

[2.1[หัวข้อ] 5](#_Toc188352426)

[2.1.1 [หัวข้อย่อย] 6](#_Toc188352427)

[2.2[หัวข้อ] 6](#_Toc188352428)

[**บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย** 7](#_Toc188352429)

[3.1[หัวข้อ] 7](#_Toc188352430)

[3.1.1 [หัวข้อย่อย] 7](#_Toc188352431)

[3.2[หัวข้อ] 7](#_Toc188352432)

[**บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง/วิจัย** 9](#_Toc188352433)

[4.1[หัวข้อ] 10](#_Toc188352434)

[4.1.1 [หัวข้อย่อย] 10](#_Toc188352435)

[4.2[หัวข้อ] 10](#_Toc188352436)

[**บทที่ 5 บทสรุป** 11](#_Toc188352437)

[5.1[หัวข้อ] 11](#_Toc188352438)

[5.1.1 [หัวข้อย่อย] 11](#_Toc188352439)

[5.2[หัวข้อ] 11](#_Toc188352440)

[**เอกสารอ้างอิง** 12](#_Toc188352441)

# **บทที่ 1 บทนำ**

## **1.1 ที่มาและความสำคัญ**

Brain Computer Interfaces (BCIs) คือเทคโนโลยีที่สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือถ่ายทอดเจตนารมณ์ภายในสมองออกมาในรูปแบบของคลื่นสมองเพื่อโต้ตอบกับสภาพแวดล้อมภายนอกได้โดยตรงโดยไม่พึ่งพาระบบประสาทส่วนปลายของสมองและระบบการเคลื่อนไหวจากร่างกายมนุษย์ เมื่อผนวกกับวิทยาการทางหุ่นยนต์ในปัจจุบันที่มีเครื่องจักรและหุ่นยนต์หลากกลายช่วยเอื้ออำนวยผู้ป่วยที่เผชิญกับการสูญเสียบางส่วนของร่างกายเช่น การสูญเสียแขนขา หรือผู้ป่วยอัมพาตอันเนื่องมาจาก โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) การผนวกรวมกันนี้จะช่วยทำให้เกิดแนวทางใหม่ในการฟื้นฟูสมรรถภาพและการช่วยเหลือผู้พิการทางการเคลื่อนไหว

BCIs สามารถรับสัญญาณไฟฟ้าจากสมองได้หลากหลายวิธีเช่น fMRI, fNIRS, EEG, MEG และ ECoG เป็นต้น โดยหนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมมากคือ Electroencephalography (EEG) ซึ่งจะเก็บข้อมูลกิจกรรมทางไฟฟ้าภายในสมองซึ่งเกิดจากการส่งสัญญาณระหว่างเซลล์ประสาท (Postsynaptic Potentials) วิธีการส่วนใหญ่ที่ใช้เพื่อการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกร่างกายมนุษย์ผ่านการใช้งาน EEG จะมี 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ Motor Imagery, P300 และ SSVEP แต่เนื่องจากสัญญาณทางไฟฟ้าที่เก็บได้จากสมองของมนุษย์นั้นมีขนาดเล็ก (0.5 - 100) μV และมีสัญญาณรบกวน (Noise) จากการกระพริบตา การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ และสัญญาณรบกวนจากสายไฟ ดังนั้นจึงต้องพึ่งการประมวลผลสัญญาณอันได้แก่ การตัดความถี่รบกวน การลบสัญญาณอาร์ติแฟกต์ จากนั้นจึงใช้ศิลปะการถอดรหัสทางสัญญาณสมอง ด้วยอาศัยหลักการของ Machine Learning มาใช้ในการทำ Feature Extraction และ Classification

ในรายงานฉบับนี้เดิมทีผู้วิจัยมีเป้าหมายที่จะพัฒนาระบบ Motor Imagery BCIs ที่สามารถควบคุมมือเสมือนสำหรับการกำมือและแบมือ แบบ Real-time แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของความเข้าใจ ความซับซ้อนของระบบ และข้อมูลที่ไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถพัฒนาได้ทันจึงได้มีการปรับแนวทางเพื่อมุ่งเน้นไปที่การ วิเคราะห์และจำแนกสัญญาณ Motor Imagery ของการ “งอแขน”และการ “เหยียดแขน” ในแขนข้างขวาข้างเดียว ด้วยรูปแบบการประมวณผลแบบออฟไลน์

