

מעבדת EEG תשפ"ב

מטרות:

- הכרת אות ה-EEG, תכונותיו בזמן ובתדר והשימוש האבחנתי בו.
- סגמנטציה של פעילות מוחית – פיתוח אלגוריתם לסגמנטציה והפעלתו על אותות EEG מסונתזים ואמיתיים.
- הכרת אלגוריתם Ensemble Averaging לסינון רעש ושיערוך EP מסונתז ואמיתי בעזרתו.
- שיערוך ספקטרום לא פרמטרי של אותות EEG.

ספרות מומלצת:

- Leif Sörnmo, Pablo Laguna, *Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications*. Elsevier Academic Press, 2005. Chapters 3-4
- Glenn Zelniker, Fred J. Taylor, *Advanced Digital Signal Processing*. New York: Marcel Dekker, 1994.
- Welch, P., *The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms*. IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, Jun 1967 <http://tinyurl.com/7mm8ra>
- Matlab help

מהלך הניסוי

הוראות להנחת האלקטרודות :

1. הסירו תכשיטים מראש הנבדק/ת.
2. שפשפו את האזור עליו שמים את האלקטרודה, להסרת תאים לא מוליכים, בעזרת סקוצ'.
3. הוסיפו ג'ל באלקטרודה (גם אם יש ג'ל באלקטרודה עצמה).
4. וודאו שהאלקטרודות יוצרות מגע טוב עם העור. יש ללחוץ על האלקטרודה דקה מרגע ההנחה.
5. הדקו את האלקטרודות בעזרת כובע ים.
6. יש לחכות דקה-שתיים בעיניים עצומות מזמן הנחת האלקטרודות עד לביצוע המדידה.

ניסוי 1 - סגמנטציה של שני מצבים: עיניים פקוחות / עיניים סגורות

בניסוי נשתמש בתוכנת BSL 4.0 M36 שתומכת במערכת biopac. יש למקם את האלקטרודות (מחוברות ל CH1 בBiopac) בצורה הבאה : (איור 1)



איור 1: מיקום האלקטרודות

הוראות הכנת ניסוי:

- וודאו כי המכשיר דולק.
- פתחו את תוכנת BSL Lesson 4.0 MP 36 שעל שולחן העבודה.
- בחרו בניסוי L03 EEG I.
- רשמו את שמכם בתוספת מספר ניסוי Name1_Name2_ex1.

כיוול:

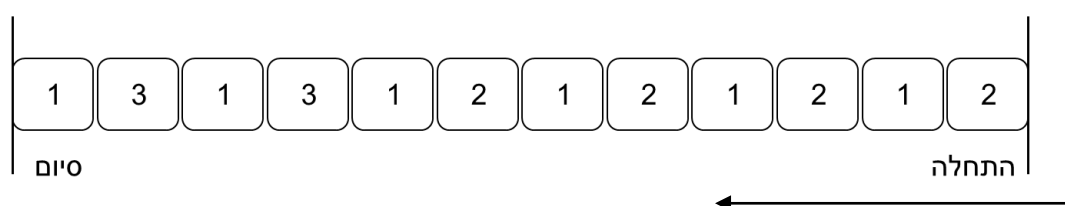
- ודאו כי האלקטרודות מחוברות היטב לראשו של הנבדק, וכי הכבל מחובר לכניסה CH1 של המכשיר.
- על הנבדק להיות רגוע עם עיניים עצומות.
- לחצו על לחצן הכיוול.
- האות המתקבל אמור להיות חלק יחסית, ללא קפיצות ורעשים חריגים.
- במידה והתקבל אות רועש - חזרו על הכיוול.

הקלטה:

נבדוק שלושה מצבים:

1. הנבדק עם עיניים פקוחות, ללא הזזת העיניים וללא מצמוץ.
 2. הנבדק עם עיניים עצומות (לא לעצום חזק), ללא הזזת העיניים.
 3. הנבדק עם עיניים עצומות, הפעם עם הזזת העיניים.
- בשלושת המצבים על הנבדק להשתדל להיות רגוע ככל שניתן ולא לחשוב חשיבה מאומצת.

