

מטלה 4

תמיר שילוני 313328924

עופר אבין 204517924

מטרות העבודה:

- היכרות עם התמרת פורייה
- שימוש במימושים שונים של התמרת פורייה
- חישוב IAF

הקדמה:

אחת הדרכים הנפוצות ביותר המשומשת כיום בחקר המוח היא רישום הפעילות החשמלית במוח באמצעות EEG. היתרון בשיטה זו על פני שיטות רבות אחרות הוא ששימוש ב EEG הוא פשוט מאוד, אינו פולשני ואפשר לאסוף מידע מאיזורים רבים בקורטקס ולא רק מאיזור קטן וספציפי. עם זאת אותו יתרון הוא גם חיסרון בעבודה עם EEG בכך שרישום הפעילות החשמלית על ידי אלקטרודות מחוץ לגולגולת הוא רישום המגיע מרשתות רבות שאינן בהכרח פועלות בצורה זהה, וקים בו רעש רב.

אלקטרודה אחת למעשה תקלוט סיגנל אחד המורכב מפעילות חשמלית שונה של רשתות שונות בתדרים שונים לחלוטין ומלבד זאת תקלוט גם רעש בתדר 50Hz מרשת החשמל, פעילות שרירים ולב ועוד. מכיוון שכך הרישום המתקבל כסיגנל אחד דורש ניתוח ופירוק הסיגנל היחיד למרכיביו. בהינתן סיגנל יחיד נרצה לדעת מה עוצמת כל אחד מהתדרים המרכיבים את הסיגנל, כלומר איזה גלי מוח השתתפו ביצירתו ומה ניתן לסווג כרעש לא רצוי.

כלי בו משתמשים בתחומים רבים על מנת לפרק פונקציה אחת למרכיביה השונים הוא התמרת פוריה. אם נחשוב על הסיגנל הנרשם על ידי ה EEG כפונקציה של עוצמת הפעילות החשמלית כתלות בזמן ונפעיל עליה את התמרת פוריה נקבל את עוצמת הגלים (התדרים) המרכיבים את הסיגנל. העוצמה כפונקציה של התדר נקראת Power spectrum.

ישנן כמה דרכים לעשות התמרת פורייה. ישנה גרסה המתאימה לפונקציות רציפות וגרסה המתאימה לפונקציות בדידות. למרות שהזמן בפועל הוא רציף כאשר אנו עובדים במחשב גם הזמן נהיה בדיד ולכן אנו חייבים להשתמש בגרסה הבדידה של התמרת פורייה.

בנוסף פונקציות שונות במטלב מממשות את ההתמרה בצורה שונה מעט. לדוגמה (fast fourier transform) Eft עושה את ההתמרה על הסיגנל כולו. Pwelch לעומת זאת מאפשרת לחלק את הסיגנל למקטעים – חלונות, ולמצע את התוצאה מעבר לכל החלונות, פעולה המאפשרת לסנן את הרעש. בעבודה זאת נראה את התוצאות של שתי שיטות אילו ובנוסף נממש (discrete fourier transform) DFT על פי הנוסחה להתמרת פורייה בדידה.

כאמור ישנן שימושים רבים נוספים להתמרת פורייה בתחומים שונים ולא רק ניתוח גלי המוח, אך בעבודה זו נתמקד במציאת ה Power spectrum של סיגנלים הנמדדים מנבדקים בזמן שעניהם עצומות ופתוחות בעזרת שלושת השיטות dft, fft, pwelch. בנוסף נמצא את ה IAF (individual alpha frequency) עבור כל נבדק, ה IAF הוא הפער של עוצמת גלי האלפא של נבדק בין המקרים כשעיניו פתוחות וכשהן סגורות. כלומר נשתמש בתוצאות ההתמרה של השיטות השונות ונמא את ההפרש בין שני התנאים עבור כל נבדק.

