ALS4BCI

הקבוצה של עומרי – מסמך העברת מקל

# רקע כללי של הפרויקט בhigh level-

המנטור שלנו הוא עומרי חותם.

המוצר שהתאמנו לעומרי הוא ממשק שיאפשר לו תקשורת של כפתור מצוקה, ובנוסף מתן תשובה של כן ולא.

כדי לעשות זאת, אנחנו משתמשים בפרדיגמה של MI עם 3 מחלקות (ימין, שמאל, idle). את תהליך הקלטת ושמירת הנתונים של קסדת הEEG אנחנו מבצעים בעזרת MATLAB. לאחר מכן, גם תהליך הסיווג נעשה בתוכנה באמצעות מסווג SVM. ניתן לבחור הקוד המטלאב גם מסווגים אחרים אך זה המסווג שעבד הכי טוב. החלק של ממשק המשתמש שפיתחנו נכתב בPython. הוא כולל ממשק משתמש ללמידת לֹCo-Learning באונליין וממשק לשימוש אונליין במסווג (שימוש רציף). כרגע יש כמה קשיים שמגבילים את אחוזי הדיוק שהגענו אליהם. ״בתנאי מעבדה״ הצלחנו להגיע לכ-80% דיוק ולרוב המסווג מצליח כ-60% דיוק.

# תהליך התגבשות המוצר

## הכרת המנטור

עומרי בן 31 וגר בגבעתיים. עומרי נשוי ויש לו בן צעיר. הוא חולה כ-10 שנים במחלה ונמצא כרגע ברמה שהוא לא יכול לזוז או לתקשר בכוחות עצמו. התקשורת איתו מתבצעת דרך מערכת Eye Tracking שמקריאה את מה שהוא כותב. הוא איש מיוחד ויש לו חוש טכנולוגי. מאוד כיף לעבוד איתו☺

כאשר עומרי מקשיב לכם אתם תראו שהוא מסתכל עליהם עם העיניים שלו ולא מסתכל על המסך על מנת לכתוב משהו.

## הבנת הצורך

כמו שאמרנו, כרגע עומרי מתקשר דרך מערכת Eye Tracking . כאשר דיברנו איתו הוא אמר שהוא מכיר את המחלה ״וזה עניין של זמן עד שהחולה יאבד את היכולת שלו להזיז את העיניים״. לכן הטכנולוגיה של דמיון מוטורי היא מעודדת עבורו ותוכל לאפשר לו תקשורת גם במצב של חוסר יכולות להשתמש במערכת הנוכחית שלו. עומרי העלה עוד תועלת למערכת שכזאת והיא עזרה לנפגעי שבץ מוחי בשיקום. אחרי שיחה איתו סיכמנו שהפונקציות הבסיסיות שנרצה לפתח עבורו הן:

1. כפתור מצוקה – כאן צריך להיות סימן נדיר אך לא מורכב מידי על מנת לאפשר זיהוי מהיר עם מעט False Alarms
2. מתן תשובה של כן/לא – יאפשר לעומרי לענות לשאלות.

# חומרה

השתמשנו בקסדת OpenBCI עם אלקטרודות יבשות. את הקסדה התאמנו לראש של עומרי וחתכנו את החלק האחורי שלה. עשינו זאת משתי סיבות:

1. עומרי יושב על כורסת טלוויזיה ומשעין את ראשו על כרית שתומכת בראשו משום שהוא לא יכול להחזיק את הראש בעצמו. אנחנו רוצים שהוא יוכל להשתמש בקסדה באותו מנח וכדי לאפשר זאת צריך להוריד את החלק האחורי שלה.
2. מכיוון שאנחנו משתמשים בפרדיגמת MI אין לנו צורך בשימוש באלקטרודות שנמצאות בחלק האחורי של הראש. אנחנו בעיקר צריכים את האלקטרודות שממוקמות במרכז הראש (C3/C4)

# תוכנה

התוכנה מורכבת משני חלקים:

1. MATLAB – כאן אנחנו מבצעים את תהליך הקלטת הנתונים וסיווג הדמיון המוטורי כולל: ניקוי נתונים, Laplacian, עיבוד מקדים, הוצאת פיצ׳רים וסיווג. הקוד מחולק למספר קבצים שונים, המתוארים בהרחבה בreadme וככלל הקבצים עצמם כוללים הסברים מפורטים.ברמת המקרו הקוד מחולק ל:
   * קוד אופליין-
     1. קוד אימון- קוד אשר משמש לאמן את המודל בעזרת הצגת סימנים על המסך- ימינה, מנוחה, ושמאלה והמשתמש נדרש לדמיין הזזה של יד ימין, מנוחה והזזה של יד שמאל.
     2. קוד עיבוד מקדים- קוד אשר מבצע עיבוד מקדים למה שהוקלט בשלב האימון. קוד זה כולל פילטרים שונים, שינוי קצב דגימה, לפלסיאן, הורדת אלקטרודות שונות ועוד..
     3. קוד סגמנטציה- קוד אשר מבצע סגמנטציה של המידע לפני שלב הוצאת הפיצרים.
     4. קוד הוצאת פיצרים- קוד אשר מוציא פיצרים מהמידע הגולמי שהוקלט בשלב האימון.
     5. קוד אימון המסווג- קוד אשר מייצר מסווג מהפיצרים שחולצו.
   * קוד אונליין-
     1. קוד אימון אונליין וממשק משתמש- הקוד הנ"ל טוען מסווג שאומן בשלב האופליין, ומבצע סיווג בעזרתו, לאחר מכן שולח את המידע לממשק הפייתון בהתאם לאופן ההפעלה. אופן הפעלה שמבצע אימון co-learning או ממשק משתמש מלא למוצר.
     2. קבצים נוספים- קבצים אלה מבצעים חילון פיצרים ועיבוד מקדים בשלב האונליין, בצורה דומה מאוד לשלב האופליין.
2. Python – כאן בנינו את ממשק המשתמש. הקוד מתקשר עם המטלאב בעזרת TCP/IP בעזרת פרוטוקול ייעודי שנכתב לפרויקט. המידע מועבר, חלק-חלק, כאשר בין כל חלק של דאטא שנשלח המטלאב מחכה למחרוזת next לפני שהוא שולח את החלק הבא. הקוד מחולק לשני קבצים שונים, והסברים עליהם נמצאים בreadme וככלל בקבצים עצמם. ברמת המקרו, החלק של הPython מכיל שני חלקים ששייכים לשלבים שונים של התהליך:

* ממשק "למידה משותפת"(co-learning)- אחרי שכבר יש מודל שאומן על עומרי בשלב האופליין, נשתמש בממשק זה כדי לאמן בצורת "למידה משותפת" הן את עומרי- איך כדי לו לדמיין את הזזת היד, והן את המסווג. הממשק יציג לעומרי מה לדמיין, ואם הוא ידמיין נכונה והמסווג יצליח, ריבוע אדום יזוז לכיוון המתאים.
* ממשק מוצר- ממשק זה מציג שלושה עמודות, בהתאם למה שעומרי מדמיין העמודות יתמלאו. כאשר העמודות יעברו סף מסוים(voting) תבוצע פעולה. עמודה ימין- הצגת HELP והשמעת קול. צד שמאל- יפתח ממשק נוסף אשר יאפשר לבחור כן או לא.

# מבנה הניסוי

אופליין- שלב האימון באופליין מתרחש במטלאב בעזרת PshycToolbox. תחילה יש לפתוח את הOpenBCI, לחבר את הdongle, להתחיל session ולוודא שהדאטא תקין(ראו readme לעוד מידע איך לדעת את תקינות המידע). וכל האלקטרודות משדרות או רק אלה המעניינות אתכם. כמובן, לא לשכוח להגדיר את הnetwork widget לשדר לlsl את המידע. לאחר מכן יש לפתוח את הLab Recorder ואת קוד הMatlab של האימון M1\_Training. יש להריץ את הקוד, להזין את מספר הניסוי ולשנות את כתובות התיקיות כפי שמוסבר בקובץ. לאחר מכן יש ללחוץ על update ב Lab Recorder ולסמן הן את ה eeg stream והmarker stream . יש לכוון את התיקייה לתיקיית האימון ואת שם הקובץ לEEG.xdf. יש לראות שהkb בתחתית התוכנה עולים ועולים. לאחר מכן יש להמשיך על ידי לחיצת אנטר בקוד המטלאב.