מהלך ההקלטה: במשך 2 דקות נמדוד את אות ה-EEG של הנבדק כאשר במהלך המדידה הנבדק 10 שניות עוצם את עיניו ולאחר מכן 10 שניות פוקח אותן. מתוך 6 הפעמים בהן הנבדק עוצם את עיניו, בשתי הפעמים האחרונות הנבדק עוצם את עיניו ומזיז את העיניים תוך כדי (מתחת לעפעפיים).



איור 2: תיאור מהלך הניסוי

הסטודנט שאינו נבדק ימדוד זמן וינחה את הנבדק מתי לפקוח ולעצום את עיניו, והאם להזיז את העיניים. הוא יהיה אחראי על התחלת ההקלטה (record), סימון מעבר בין מצב למצב באמצעות לחיצה על F4 כאשר הנבדק פותח את עיניו או לחיצה על F5 כאשר הנבדק סוגר את עיניו, ועצירת ההקלטה (suspend) לאחר כ-120 שניות.

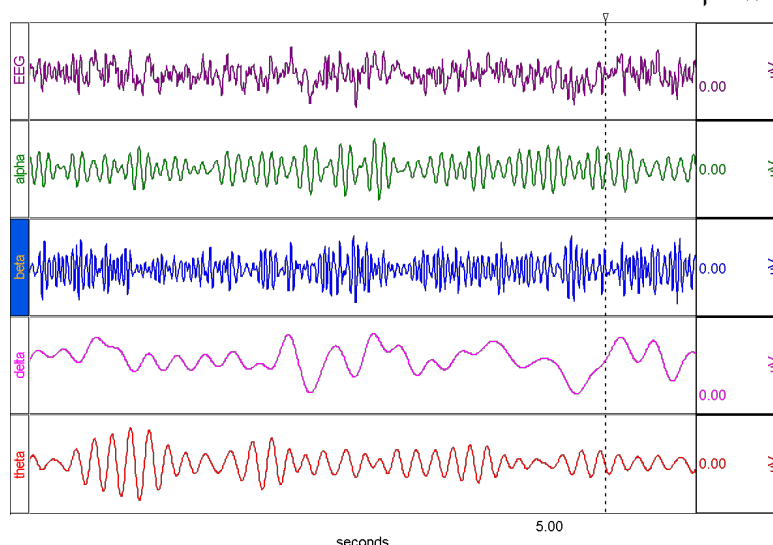
- אם יש צורך לחזור על ההקלטה, לחצו על כפתור ה-Redo.
- אם ההקלטה תקינה לחצו:

Done → Analyze current data file → Yes

כעת, הציגו את הגלים השונים באמצעות לחיצה על Alt והלחצנים המתאימים (Alpha, Beta).

הוראות שמירת התוצאות:

כעת המסך אמור להראות כך:

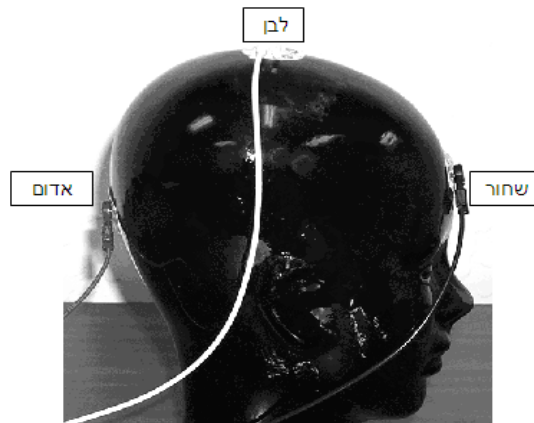


איור 3: דוגמה לתוצאות הניסוי על צג המחשב

- על מנת לשמור את התוצאות יש לסמן את כל הגרפים שהתקבלו ע"י גרירת העכבר על פני הגרפים (הם אמורים להתקבל כ"מושחרים") וזאת ע"י בחירת הלחצן I שנמצא בצד ימין לגרפים (מעל לזכוכית המגדלת).
- יש ללכת לאופציה edit בפאנל העליון : Edit → Journal → Paste wave data
- שמירת הסימונים הידניים שנעשו ע"י הסטודנט המקליט תיעשה על ידי שמירתה ב Journal (הנמצא מתחת לגרפים) . בשורה מעל הגרפים בה סומנו ה-Markers (במשולשים הפוכים), יש ללחוץ על לחצן ימני ולבחור ב- Paste Event Summary to Journal
- על מנת לשמור את כל המידע שנמצא כעת ב Journal יש ללחוץ על סמן השמירה ולשמור בשם Name1_Name2_ex1.xlsx

