

## תרגיל 1 – EEG + ERP

קורס: מיפוי תפקודי של המוח, תשפ"ו 2025-2026

**תאריך הגשה: 7.12.2025 עד סוף היום.**

**העבודה היא עצמאית:** כל סטודנט/ית צריך/ה לעשות את התרגיל לבד ולהגיש לבד.

את הפתרון יש להעלות כ-2 קבצים למודל: קובץ קוד וקובץ תשובות בפורמט pdf. שימו לב שקובץ הקוד צריך לרוץ ללא שגיאות.

תרגיל זה כולל שני חלקים: מספר שאלות תאורטיות בנושא ה-EEG, וחלק שני חישובי. בחלק החישובי תעסקו בניחוח נתוני EEG, ובאופן ספציפי ב-ERP (event related potentials).

את החלק השני של התרגיל ניתן לעשות בשפת התכנות המועדפת עליכם. הנתונים בתרגיל ניתנים בפורמט המתאים לעבודה עם Matlab וניתן לקרוא אותם גם בפייתון (וכמובן גם בשפות תכנות אחרות).

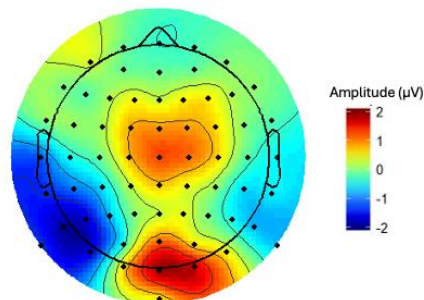
**חשוב:** המטרה של תרגיל הבית היא למידת החומר.

אנא הימנעו משימוש בכלי בינה מלאכותית ליצירת תשובות (כמו ChatGPT וכלים דומים), והגישו עבודות המבוססות על חשיבה וכתובה עצמאיות. מותר להיעזר בכלים אלו ללמידה, הבנה והעמקה, אך לא להעתקה ישירה.

### חלק ראשון

כל שאלה 4 נקודות, סה"כ 16 נקודות

- מהם האותות העצביים שנמדדים עם EEG? התייחסו לפוטנציאלים החשמליים הנמדדים, הנירונים הרלוונטיים, וחלקי המוח מהם נמדדים האותות. מדוע מתאפשר למדוד פוטנציאלים אלו אבל לא פוטנציאלי פעולה?
- Reference montage: הסבירו על monopolar reference ועל average reference. פרטו יתרון וחסרון מרכזי אחד לכל שיטה.
- הגדירו את המושגים הבאים: ERP amplitude, polarity, latency. במטלת oddball אודיטורית, איזה שינוי תצפו שיתרחש עבור הצגה של גירוי נדיר, בהשוואה לגירוי שכיח?
- התרשים הבא מתאר תגובת ERP להצגה של גירוי כלשהו על המסך.
  - תארו את התגובה במילים תוך שימוש במונחים מתאימים של כיווני/איזורי המוח השונים.
  - אילו נתונים נוספים בנוגע לתגובת ERP זו יוכלו להיות חשובים כדי שנוכל לפרש את התגובה ולהבין את משמעותה?



## חלק שני

הנתונים נלקחו ממאגר נתונים המפורסם לשימוש חופשי הנקרא ERP CORE

<https://erpinfo.org/erp-core>

ניתן למצוא פרטים נוספים על מאגר הנתונים במאמר:

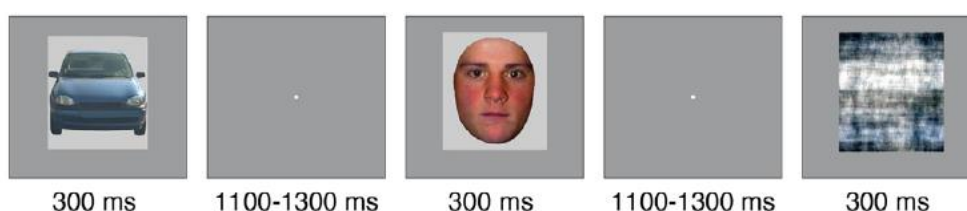
Kappenman, E., Farrens, J., Zhang, W., Stewart, A. X., & Luck, S. J. (2021).

ERP CORE: An Open Resource for Human Event-Related Potential Research

NeuroImage 225:117465, DOI: 10.1016/j.neuroimage.2020.117465

ממאמר זה נלקחו התמונות והפרטים על המחקר המפורטים בתרגיל.  
אין צורך לקרוא את המאמר לצורך התרגיל, מיועד רק למעוניינים בהרחבה.