מכיוון שהתדרים שמעניינים אותנו בעבודה זאת הם תדרי אלפא – 8Hz-12Hz ועל פי הספרות בזמן עצימת עניים עוצמת גלי האלפא מתחזקת, נצפה לראות שבזמן עצימת עניים עוצמת התדרים בטווח הנ"ל תהיה גדולה יותר מאשר בזמן עניים פקוחות. נרצה לראות גם את ה IAF נמצא בתוך טווח התדרים הנ"ל. מכיון שאנו מבצעים את החישוב על ידי שלושה פונקציות המבצעות התמרת פורייה אנו מצפים שכולן יתנו תוצאות דומות עם שינויים קלים בהתאם לשיטה.

שיטות:

בחלק הראשון של העבודה קיבלנו תיקייה המכילה את הנתונים הרלוונטים לניסוי DATA_DIR. בתוך התיקייה נמצאו עוד תיקיות המסווגות את המידע על פי מספר הנבדק וכל אחד כזה הכיל קבצי נתונים מסוג edf – הקלטות מ-EEG. עבור 2 תנאי ניסוי: עיניים סגורות (EC) ועיניים פתוחות (EO).

מטרתנו הראשונה הייתה ביצוע סינון וחילוץ של קבצי הנתונים המכילים שם תקין. פעולה זאת נעשתה על ידי הפונקציה dir המקבלת נתיב ומכניסה את כל הקבצים בנתיב למבנה. כבר בשלב הזה לקחנו רק קבצים הנגמרים ב-edf. לאחר מכן בעזרת הפונקציה regexp הפועלת על שדה השמות במבנה שיצרנו, סיננו קבצים המכילים מספר ואת התנאים הרצויים EO או EC. לבסוף ביצענו בדיקה ומחקנו את הקבצים שלא עומדים בדרישות. בעזרת הפונקציה edfread חילצנו את הקבצים והכנסנו אותם למבנה המסווג אותם לפי מספר נבדק תנאי הניסוי. כל קובץ edf מכיל מטריצה של כל האלקטרודות והמידע שהוקלט בכל אחת מהן.

data handling

```
MyFiles = dir('..\DATA_DIR\**\*.edf');           %take files in that path which ands with .edf

%ensure files validity
charToValidate = '\d*E[OC]';
validateFileNames = cellfun('isempty', regexp({MyFiles.name}, charToValidate)); %check for files that contains charToValidate
MyFiles(validateFileNames == 1) = [];           %delete non matching files
```

בחלק הבא ביצענו התמרת פורייה עבור כל נבדק ועבור כל תנאי ניסוי על אלקטרודה 19 באמצעות שלושת השיטות fft, pwelch ו-dft על מנת לקבל את עוצמת התדרים המרכיבים את הסיגנל. על מנת לקבל את סקאלת התדרים המתאימה לנו בחישובים של fft ו-dft עלינו לבצע את הפעויות הבאות: ראשית עלינו לקחת טווח באורך חצי מתדר הדגימה וזאת מכיון שאין באפשרותנו להוציא תדרים גבוהים יותר*. שנית כדי לקבל את הרזולוציה המתאימה להתמרה שאנו מבצעים, נחלק את תדר הדגימה באורך הסיגנל ונייצר את וקטור התדרים התואם לטווח התדרים הרצוי שהוגדר לניסוי.

לאחר שנשתמש ב-fft ו-dft נקבל וקטור המכיל מספרים מרוכבים (כתוצאה מהנוסחה שנסביר בהמשך) לכן נבצע ערך מוחלט על התוצאות - כדי להישאר עם תוצאות ממשיות ולא לעבוד עם מספרים מרוכבים בנוסף נעלה בריבוע את התוצאות בכדי לראות הבדלים בצורה ברורה יותר. נבצע נרמול באמצעות אורך הוקטור (חלוקה באורך הסיגנל\אורך החלון), ולבסוף נחלץ רק את התדרים הרלוונטים לתחום שבחרנו.