## **1.2 ประโยคปัญหางานวิจัย (Problem Statement)**

ผู้ป่วยบริเวณทั่วโลกโดยส่วนใหญ่ที่เกิดจากโรคหรืออาการบาดเจ็บที่ทำให้ไม่สามารถขยับร่างกายช่วงแขนหรือขาได้ แต่สมองของผู้ป่วยยังคงสามารถทำงานได้ตามปกติโดยจะนำสัญญาณคลื่นสมองของผู้ป่วยมาสร้างกระบวณการบางอย่างที่ช่วยให้ผู้ป่วยสามารถได้โดยไม่พึ่งร่างกายในส่วนที่เสียหายจากโรคหรืออาการบาดเจ็บ

## **1.3 ผลผลิตและผลลัพธ์ (Outputs and Outcomes)**

### **ผลผลิต**

1. ระบบการเชื่อมต่อและควบคุมระหว่างอุปกรณ์ EEG และสั่งให้กำแบมือหุ่นยนต์ที่มีมอเตอร์เพียง 1 ตัว

### **ผลลัพธ์**

1. สามารถช่วยให้ผู้ป่วยที่ไม่สามารถขยับได้มีปฏิสัมพันธ์ได้อีกครั้งผ่านการถ่ายทอดคลื่นสมอง

## **1.4 ความต้องการของระบบ (Requirements)**

1. Input: ชุดข้อมูลคลื่นสมองที่เก็บในลักษณะ Based Trial paradigm โดยเน้นที่Flexion และ Extension ของแขน(offline)

2. Processing: bandpass filter, csp, svm, Lda

3. การแสดงผล

## **1.5 ขอบเขตของงานวิจัย (Scopes)**

1. การทดลองเป็นการทดลองแบบ offline โดยใช้ชุดข้อมูลที่ถูกเก็บมาจาก https://ieee-dataport.org/documents/upper-limb-rehabilitation-motor-imagery-eeg-signals

## **1.6 ข้อกำหนดของงานวิจัย (Assumptions)**

1.

2.

## **1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน**

Basic pipeline

* Read data
  + rename event label for concat
  + combine into 1 datasets
  + rename event label back
* Preprocessing
  + Bandpass
  + DownSampling
  + ICA or Autoreject or IClabel
  + Epoching (6 class)
* Feature Extraction
  + CSP //else
* Classification
  + LDA SVM (linear) (6 class)
* Evaluation and visualization
  + ERD ERS ploting each class Cz C3 C4 difference(6 Class)\*
  + Confusion matrix\*
  + Topomap plot powerspectrum ERD\* (each 6 class)

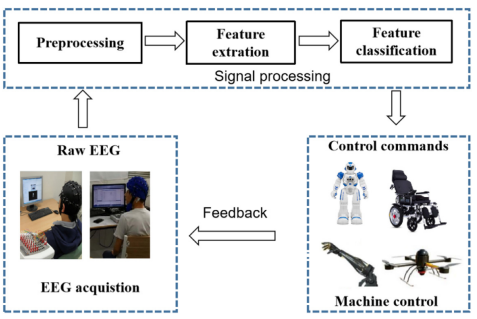
# **บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม**

## **2.1 A survey on robots controlled by motor imagery brain-computer**

Brain-Computer Interface (BCI) เปรียบเสมือนการสร้างสะพานเชื่อมต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลทำให้สมองสามารถตอบสนองกับสิ่งแวดล้อมภายนอกได้โดยปราศจากการใช้ระบบประสาทส่วนปลายและการขยับของร่างกาย [9]\* Ref for impor โดย BCI จะทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณคลื่นสมองและตีความเพื่อสร้างการเชื่อมต่อของสมองมนุษย์กับอุปกรณ์ภายนอก โดยแบ่งเป็น 2 ประเภทตามแหล่งที่มาของสัญญาณได้แก่

1). Exogenous BCI อาศัยตัวแปรภายนอกให้ผู้ทดสอบต้องทำการตอบสนองต่อสิ่งเร้าเพื่อกระตุ้นให้สมองสร้างรูปแบบของคลื่นสมองที่สามารถนำไปถอดรหัสได้ โดยมีรูปแบบเช่น SSVEP และ P300 ที่ใช้การกระพริบของแสงด้วยความถี่เป็นต้น