ניסוי 2 - שערך EP על ידי מיצוע

נשתמש בתוכנת BSL 3.7 M30 pro שתומכת במערכת biopac.
יש לשים את האלקטרודות (מחוברות ל- CH1) בצורה הבאה :



איור 4: מיקום האלקטרודות

את הכבל של הפנס (Stroboscope flash) יש לחבר ל-CH4.
הוראות פתיחת ניסוי :

- וודאו כי המכשיר דולק.
- פתחו משולחן העבודה את הקובץ : EEG_experiment_2.acq
- תוכנת Biopac תפתח עם ההגדרות המתאימות לניסוי.



איור 5: מיקום הפנס

המדידה:

1. כווננו את תדר הפנס ל-1 Hz (או ל-60 RPM)
 2. כווננו את הפנס לעבר הנבדק במרחק של מטר ממנו (איור 3).
 3. משך המדידה: דקה.
- נגדיר את משך הזמן באמצעות התוכנה

MP30 → Setup Acquisition → Acquisition length : 1 min

את נתוני המדידה יש לשמור בקובץ `Name1_Name2_ex2.mat`.
להזכירכם, יש לשלוח העתק של האותות יחד עם העתק של הדו"ח.

ניתוח תוצאות:

הניקוד על כל אחד משלושת הניסויים שווה במשקלו.

ניסוי 1 - סגמנטציה של שני מצבים: עיניים פקוחות / עיניים סגורות

מטרת הניסוי: ביצוע סגמנטציה על פי שינוי הספקטרום.

- עבדו עם קובץ `Name1_Name2_ex1.xlsx` שהקלטתם במהלך הניסוי, וחקרו את השלבים הבאים:
- 1.1. עבור החלקים בהם הנבדק לא הזיז את עיניו: בקובץ שקיבלתם מופיע אות ה-EEG והגלים השונים שהוצאו מאלגוריתם לא ידוע של התוכנה. יש לסנן את אות ה-EEG על מנת שיישארו רק גלי האלפא על ידי לפחות שני סוגי מסננים מסדרים שונים. ציינו את סוגי המסננים והסדר שלהם. לאחר הוצאת גל האלפא מאות ה-EEG יש להשוות בינו לבין אות האלפא שהתקבל מהתוכנה לבין האותות שאתם קיבלתם.
 - 1.1.1. יש לחשב את אות השגיאה בין האות שאתם הוצאתם לזה שהתוכנה הוציאה. מצאו מסנן אשר נותן שגיאה מינימלית שאיננה שונה מ-0 באופן מובהק.
 - 1.1.2. יש לחשב את הקורלציה בין האות שאתם הוצאתם לזה שהתוכנה הוציאה. מצאו מסנן אשר נותן קורלציה מקסימלית.
 - 1.1.3. מי מבין המסננים עדיף? מה קריטריון הטיב שבחרתם?
 - 1.1.4. האם קיים הבדל משמעותי סטטיסטית בשונות של גל האלפא בין המקטעים בהם הנבדק עוצם את עיניו וכאשר הוא פותח את עיניו?
 - 1.1.5. האם קיים הבדל משמעותי סטטיסטית בשונות של גל ה-EEG הכללי בין המקטעים בהם הנבדק עוצם את עיניו וכאשר הוא פותח את עיניו?
 - 1.2. עבור החלקים בו הנבדק הזיז את עיניו: האם קיים הבדל בספקטרום של אות ה-EEG בין חלקים אלו לחלקים בו הנבדק לא הזיז את עיניו?
 - 1.3. עבור גל האלפא שהקלטתם במעבדה: האם קיים הבדל באמפליטודה של גל זה בהשוואה לספרות?
 - 1.4. טענה: "כאשר הנבדק פותח את עיניו יש ביטוי גדול יותר לגלי בטא". הוכיחו או הפריכו את הטענה תוך התבוננות וניתוח גלי EEG אלפא ובטא שהקלטתם במעבדה.