fft - נחלץ את עוצמת התדרים בטווח התדרים שהגדרנו: 6-14 Hz. בעזרת הפונקציה של מטלב fft שמקבלת כקלט את הסיגנל נקבל את וקטור עוצמת התדרים ועליו נבצע את אותם פעולות שהוזכרו מקודם.

```
%this function uses the fft function. it extract the spectrum in f
%frequencies range and freqVal resolution
function [spectrumInRange,freqVal] = fftPS(signal,fs,f)
    n=length(signal);
    freqVal=0:fs/n:fs/2;
    range =(freqVal>=f(1) & freqVal<=f(end));
    freqVal=freqVal(range);
```

```
spectrumVecComplex = fft(signal);
spectrumVec = spectrumVecComplex/length(spectrumVecComplex);
spectrumVecNorm = abs(spectrumVec).^2;
spectrumInRange = spectrumVecNorm(range);
end
```

Dft – בנינו את מטריצת W מטריצת המספרים המרוכבים בעזרתה נחשב את המקדמים על ידי הנוסחה: $W_{kn} \equiv e^{-\frac{2\pi i}{N}kn}$ כאשר k ו n להיות וקטורים באורך גדול החלון אותו בחרנו (window size -1 : 0). את המטריצה W עלינו להכפיל בכל חלון על מנת לישם את התמרת פוריה. לכן בנינו את מטריצת החלונות: מטריצה המכילה את הסיגנל המחולק לוקטורי עמודה באורך החלון שהגדרנו עם החפיפה שאנו רוצים לייצר בין כל שתי חלונות עוקבים. במידה ואורך הסגנל אינו מתחלק טוב באורך החלון יש לבצע ריפוד של הסיגנל ב 0. את כל הפעולות הללו ניתן להשיג על ידי שימוש בפוקצייה buffer שמקבלת את הסיגנל, גודל החלון והחפיפה ומייצרת את המטריצה בהתאם לפרמטרים.

בשלב הבא אנו מבצעים כפל מטריצות בכדי לקבל את מטריצת ה dft. מטריצה זו מכילה בעמודות את תוצאות ה dft עבור כל חלון. ולאחר מכן מבצעים עליה את אותם המניפולציות שהזכרנו מקודם בדומה ל fft (נירמול והוצאת החלק הממשי). לבסוף על מנת לקבל וקטור תוצאה יחיד נבצע ממוצע מעבר לכל החלונות.

```
%this function calculates dft, it creates a complexed matrix and splits the
%signal into windows. it multiplies the two matrices. the result matrix is
%normalized the mean across all windows is taken as result of the dft
function [dftResults,freqVal] = dftPS(signal>window,overlap,fs,f)
    freqVal=0:fs/window:fs/2;
    range=(freqVal>=f(1) & freqVal<=f(end));
    freqVal=freqVal(range);

    k = 0>window-1;
    n = 0>window-1;
    w = exp(-2.*pi.*1i.*n'*k/window); %creates complex matrix
    windMetrix = buffer(signal>window,overlap,'nodelay'); %creates all windows
matrix

    dftMetrix = w*windMetrix;
    dftMetrix = dftMetrix/window;
    dftMetrix = dftMetrix.^2;
    dftMetrix = abs(dftMetrix);

    dftResults = mean(dftMetrix,2);
    dftResults = dftResults(range);
end
```

pWelch- זוהי פונקצייה של מטלב המקבלת סיגנל, גודל חלון, גודל החפיפה בין החלונות, תדר הדגימה וטווח תדרים רצוי ומבצעת התמרת פורייה בהתאם לפרמטרים האלו.

בשלב השלישי של העבודה חישבנו את ה IAF - הפרשי עוצמת התדרים עבור 2 תנאי הניסוי בכל אחת משלושת השיטות עבור כל נבדק. לאחר שחישבנו את וקטור ההפרשים על ידי חיסור וקטורים, מצאנו את הערך המקסימלי שלו ואת התדר בו ההפרש היה מקסימלי.

```
%this function calculates the difference between the two input signals
%and finds its max for IAF.
function[IAFVec,maxDifVal,freqValMax]= calcIAF(signalEC,signalEO,freq)
    IAFVec=signalEC-signalEO;
    [maxDifVal,maxIndex]=max(abs(IAFVec));
    freqValMax = freq(maxIndex);
end
```