לאחר מכן יפתח במסך מלא ההתחלה של PsychToolbox. בחלק מהמחשבים תופיע גם אזהרה לגבי הסינכרון(איקון אזהרה גדול). ניתן להתעלם מכך. לאחר מכן יופיעו חצים ירוקים או ריבוע ירוק. חץ ירוק מסמל לדמיין הזזת יד וריבוע אומר לא לדמיין כלום. יש להתחיל את הדימיון לאחר סימן הready. אם האימון קצר מדיי או ארוך מדיי ניתן לשנות את הפרמטרים בקובץ עצמו. אימונים קצרים עוזרים לייצר דאטא איכותי מאשר אימונים ארוכים שניתן לאבד בהם ריכוז. בסוף האימון יווצר לכם קובץ על ידי הLab Recorder עם סימות xdf. יש לשלב אותו עם הלייבלים של כל trial שהמטלאב יצר בתיקיית האימון. כעת, לאחר מספר הקלטות יש לאמן את המודל בעזרת הסקריפט שמאחד את כל השלבים יחדיו(עיבוד, סגמנטציה, פיצרים, יצירת מסווג). ראו readme. הדיוק של המודל מדווח בסוף האימון בעזרת המדד Accuracy ולאחר כל שלב. כל שלב בעצם אוסף את ההקלטות שלפניו ומוסיף עליהם.

יש לשים לב שבשלב האימון, הסימונים לתחילת כל trial נדחפים לmarker stream שסימנתם קודם לכן בLab Recorder. את הstream הזה מייצר קוד המטלאב. כדי להבין איך זה עובד נחלק את התהליך לחלקים. דבר ראשון נדחף אל הstream הסימון 111 שמסמן תחילת הקלטה. בתחילת כל trial מוצגת המילה "ready", ואז הסימן שיוצג בהמשך, לאחר מכן מוצג הסימן בפועל ורק אז נדחף אל הstream 1111. עקב תקלות עם סנכרון במחשבים ניידים סנכרון זה לא הכי מדויק אך עקב העצירות בקוד(pause) אמור להיות קרוב. בסוף כל trial נדחף 9 ובסוף הקלטה נדחף 99. ניתן לראות זאת בxdf על ידי פתיחה בeeglab וגלילה עד שאת רואים קווים במצבעים שונים.

בשלב האונליין, נרצה לבצע "למידה משותפת". לשם כך נריץ את קוד האונליין של הפידבק, יחד עם הOpenBCI אבל כעת אין צורך בLabRecorder. המידע יקלט ישירות על ידי קוד המטלאב, תתבצע פרדיקציה בעזרת המודל והוא ישלח אל קוד הפייתון. קוד הפייתון יציג מה לדמיין וריבוע אדם שאם וכאשר התבצעה פרדיקציה נכונה הריבוע יזוז לצד המתאים.

לאחר כך, נוכל להוסיף את הtrialים האלה למודל על ידי אימון נוסף בקוד האופליין. הקוד שמאחד את כל השלבים יודע גם לשלב הקלטות שהתבצעו באונליין. לעוד מידע העזרו בreadme ובתיעוד בקבצים עצמם.

אם וכאשר המודל מצליח ברמה גבוהה, נוכל להשתמש בקוד הui והמודל שאימנו בכדי לבצע שימוש באפליקציה של המנטור. אפליקציה זו מאפשרת למנטור לבקש עזרה או להגיד כן ולא.

# המסווג

הקוד כולל שלושה מסווגים(אפשר להוסיף עוד)- LDA, SVM RBF, ADABOOST.

התוצאות הכי טובות ויציבות היו בעזרת הSVM RBF ולכן אנחנו ממליצים עליו בתור התחלה. הפיצרים כוללים Power Bands ומספר גדול של פיצרים אחרים מכל מיני סוגים. אפשר לבחור אם לנסות רק Power Bands או גם פיצרים אחרים בקוד. הפיצרים הטובים ביותר נבחרים בעזרת NDA או בעזרת בחירה ידנית. מומלץ לאחר מציאת מספר פיצרים טובים, לנעול אותם ולא לשנות אותם כל יום. הקוד כולל גם פלוטים לעזור בבחירת פיצרים ידנית. יש לשים לב שהפיצרים נוצרים לכל הערוצים. לדוגמא אם יש 5 פיצרים, מספר הפיצרים הכולל יהיה 5 כפול מספר הערוצים.

לא מימשנו אף אחד מהמסווגים והשתמשנו בקוד מוכן של מטלאב. יש לשים לב שמכיוון שלדוגמא SVM תומך בסיווג בינארי, השתמשנו במסווג ייעודי של מטלאב שמבצע one-versus-one.

# יום בחיי מפגש עם המנטור

כל מפגש עם עומרי תיאמנו איתו דרך קבוצת הווטצאפ לשנו איתו. רשמנו לו שנשמח להיפגש איתו בשבוע מסוים וקבענו יום ושעה. למפגש איתו כדאי להביא לפחות 2 מחשבים שהקוד רץ עליהם למקרה שאחד מהם לא יעבוד. בנוסף, כדאי להצטייד בבטריות עבור הקסדה משום שגילינו שהם משפיעות על איכות ההקלטה. עוד לא ממש הגענו לשלב שהמערכת פועלת אונליין על עמרי ולכן לא הקרנו לו את ממשק המשתמש בטלוויזיה. אנחנו מניחים שכדאי לבדוק את זה איתו בפגישה הראשונה שלכם איתו.