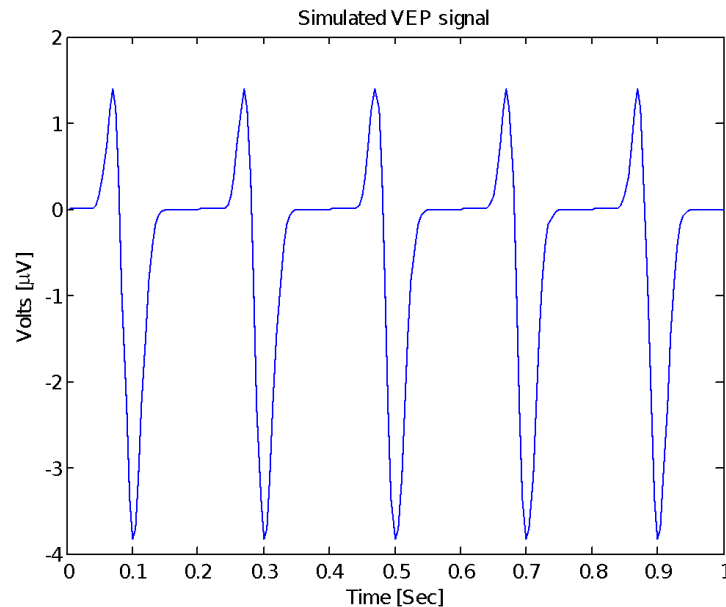
*פונקציות *Matlab* מומלצות: `spectrogram`, `periodogram`, `pwelch`

ניסוי 2 - שערך EP ע"י מיצוע

2.1. יצירת אות מסוננת

- 2.1.1. סנתזו אות עם VEPs לפי הקריטריונים הבאים:

- תדר הדגימה : 200 Hz .
- VEP אחד מורכב מ-75N ו-100P בלבד שצורתם גאוסיות עם שונות ואמפליטודה הגיוניים לפי התיאוריה (כדאי להשתמש ב-normpdf ליצירת פעמון גאוס).
- אורך הסיגנל 60 שניות, ובו מופיעים שכפולים של ה-VEP בתדר 5 Hz (כלומר חוזרים כל 0.2 שניות).
- הוסיפו רעש לבן גאוס כן שיתקיים $SNR = -3db$.
להלן דוגמה לשנייה מתוך אות מסוננת לפני הוספת הרעש :



גרף 1: דוגמה לאות מסוננת לפני הוספת הרעש

2.1.2. על פי 4.3 בדו"ח המכין, ממשו את האלגוריתם, שערכו והציגו את ה-EP לפי מספר השניות שחישבתם שצריך בשביל לקבלת SNR של 6dB ו-12 dB. חשבו את ה-SNR- שיצא בשני המקרים, ובדקו האם קיבלתם תוצאה המתאימה לתאוריה.

2.2. יצירת אות מסוננת נוסף

- צרו VEP מורעש נוסף, השונה (באופן שניתן לראות בעיניים) ברוחב הפיקים (הגאוסיות).
 - צרו סיגנל המורכב מחצי דקה ראשונה השייכת ל-VEP המסוננת הראשון (סעיף 2.1) ולאחריה חצי דקה השייכת ל-VEP המסוננת השני (בעל רוחב פיקים שונה).
- 2.2.1. ממשו פונקציה המבצעת Exponential Averaging. הריצו אותה פעמים רבות על הסיגנל עם שני סוגי ה-VEP בצורה הבאה :
- הריצו את הפונקציה על חלון של האות המכיל 50 חזרות VEP, כאשר תחילה החלון מכיל רק את ה-VEP מהסוג הראשון, אח"כ הוא חותך בכמה מקומות את אזורי החפיפה של שני ה-VEP ולבסוף החלון יכול רק את ה-VEP מהסוג השני.
- עשו זאת עבור מקדם דעיכה משתנה, ובחנו את השפעתו. באופן כללי, באיזה מקרה נעדיף מקדם נמוך ובאיזה גבוה ?