הנתונים נלקחו מניסוי EEG שבו הראו לנבדקים ארבעה סוגי תמונות: פרצופים, מכונות, פרצופים כטקסטורה של תמונה מעורבבת (scrambled image) ומכונות כטקסטורה של תמונה מעורבבת. התמונות הוצגו לנבדקים למשך 300 מילי-שניות, והם היו צריכים ללחוץ על כפתור במידה והתמונה היתה של פרצוף או מכונה, ועל כפתור אחר במידה והתמונה הוצגה כטקסטורה (scrambled). הנתונים בתרגיל עברו עיבוד מקדים (preprocessing) וחולקו לסגמנטים סביב זמן הצגת התמונה בכל trial.



בקובץ ה-Matlab בשם ex1data.mat תמצאו נתונים ממספר ערוצי EEG של נבדק אחד.

אלו הם המשתנים בקובץ:

המטריצה **data** היא בעלת 3 מימדים: ערוצים (מימד 1), נקודות דגימה (מימד 2), ו-trials (מימד 3).

הנתונים במטריצה הם ביחידות של מיקרו-וולט.

הווקטור **all\_conds** באורך מספר ה-trials, מכיל את תנאי הניסוי בכל trial (כלומר, הקטגוריה שממנה הוצגה התמונה ב-trial זה):

1 – פרצוף, 2 – מכונה, 3 – פרצוף כטקסטורה, 4 – מכונה כטקסטורה

הווקטור **time\_vec** מכיל את הנקודות בזמן במילי-שניות בהתאמה לנקודות הדגימה (מימד 2 במטריצה data).

נקודת הזמן 0 היא זמן הצגת התמונה.

בפייתון, ניתן לקרוא את הנתונים באמצעות הפונקציה loadmat בחבילה scipy.io.

### הגשה עבור החלק השני של התרגיל

כיתבו סקריפט קוד בשם **ex1\_first\_last\_name** כאשר במקום first\_last\_name כיתבו את שיתכם המלא. למשל: ex1\_yaara\_erez

בסקריפט זה כיתבו את הקוד המתאים לכל השאלות בתרגיל עם מספר השאלה כהערה בשורה שמעל הקוד. לכל שאלה, קובץ הקוד צריך להכיל את הקוד שבו השתמשתם ע"מ למצוא התשובה (במידה והיה נדרש קוד).

בקובץ נפרד (למשל Word, PDF) כיתבו את התשובות לשאלות, בהמשך לתשובות לחלק הראשון של התרגיל. בקובץ זה יש לכלול גם את הגרפים בשאלות שבהן הם נדרשים.

בכל הגרפים יש להקפיד לכלול צירי x ו-y נכונים ושמות מתאימים לציר ה-x וה-y כולל יחידות, וכן מקרא במידה ויש יותר מגרף אחד בגרף.  
למשתמשים/ות ב-Matlab - פונקציות שעשויות להיות שימושיות לתרגיל (לא חייבים להשתמש בהן):  
squeeze, repmat, permute, hold on, axis

### יש להגיש גם את קובץ הקוד וגם את קובץ התשובות.

1. טענו את הקובץ ex1data.mat וענו על השאלות הבאות לצורך הכרת הנתונים שבו. לכל שאלה כיתבו בקובץ הקוד של התרגיל את פקודת ה-Matlab שבה השתמשתם ע"מ למצוא את התשובה.  
א. כמה ערוצי EEG יש במטריצה data?  
ב. כמה trials סה"כ יש במטריצה?  
ג. בכמה trials הוצגו פרצופים (תנאי מס' 1)? בכמה trials הוצגו פרצופים כטקסטורה (תנאי מס' 3)?  
ד. מהו מספר הדגימות בכל trial?  
ה. מהו קצב הדגימה? הסבירו כיצד חישובתם זאת.  
ו. מהו תדר ה-Nyquist עבור קצב דגימה זה? מה המשמעות של תדר ה-Nyquist באופן כללי?  
(10 נקודות)

2. חלק חשוב בניתוח נתונים הוא הצגתם הויזואלית על מנת להכירם ולזהות בעיות בנתונים הגולמיים ובשלב הניתוח.  
א. הציגו גרף המראה את הסיגנל של עשרת ה-trials הראשונים מערוץ מס' 7. כל trial צריך להופיע בצבע אחר. ציר ה-x צריך להיות הזמנים המתאימים לנקודות הדגימה בהתאם לווקטור time\_vec.  
ב. שימרו במטריצה בשם **data\_face** את הנתונים מ-trials שבהם הוצג פרצוף. מהם מימדי המטריצה?  
ג. ב-figure נפרד הציגו את הסיגנל של trials 11 עד 20 מהמטריצה data\_face מערוץ מס' 7.  
ד. האם ניתן לזהות תבנית של תגובה להצגת הפרצופים מתוך ה-trials הבודדים?  
(15 נקודות)