2). Endogenous BCI การใช้กระบวณการทำงานของสมองโดยไม่ใช้สิ่งเร้า หรืออุปกรณ์ภายนอกโดยใช้การจินตนาการถึงการเคลื่อนไหวของร่างกาย เช่น จินตนาการว่ากำลังกำมือ หลักการของ Endogenous BCI เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Active BCI (Motor Imagery) ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 1 ภาพรวมของการทำระบบควบคุม MI-BCI

2.1.1 Signal processing algorithms

ในขั้นตอนแรกเป็นการนำสัญญาณคลื่นสมองที่เก็บได้จาก Electroencephalography (EEG) มาประมวลผลสัญญาณเบื้องต้นเพื่อแยกข้อมูลและลดสัญญาณรบกวนจากภายนอก จากนั้นนำไปทำในกระบวนการดังต่อไปนี้

1). Feature Extractions

เป็นกระบวณการสำคัญในการแปลงสัญญาณที่ทำการ preprocessing แล้วให้เป็น Feature vectors และกำจัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นเน้นความสำคัญไปที่ข้อมูลเชิงความถี่ (Frequency Domain) และข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Information) โดยทั่วไปแล้วจะใช้วิธีดังนี้

* Fourier Transformation รูปแบบ Fast หรือ Discreate
* Wavelet Transformation
* Auto-regression Model (AR)
* Common spatial pattern (CSP)
* Independent component analysis Algorithm
* Principle component analysis

2). Classification methods

เป็นขั้นตอนการดึง Feature และแยกสัญญาณสมองให้สามารถเป็นคำสั่งควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ โดยมีวิธีที่ใช้กันทั่วไปคือ การใช้ Machine Learning และ Deep Learning

|  |  |
| --- | --- |
| Machine Learning | Linear Discriminant Analysis (LDA) |
| Support Vector Machine (SVM) |
| K-Nearest Neighbors (KNN) |
| Random Forest (RF) |
| Deep Learning | Artificial Neural Network (ANN) |
| Convolutional Neural Networks (CNNs) |
| Recurrent Neural Networks (RNNs) |
| Long Short-Term Memory (LSTM) |

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลตัวอย่าง Classification methods ที่ใช้

## **2.2 Controlling an Anatomical Robot hand Using the BCI based on Motor Imagery 2021**

ประชากรของประเทศศรีลังกาโดย 7% พบมีความพิการของมือตามรายงานของ WHO ทางผู้จัดทำงานวิจัยจึงได้มีความสนใจในการพัฒนาแบบจำลองหุ่นยนต์มือกลเพื่อให้ผู้พิการได้สามารถใช้งานมมือได้อีกครั้ง โดยอาศัยเทคโนโลยีอย่าง Brain-Computer Interface (BCI) เข้ามาช่วยให้ผู้พิการมีความสามารถในการควบคุมมือกลได้มากขึ้น โดยวิชา Brain-Computer Interface (BCI) เป็น

### 2.1.1 [หัวข้อย่อย]

1. เนื้อหา
2. เนื้อหา

# บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

## **3.1 Background Study**

จากการศึกษางานวิจัยในส่วนของ Brain – Computer Interface (BCI) พบว่าเทคโนโลยี BCI นี้เป็นเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการนำคลื่นสมองของมนุษย์มาใช้ในการประยุกต์เพื่อควบคุมบางสิ่งภายนอกอาทิเช่น การควบคุมรถเข็นผู้ป่วย\* หรือ การควบคุมการสั่งการขยับของหุ่นยนต์\* เป็นต้น โดยที่งานวิจัยจะมี2 ประเภทหลักคือ 1. การหาวิธีที่จะพัฒนาการดึงสัญญาณจากสมองนำมาวิเคราะห์ เช่น กระบวนการ ESI และ 2. การนำสัญญาณที่เก็บได้จากผู้ทดลองมาประยุกต์เพื่อให้สามารถควบคุมบางสิ่งภายนอกร่างกายได้โดยที่ไม่ต้องขยับร่างกาย โดยจากทั้งงานวิจัย 2 แบบพบว่ารูปแบบของการทำ BCI นั้นมีรูปแบบหลัก ๆ ดังนี้ 1. SSVEP 2. P300 3. Motor Imagery โดยในงานวิจัยที่ผู้จัดทำสนใจนั้นจะเป็นในรูปแบบของการนำสัญญาณสมองมาใช้ในการประยุกต์เพื่อควบคุมแขนกล โดยใช้ Motor Imagery ซึ่งเป็นการจินตนาการการขยับของร่างกายโดยใช้ความถี่ Mu (8 – 12 Hz) และ Beta (13 – 30 hz)