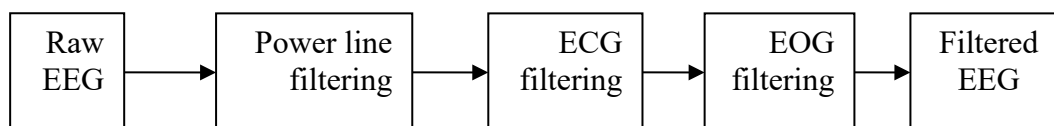
2.3. Homogenous Ensemble Averaging לאותות אמיתיים :

2.3.1. השתמשו באות מהמעבדה (זה שדגמתם בעצמכם Name1_Name2_ex2.mat) ומצאו את ה-VEP. האם הוא דומה לתאוריה? (נזכור שדגמנו בקצב 1000Hz והגירוי היה כל 500ms)

2.3.2. בקובץ המצורף EEG_2.mat ישנו אות הדגום בקצב 500Hz , כאשר תדר הופעת הגירוי היוזאלי (פנס מהבהב) הוא 2.5Hz . (הגירוי הראשון מופיע בדגימה הראשונה), סך הכל ישנם 400 גירויים. כאשר במהלך 200 גירויים עוקבים הנבדק הסתכל לעבר הפנס, ובמהלך 200 הגירויים האחרים הנבדק לא הסתכל לעבר הפנס. מצעו 5, 20, 200 EPs מהחלק הראשון של האות ומהחלק השני, האם כעת ניתן להבחין מתי ישנו VEP? מתי הסתכל הנבדק על הפנס, בהתחלה או בסוף?

ניסוי 3 - סינון אדפטיבי

בניסוי זה נתגבר על רעשי רקע אשר מתווספים לאות EEG מוקלט באמצעות סינון אדפטיבי. הסינון יתבצע ב-3 שלבים



איור 6 סכמת אלגוריתם לסינון רעשים

פתחו את הקובץ Data.mat. הקובץ מכיל מטריצה בגודל $4 \times 100,000$ כאשר כל שורה מייצגת אות מדוד ביחידות של מיקרו וולט, מלבד אות ה-ECG המדוד ביחידות של מילי וולט, לפי הטבלה הבאה:

טבלה 1: ייצוג אותות בקובץ

Index	Signal	Sampling frequency (Hz)
1	EEG	125
2	ECG	250
3	EOG Right	50
4	EOG Left	50

שימו לב כי למרות שנתון מספר שווה של דגימות בכל סיגנל, תדר הדגימה של כל אות שונה (נובע מאילוצי מכשור).

- 3.1. השתמשו באותות הנתונים וצרו אותות חדשים אשר נדגמו באותו תדר. האותות החדשים יהיו אופטימליים במובן של זמן הניסוי ותדר דגימה (זמן ניסוי ארוך ככל שניתן ותדר דגימה מקסימלי) תוך מינימום הנחות שתבצעו.
- 3.2. הוסיפו לאות ה-EEG רעש רשת בתדר 50 הרץ בתדר הדגימה שנבחר בסעיף הקודם. אמפליטודה של רעש הרשת תקבע על 0.005 מיקרו וולט.
- 3.3. הציגו מקטע של אות ה-EEG במישור הזמן יחד עם מקטעי הרעשים הרלוונטיים, אשר בו ניתן לראות את השפעת הרעשים על ה-EEG בזמן.
- 3.4. בנו מסנן אדפטיבי המושתת על אלגוריתם LMS אשר יסנן 3 סוגי רעשים: רשת, ECG, EOG. הציגו את אות ה-EEG 3 פעמים, ובכל פעם הורידו את אחד הרעשים כך שההצגה השלישית היא ללא רעשי הרקע הללו.
- 3.5. הציגו את האות המסונן בשלבים השונים בתדר. על בסיס תוצאות אלו התייחסו לטיב הסינון.

בהצלחה