3. כאשר מחשבים ERP יש להסתכל על הסיגנל ביחס ל-baseline, למשל ע"י הפחתה של הסיגנל הממוצע ב-200 המילי-שניות שלפני הצגת התמונה בכל trial.  
א. למה חשוב לנרמל את הסיגנל בכל trial ל-baseline?  
ב. עפ"י הגרפים שיצרתם בשאלה 2, האם הנתונים מנורמלים ביחס לממוצע הסיגנל ב-200 המילי-שניות (להלן baseline) שלפני הצגת התמונה? הסבירו.  
ג. נרמלו את הסיגנל ביחס ל-baseline: עבור כל הנתונים מכל הערוצים וכל התנאים, בכל trial הפחיתו מהסיגנל את הממוצע של 200 המילי-שניות שלפני הצגת התמונה. שימרו את הנתונים המנורמלים במטריצה בשם **data\_norm\_baseline** שהיא בעלת מימדים זהים למטריצה data.  
ד. כיתבו קוד הבודק שהנתונים החדשים ב-data\_baseline אכן מנורמלים והסבירו במילים את העקרון של הבדיקה שבצעתם.  
(20 נקודות)

בכל השאלות הבאות השתמשו בנתונים שב-data\_norm\_baseline.

4. כיתבו קטע קוד המחשב ERPs לכל אחד מארבעת תנאי הניסוי. בקטע קוד זה יש ליצור את המשתנה **all\_erps** בעל המימדים הבאים: ערוצים (מימד 1), נקודות דגימה (מימד 2), תנאי הניסוי (מימד 3). מאחר ויש 4 תנאים בניסוי, גודל המימד ה-3 יהיה 4.  
(15 נקודות)

5. בשאלה זו נתמקד בערוץ אחד מתוך כל הנתונים: **ערוץ מספר 7**.

א. נסתכל על ה-ERP עבור תנאי הפרצופים. צרו גרף (מס' 1) שבו יוצג ה-ERP עבור ערוץ 7 עבור תנאי הפרצופים. ציר ה-x צריך להיות הזמנים המתאימים לנקודות הדגימה בהתאם לווקטור `time_vec`. תארו את צורת ה-ERP – האם יש שיא (peak)? האם יש שקע (trough)? ואם כן – באילו זמנים ומה משכם? האם מופיע השקע (trough) האופייני ל-170N? ואם כן אז באיזו נקודת זמן?

ב. הוסיפו לגרף מס' 1 בצבע שונה את ה-ERP עבור תנאי הפרצופים כטקסטורה.

ג. תוכלו לראות שהגרפים המתקבלים מעט רועשים. על מנת לראות טוב יותר את התגובה לתמונות המוצגות, ניתן לבצע החלקה של ה-ERPs. כיתבו פונקציה בשם `my_smooth` אשר מקבלת סיגנל ומבצעת החלקה באמצעות ממוצע פשוט רץ על-פני 11 נקודות דגימה. בקצוות השלימו את ערכי הסיגנל החסרים באמצעות ריפוד (padding) עם הערך של הנקודה הראשונה (עבור תחילת הסיגנל) או האחרונה (עבור סוף הסיגנל). אין להשתמש בפונקציות קיימות המבצעות החלקה. על הפונקציה להחזיר את הסיגנל המוחלק, באותו האורך של הסיגנל המקורי.

ד. החליקו את ה-ERP של כל אחד מהתנאים ע"י קריאה לפונקציה `my_smooth` שכתבתם. צרו גרף נוסף (מס' 2) ובו הציגו את ה-ERPs המוחלקים של שני התנאים. וודאו שסקאלת ציר ה-y זהה לזו שבגרף מס' 1 על-מנת שניתן יהיה לראות באופן ויזואלי את הדמיון בין הסיגנלים הרועשים והמוחלקים.

ה. על-מנת לראות בצורה טובה יותר את ההבדלים בין התנאים ולבטל גורמים משותפים כמו למשל תגובה כללית לתמונה המוצגת על המסך, פעמים רבות מציגים גם את ההפרש בין התנאים הרלוונטיים וכך ההבדל ביניהם נראה בצורה טובה יותר. השתמשו ב-ERPs המוחלקים וחשבו את ההבדל בין ה-ERP של תנאי הפרצופים לזה של תנאי הפרצופים כטקסטורה. בגרף מס' 3 הציגו את ההפרש בין ה-ERPs. שימו לב שהסקאלה של ציר ה-y צריכה להיות זהה לזו שב-figures 1 ו-2 כדי שניתן יהיה לראות את ההפרש בצורה יחסית ל-ERPs עצמם.

ו. תארו במילים את התגובה שמצאתם בסיגנל של ערוץ זה לתנאי הפרצופים והפרצופים כטקסטורה וההבדל ביניהם.

(24 נקודות)

בהצלחה!