### 3.1.1 Analysis your study

1. เนื้อหา
2. เนื้อหา

## **3.2 Design your Solution**

การสร้าง classifier เพื่อการตรวจจับการ Flexion และ Extension ของกล้ามเนื้อ

สร้างการทดลองแบบ offline

## **3.3 Design your Experiment**

Read data

-rename event label for concat

-combine into 1 datasets

-rename event label back

Preprocessing

-Bandpass

-DownSampling

-ICA or Autoreject or IClabel

-Epoching (6 class)

Feature Extraction

-CSP //else

Classification

-LDA SVM (linear) (6 class)

Evaluation and visualization

-ERD ERS ploting each class Cz C3 C4 difference(6 Class)\*

-Confusion matrix\*

-Topomap plot powerspectrum ERD\* (each 6 class)

## **3.4 Benchmark your solution**

เปรียบเทียบ process กับงานวิจัยที่ใช้การคุมมือหุ่นยต์

## **3.5 Analysis your result**

[เนื้อหา -

## **3.6 Prove your solution**

[เนื้อหา] -

# บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง/วิจัย

Motor Imagery BCI for Virtual Hand Control เริ่มการทดลองทำการ process ของ MI BCI ในรูปแบบของ offline data โดยใช้ชุดข้อมูลจาก <https://ieee-dataport.org/documents/upper-limb-rehabilitation-motor-imagery-eeg-signals>

มีวัตถุประสงค์ดังนี้

- เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของ MI BCI ที่ใช้กันโดยทั่วไป

- เพื่อศึกษาพื้นฐานของ pipeline และการตีความของข้อมูลที่ได้ระหว่างกระบวนการทำงาน

รายละเอียดของชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษา:

ผู้ทดลองจำนวน 6 คน มีช่วงอายุระหว่าง 23 ถึง 28 ปี และมีเพศชายจำนวน 3 คน และเพศหญิงจำนวน 3 คน

ลักษณะของการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการจินตนาการมีจำนวน 6 คลาสดังนี้

1. Shoulder abduction

2. Shoulder adduction

3. Elbow flexion

4. Elbow extension

5. Forearm supination

6. Forearm pronation

อุปกรณ์ที่ใช้: Open BCI CytonDaisy 16-Channel Biosensing Board และ EEG Placement 10-20 electrode system

การเก็บข้อมูล:

- ชุดข้อมูลนี้ได้มีการทำ Notch filer 50 Hz เพื่อตัดสัญญาณรบกวนจากสายไฟเรียบร้อยแล้ว

- มีความถี่ในการเก็บข้อมูล (Sampling rate) อยู่ที่ 500 Hz

- มีการใช้ 8th order Chebyshev bandpass filter ที่ 0.01 - 200hz

หมายเหตุ: มีการเขียน Class ในรูปแบบของ Event code ดังตารางด้านล่าง

|  |  |
| --- | --- |
| **Class** | **Event Code** |
| Shoulder abduction | *Shoulder abduction* |
| Shoulder adduction | *Shoulder adduction* |
| Elbow flexion | *Elbow flexion* |
| Elbow extension | *Elbow extension* |
| Forearm supination | *Forearm supination* |
| Forearm pronation | *Forearm pronation* |

ตารางที่ ตารางแสดง Event Code

\*โดยที่ในช่วงแรกจะทำการใช้ข้อมูลที่เก็บได้จำนวน 1800 Epochs ของผู้ทดลอง 1 คนก่อน จากนั้นเมื่อเข้าใจการตีความและกระบวนการมากขึ้นจะเริ่มทำการรวมข้อมูลทั้ง 6 คนมาด้วยกันเพื่อทำตามกระบวณการเดิมอีกครั้ง

## 4.1[หัวข้อ]

[เนื้อหา]

### 4.1.1 [หัวข้อย่อย]

1. เนื้อหา
2. เนื้อหา

## 4.2[หัวข้อ]

[เนื้อหา]

# บทที่ 5 บทสรุป

[เนื้อหา]

## 5.1[หัวข้อ]

[เนื้อหา]

### 5.1.1 [หัวข้อย่อย]

1. เนื้อหา
2. เนื้อหา

## 5.2[หัวข้อ]

[เนื้อหา]

# เอกสารอ้างอิง