extract and plot power spectrum and IAF

```
for i = 1:numOfSub
    curSubject = char("subject" + i);

    %extracting signal
    signalEC = MyData.(curSubject).(cond(1)).record(elecNum,:);
    signalEO = MyData.(curSubject).(cond(2)).record(elecNum,:);

    %perform fast fourier transformation
    [fftSpecEC,fftFreq] = fftPS(signalEC,fs,f);
    fftSpecEO = fftPS(signalEO,fs,f);

    %perform fourier transformation using pwelch algorithm
    pwelchEC = pwelch(signalEC, windowTP, overlapTP, f, fs);
    pwelchEO = pwelch(signalEO, windowTP, overlapTP, f, fs);

    %perform fourier transformation using discrete fourier transform
    [dftEC,dftFreq] = dftPS(signalEC>windowTP,overlapTP,fs,f);
    dftEO = dftPS(signalEO>windowTP,overlapTP,fs,f);

    %plot power spectrum
    plotPS(f,fftSpecEC,pwelchEC,dftEC,fftSpecEO,pwelchEO,dftEO,i,fftFreq,dftFreq,cond);

    %plot IAF

    plotIAF(f,fftSpecEC,pwelchEC,dftEC,fftSpecEO,pwelchEO,dftEO,i,fftFreq,dftFreq,cond);
end
```

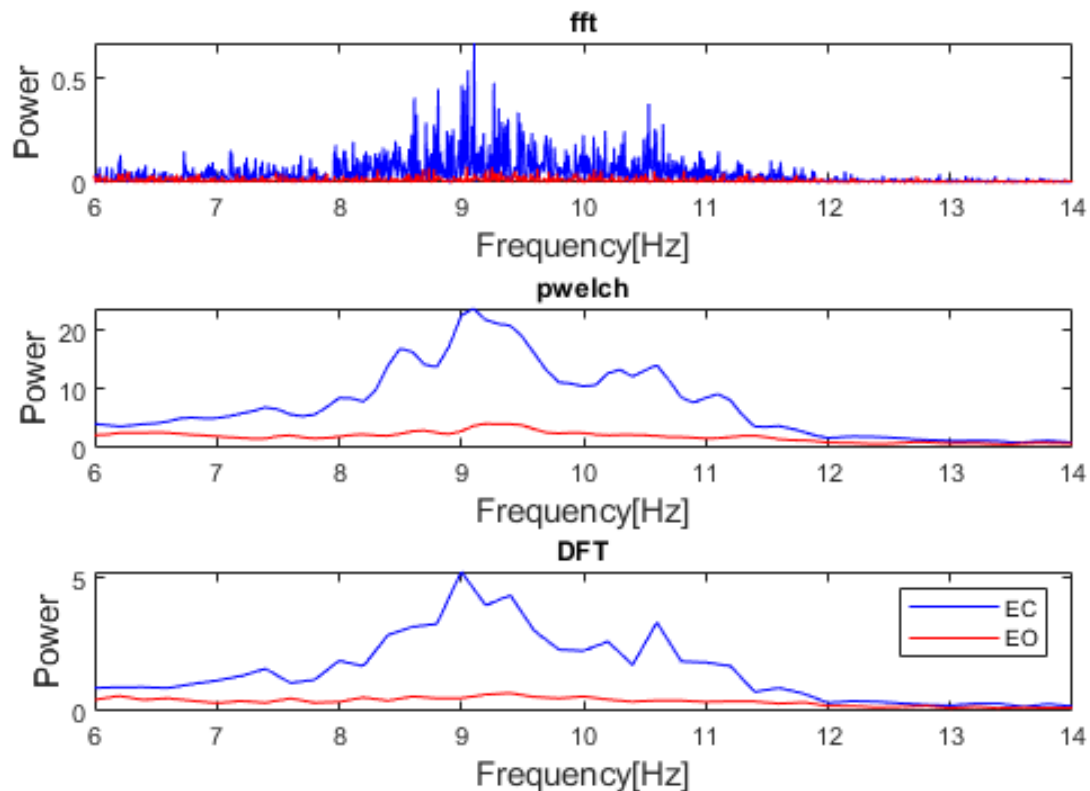
דיון ומסקנות:

במהלך העבודה חישבנו את ה Power Spectrum של נבדקים באמצעות שלושה פונקציות לחישוב התמרת פורייה. נתחיל בכך שבהתאם להשערות בשלושת השיטות אנו מקבלים עוצמות תדרים דומות, כלומר יחסי העוצמות בין התדרים דומים בשלושת הגרפים. תוצאה מעודדת בהתחשב בכך שהחישוב נעשה בצורה דומה.

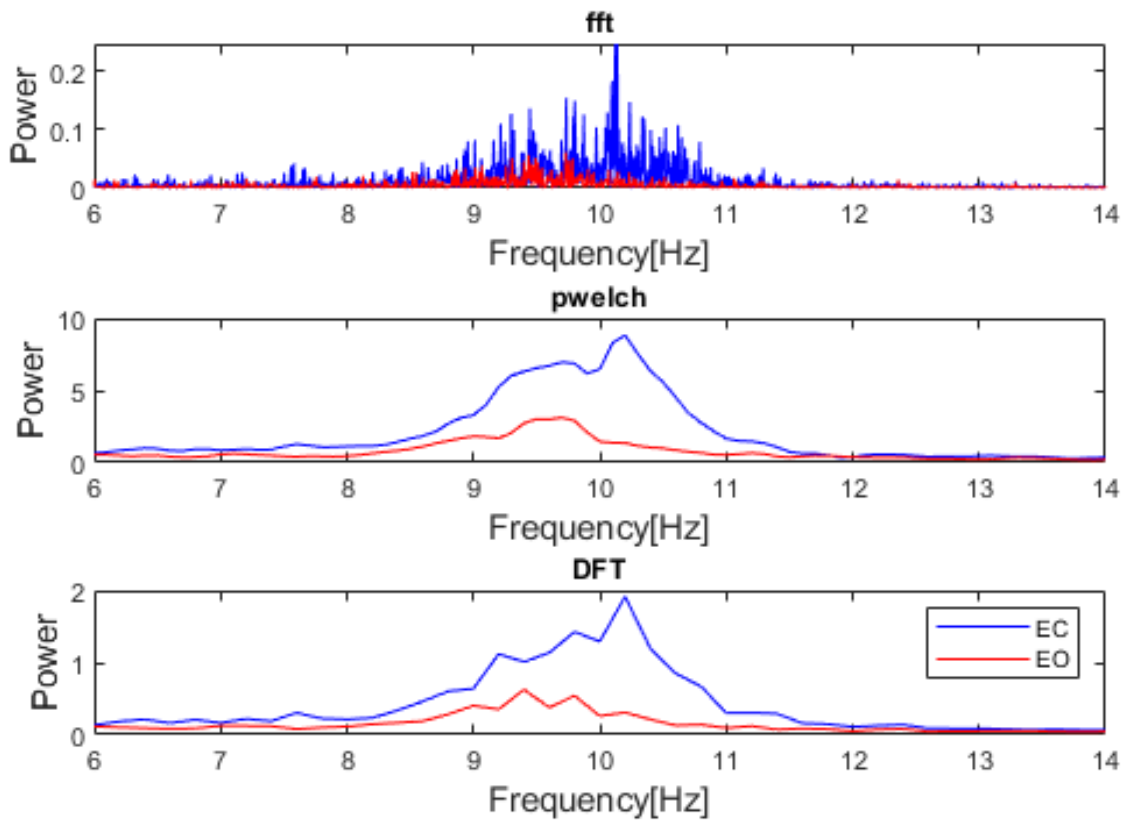
בנוסף אנו יכולים לראות שתדרי האלפא 8 – 12 Hz גבוהים מאוד בזמן עצימת עניים לעומת שאר התדרים. בנוסף בזמן עניים פקוחות אין הבדל משמעותי בין תדרי האלפא לשאר התדרים. ניתן לראות שגם ה IAF של שלושת הנבדקים נמצא סביב תדר 10Hz כלומר גם הוא בתוך הטווח (בתחילה מוצגים כל הגרפים של ה Power spectrum ומייד אחריהם הגרפים המציגים את ההפרש). תוצאות אילה הולמות את הספרות הקיימת עד היום.