כשהגענו אליו הביתה כדאי לדעת שהבית שלו נמצא מאוד קרוב לסבידור מרכז, אז מומלץ להגיע ברכבת כי אין חנייה באיזור. אנחנו הגענו תמיד בשעות שאשתו לא הייתה בבית ואז הוא והמטפל שלו (אורלנדו) היו. הפגישות היו כשעה בכל פעם, אולי פגישות של הקלטה ייקח ומעט יותר זמן. עומרי מאוד חמוד ואין תחושה מוזרה כאשר מדברים איתו. כדאי להיות סבלניים כאשר הוא מקליד ורוצה לומר משהו. כדאי גם לא לנהל שיח מהיר מדי שהוא לא מסוגל להגיב עליו. אבל אנחנו מניחים שאת הדגשים האלה תשמעו לפני המפגש איתו במסודר דרך צוות הקורס.

# איך ממשיכים מכאן?

אז כדי להמשיך מכאן נמליץ כך:

1. עברו על כל הפרויקט שלנו וודאו שאתם מכירים ומבינים את כל המרכיבים שלו. זה חשוב כדי שהשינויים שתבצעו לא יצרו בעיה במקום אחר. וודאו שאתם יודעים איך לזהות אם הדאטא איכות או לא. וודאו שאתם יודעים איך למקם את הקסדה נכון. וודאו שאתם יודעים איך לסדר את האלקטרודות ולא להרוס את החיבורים. מומלץ לשבת עם אור רבני שתסביר לכם איך לבצע זאת אחד על אחד. התאמנו על עצמכם והגיעו לתוצאות טובות לפני שאתם מגיעים לעומרי. שיקלו לשפר את שלב האימון ולגרום לו להיות פחות משעמם כי אנו איבדנו ריכוז יחסית מהר בשלב האימון.
2. להשתמש בהקלטות אונליין שעשינו על עומרי כל לאמן מודל בסיס – עשו עבודה על המודל ונסו להגיע לאחוזי דיוק מספקים. הסביבה של עומרי מכילה המון רעשים, שווה להוסיף אולי טכניקות נוספות בעיבוד המקדים או לבחור פיצרים שיכולים להתגבר על הרעש. שווה לחקור עוד פיצרים ולהוסיף אותם לסט הפיצרים שכבר קיימים. אולי לחקור ולמצוא פיצרי power bands טובים ותמיד לכלול אותם בסט הפיצרים שאתם משתמשים בהם. או לשבת לעומק על הפלוטים של הפיצרים כדי להבין אילו פיצרים עמידים לאורך זמן ותמיד ניתן להשתמש בהם. וודאו שאתם לא מוותרים על פיצרים מסוימים רק בגלל שהדאטא רועש מדיי. יכול להיות פשוט שהדאטא רועש כלכך שלא ניתן להוציא ממנו תוצאות טובות.
3. בצעו איטרציות של הקלטות עם עומרי ושיפור המסווג - כאן יבוא לידי ביטוי הלמידה המשותפת, גם עומרי יוכל להסתגל למערכת וללמוד להפעיל אותה טוב יותר. לפני ההקלטות, וודאו שהמידע מכיל כמה שפחות רעש. מומלץ לשפר את קוד הפייתון והממשק משתמש ולאפשר חוויה לא משעממת לעומרי. התייעצו עם שאר הצוותים, מה המנטור שלהם עושה כדי להגיע לרמת סיווג גבוהה. לדוגמא, הפסקה דימיון לפני כל trial והתחלה של דימיון שוב בתחילתו הראו שיפור משמעותי אצל חלק מהצוותים אצלנו. אם אינכם מצליחים לדמיין, אולי שווה לנסות להזיז ממש אקטיבית את היד.

תוכלו לשפר ולעדן את ממשק המשתמש בהתאם להערות שעמרי ייתן לכם – אנחנו לא ממש הגענו איתו לשלב הזה ולכן אין לנו הרבה מה לתרום בקטע זה.

תוכלו גם לבדוק ולהתאים את הקסדה המותאמת לראש של עמרי כך שיהיה לו נוח ויישב טוב על הראש שלו. חשוב שכל האלקטרודות יצליחו לגעת בראש שלו.

# נספחים

קישור GitHub בו נמצאים כל הקבצים וההסברים שלנו:

<https://github.com/AssafUni/bci4als-online>