עוד ניתן לראות כי התוצאות של פונקציית ה fft מציגות הרבה רעש (הגרף אינו חלק כמו שתי השיטות האחרות), וזאת מכיוון שבחישוב ה fft אין שימוש בחלונות והחישוב נעשה על אורך הסיגנל כולו. לעומת זאת התוצאות עבור pwelch ו DFT מציגות גרף חלק יותר מכיון שבתהליך החישוב שלהן אנו עושים שימוש בחלונות. חלוקת הסיגנל כולו לחלונות ומיצוע התוצאות מעבר לכל החלונות מאפשר סינון של הרעש. פעולה כזאת של חלוקה לחלונות מתאפשרת רק כאשר הסיגנל קבוע (סטציונרי), כלומר אנו מצפים שעוצמת כל תדר בנפרד תהיה קבוע לאורך כל הסיגנל כמו הסיגנל איתו אנו עובדים בעבודה זאת. אם הסיגנל אינו כזה, מיצוע מעבר לכל החלונות ישבש את התוצאות.

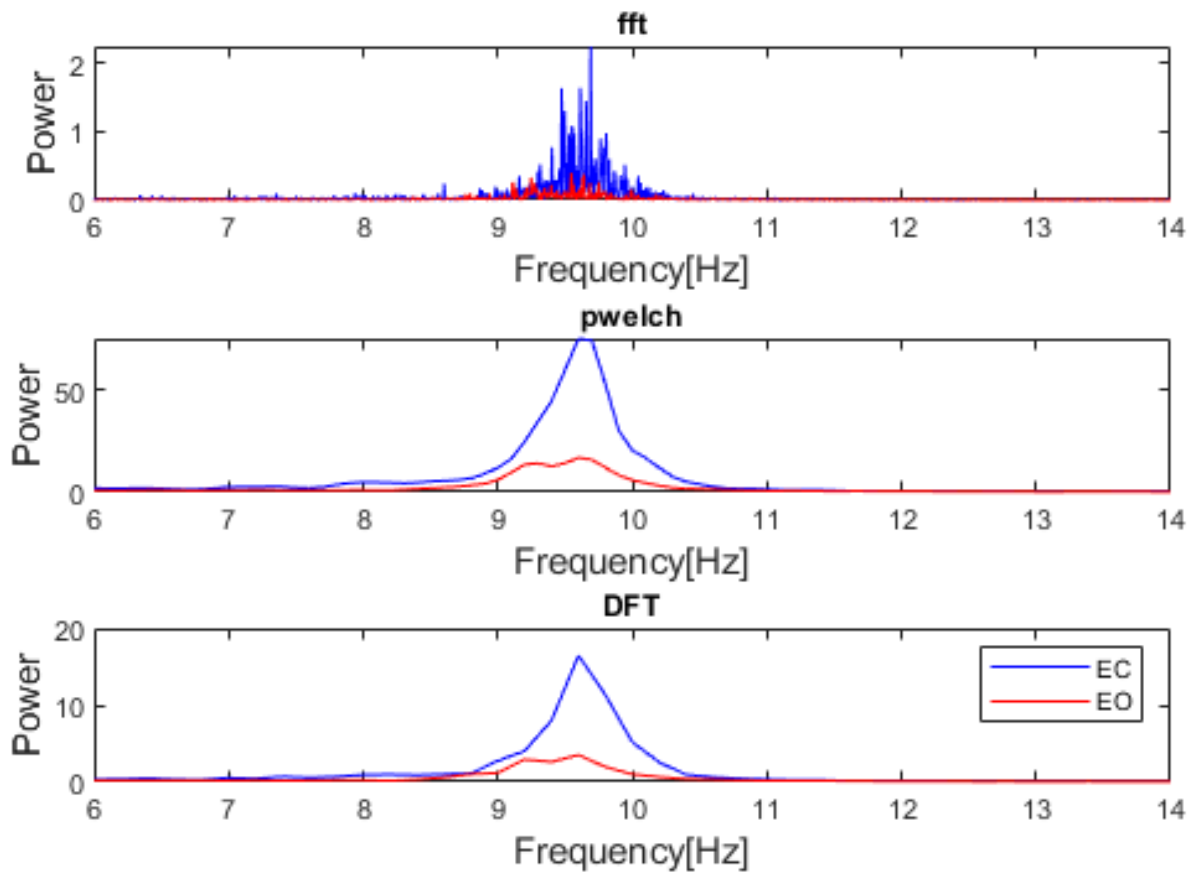
Subject 1 Power Spectrum calculated by:



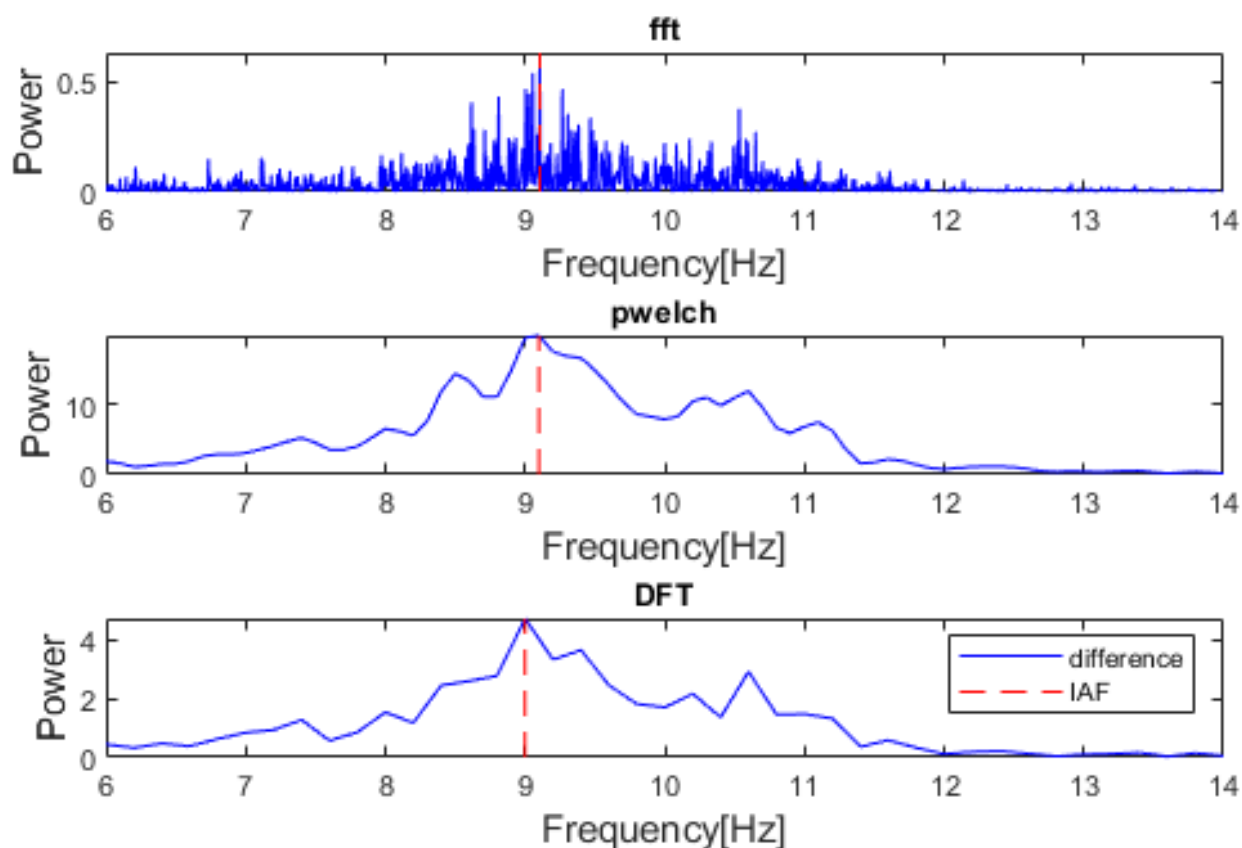
Subject 2 Power Spectrum calculated by:



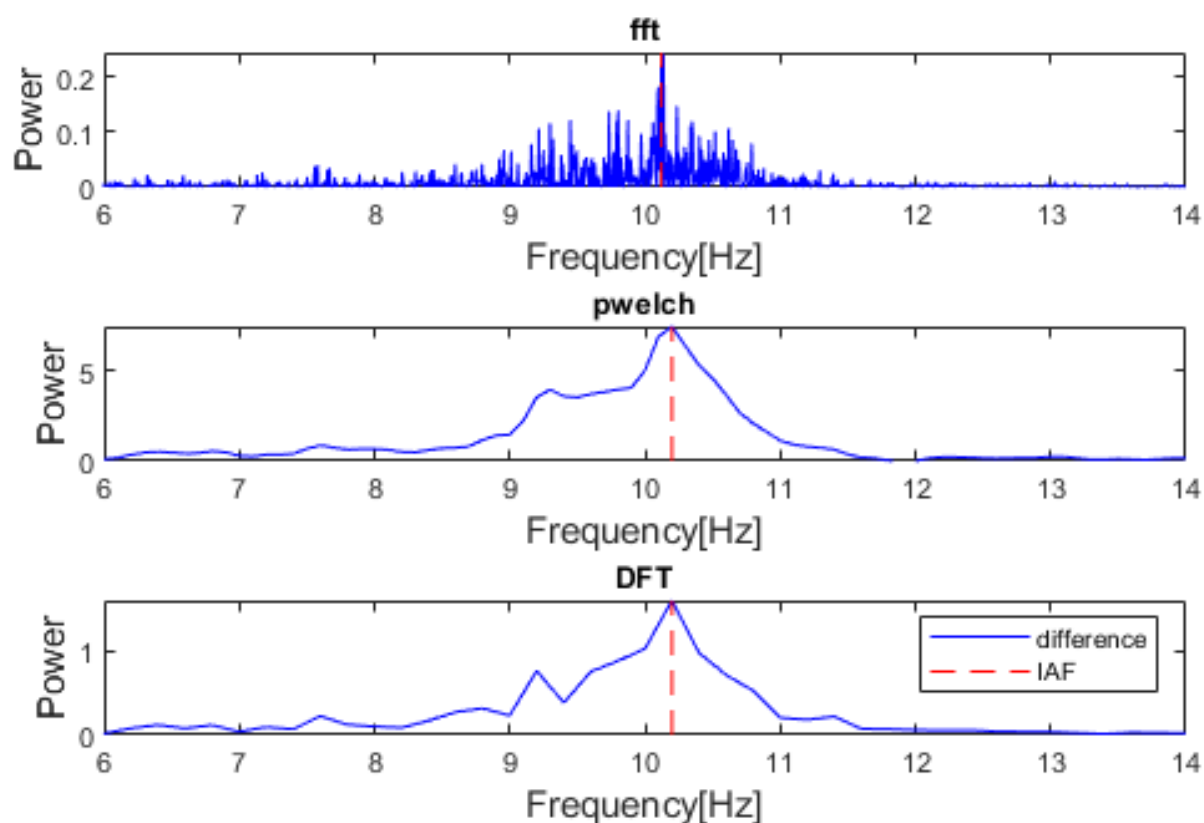
Subject 3 Power Spectrum calculated by:



Subject 1
Difference spectrum (EC - EO) using:



Subject 2
Difference spectrum (EC - EO) using:



Subject 3
Difference spectrum (EC - EO) using:

