

# Labolatorium Programowanie

## Sprawozdanie z zadania nr 10

Mikołaj Buchwald  
nr indeksu 385542  
mikołaj.buchwald@gmail.com  
mb83904@st.amu.edu.pl

22 grudnia 2014

### Streszczenie

W niniejszym sprawozdaniu zamieszczono informacje dotyczące przetwarzania sygnału pochodzącego z elektroencefalografu (EEG). Sygnał, który przetwarzany był na potrzeby tego sprawozdania pochodzi ze 128-elektrodowego EEG.

Rozróżnia się kilka zakresów częstotliwości sygnału EEG. Podział ten oparty jest na podwyższonej amplitudzie pewnych częstotliwości przy wykonywaniu określonych zadań poznawczych (lub stanie odpoczynku bądź snu). Opisano tu pięć rodzajów fal (rytmów): alfa, beta, gamma, delta oraz theta. Dla każdego rodzaju fal wybrano charakterystyczną elektrodę. Surowy sygnał pochodzący z poszczególnych elektrod został przefiltrowany za pomocą filtra środkowoprzepustowego (zakres przepustowości zależny od charakterystyki fal). Przedstawiono po dwa wykresy dla każdej z elektrod: 2-sekundowy przebieg sygnału w dziedzinie czasu oraz widmo tego 2-sekundowego fragmentu.

Do przetwarzania sygnału oraz wygenerowania wykresów użyto programu Scilab. Skrypt, za pomocą którego wykonano wszystkie operacje załączony jest na końcu tego sprawozdania.

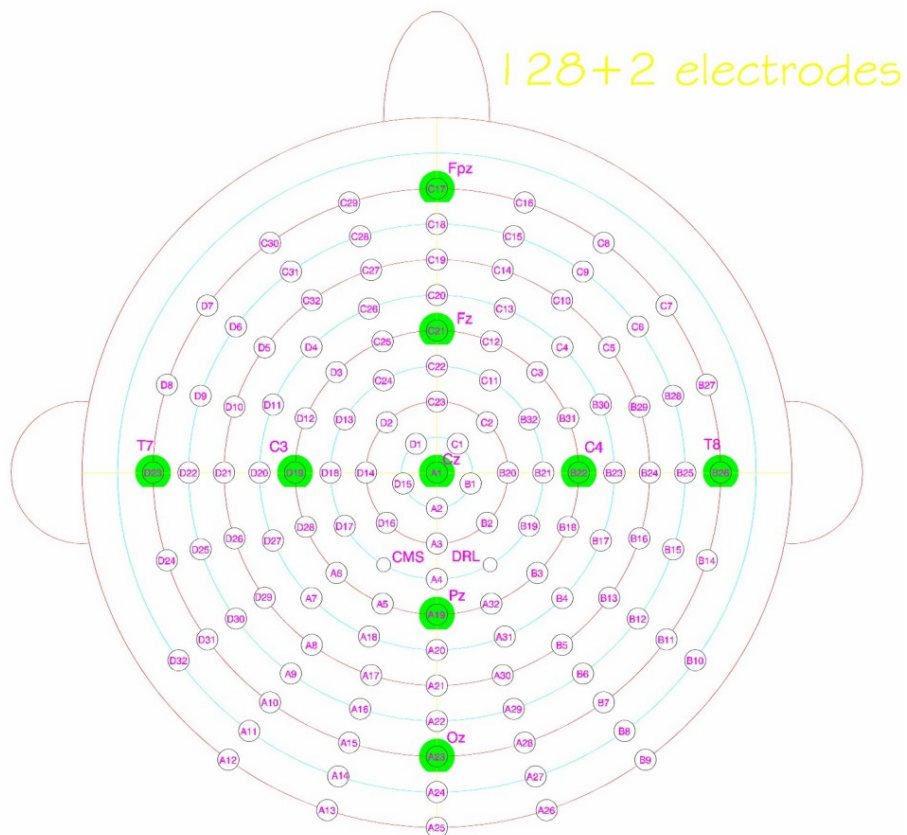
# 1 Opis zbioru danych

Surowy sygnał ze 128-elektrodowego EEG. Częstotliwość próbkowania dla sprzętu, z którego pochodzą poniższe dane wynosi 256. Zatem sygnał pobierany był 256 razy na sekundę. Całe badanie trwało prawie 25 sekund. Osoba badana najpierw przez 5 sekund dopoczywała. Następnie przez 15 sekund wykonywała zadanie. Ostatnie niecałe 5 sekund znów było przeznaczone na odpoczynek. Cała tabela ma 128 wierszy oraz 6379 kolumn. Zamieszczono tutaj tylko przykładowe pierwsze 9 wierszy i 3 kolumny.

Tabela 1: Sygnał EEG z 128 elektrod zbierany przez 1554 sekundy.

	0001	0002	0003	...
el.no.001	-2141.9205446028	-2141.6773804533	-2143.2840691608	...
el.no.002	-3317.233541923	-3317.3878146009	-3319.0908500376	...
el.no.003	-3287.0749444211	-3288.6908321708	-3289.8777628499	...
el.no.004	-5812.5518122058	-5812.0515496718	-5811.7581780145	...
el.no.005	-883.0296469651	-883.3318303143	-882.1871247327	...
el.no.006	-3551.940537148	-3553.6968559865	-3554.1357234918	...
el.no.007	-2206.4228542083	-2205.6274913951	-2205.5218340851	...
el.no.008	145.0368110226	145.6313461333	146.2948192839	...
el.no.009	2913.3020341128	2913.6522656245	2915.09364046	...
...	...	...	...	...

Na następnej stronie znajduje się rozkład elektrod w 128-elektrodowym EEG na czaszce człowieka. Numery A1-A32 oznaczono dalej w sprawozdaniu także jako wartości w nawiasach (1-32). Podobnie dla B1-B32 (33-64), C1-C32 (64-96) oraz D1-D32 (97-128). Na grafice oznaczono też elektrody odpowiadające standardowemu rozkładowi elektrod 10-20.



Rysunek 1: Rozkład elektrod w 128-elektrodowym EEG

## 2 Fale alfa ( $\alpha$ )

### 2.1 Czym są i gdzie występują fale alfa

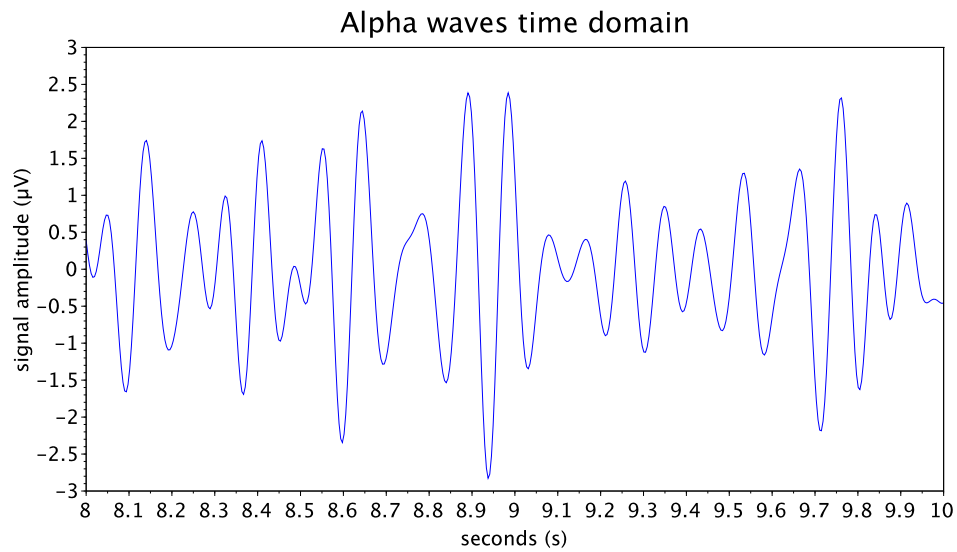
Częstotliwość charakterystyczna dla fal alfa to 8-13 Hz. Amplituda fal waha się od 20-100  $\mu$ V.

Fale alfa obserwuje się gdy osoba badana jest w stanie spoczynku i ma zamknięte oczy, zarazem zachowując świadomość. Tyczy się to głównie osób dorosłych. W przypadku zajścia procesów uwagowych bądź wystąpienia bodźców zewnętrznych stwierdza się zanik wspomnianych fal.

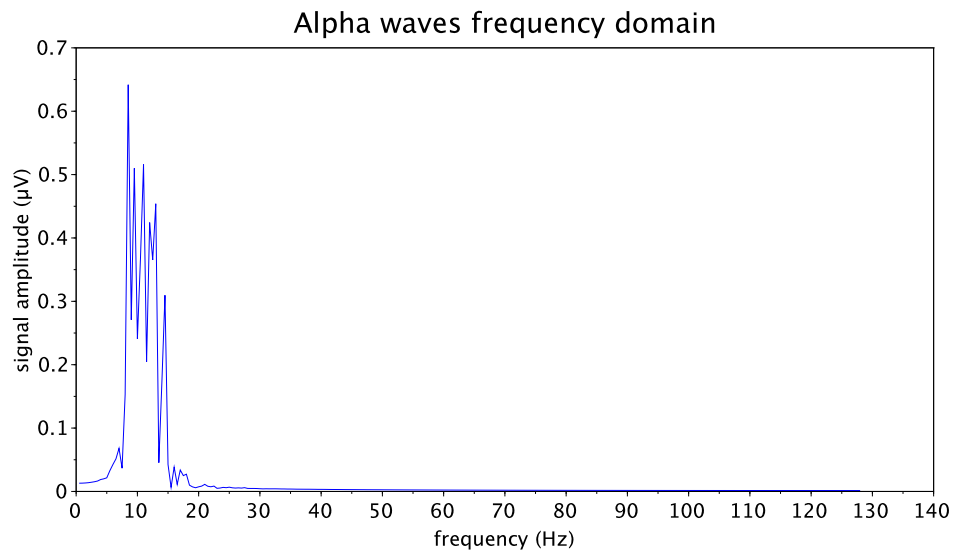
Występowanie fal o tym zakresie można zarejestrować w okolicach potylicznych, ciemieniowo-potylicznych oraz skroniowo-potylicznych.

Na potrzeby tego zadania wybrana została elektroda A21 (21). Znajduje się ona w części potylicznej, potyliczno-ciemieniowej czaszki. Poniżej zaprezentowano 2-sekundowy przebieg w dziedzinie czasu dla fal alfa dla tejże elektrody. Przedstawiono też na wykresie widmo tego 2-sekundowego fragmentu dla wspomnianej elektrody A21. Dane te dotyczą 8-10 sekundy badania.

## 2.2 Fale alfa dla elektrody A21 (21)



Rysunek 2: Odczyt EEG z elektrody A21 w dziedzinie czasu



Rysunek 3: Odczyt EEG z elektrody A21 w dziedzinie częstotliwości

### 3 Fale beta ( $\beta$ )

#### 3.1 Czym są i gdzie występują fale beta

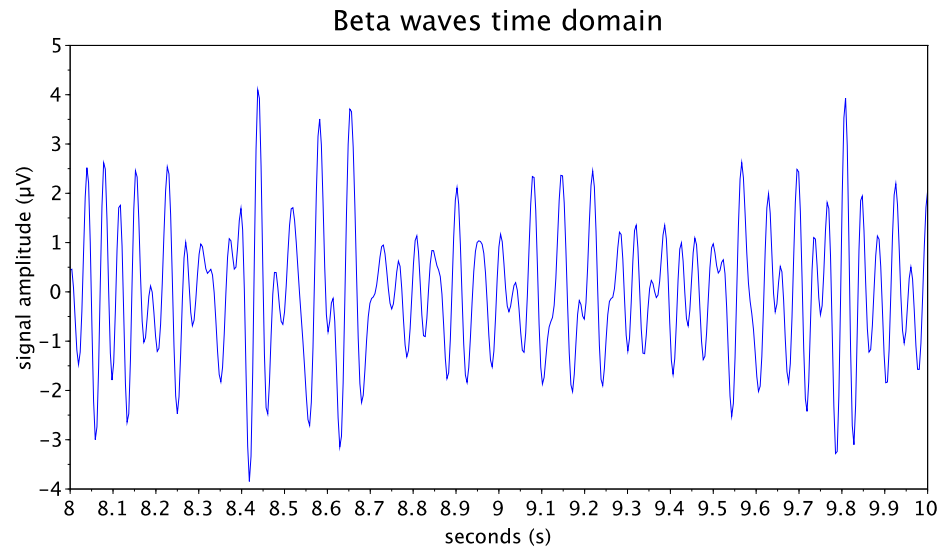
Częstotliwość charakterystyczna dla fal beta to 13-30 Hz. Amplituda fal jest niewielka: do 20  $\mu$ V.

Fale beta obserwuje się gdy osoba badana jest w stanie relaksu i sobie ten stan uświadamia. Fale beta przestaje się rejestrować gdy osoba badana wykona jakiś ruch (zwłaszcza ruch ręki).

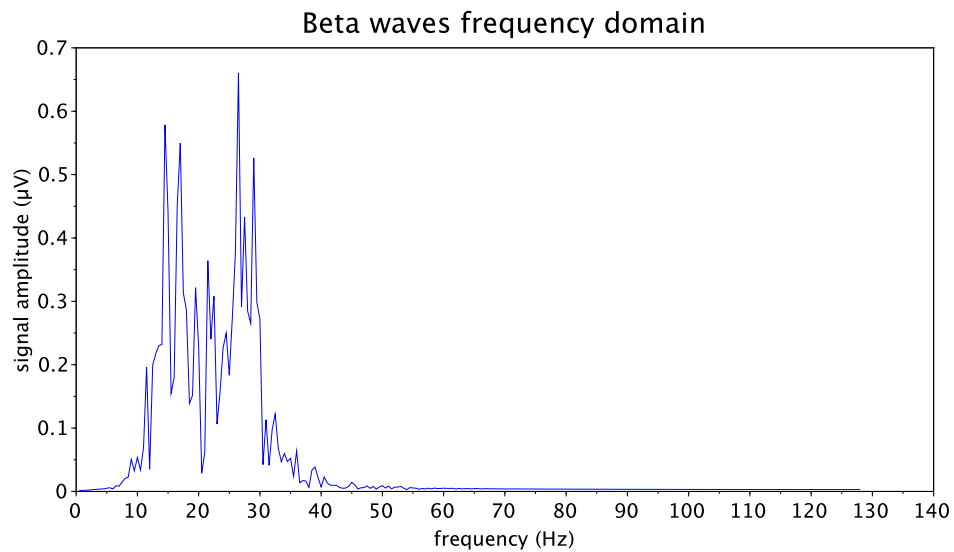
Występowanie fal o tym zakresie można zauważyć w przednich częściach mózgu, w okolicach czołowych.

Na potrzeby tego zadania wybrana została elektroda C21 (85). Znajduje się ona w części czołowej czaszki. Poniżej zaprezentowano 2-sekundowy przebieg w dziedzinie czasu dla fal alfa dla tejże elektrody. Przedstawiono też na wykresie widmo tego 2-sekundowego fragmentu dla wspomnianej elektrody C21. Dane te dotyczą 8-10 sekundy badania.

### 3.2 Fale beta dla elektrody C21 (85)



Rysunek 4: Odczyt EEG z elektrody C21 w dziedzinie czasu



Rysunek 5: Odczyt EEG z elektrody C21 w dziedzinie częstotliwości

## 4 Fale gamma ( $\gamma$ )

### 4.1 Czym są i gdzie występują fale gamma

Częstotliwość charakterystyczna dla fal gamma to 30-80 Hz. Częstotliwości powyżej 80 Hz określa się mianem fal gamma wysokoczęstotliwościowych.

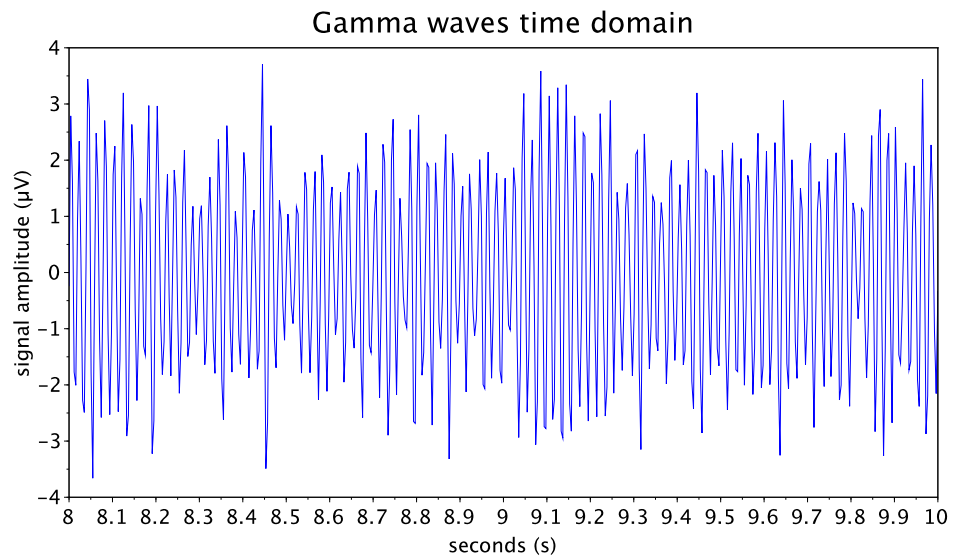
Fale beta obserwuje się podczas aktywności fizycznej osoby badanej oraz przy aktywowaniu się funkcji motorycznych. Z falami gamma mamy także do czynienia gdy badamy wyższe funkcje poznawcze, percepcję sensoryczną oraz procesy pamięciowe. Wysokie częstotliwości gamma obserwuje się gdy badany poddawany jest bodźcowaniu: tak zewnętrznemu (percepcja zmysłowa) jak i wewnętrznemu (funkcje przygotowania ruchu czy artykulacji).

Występowanie fal o tym zakresie można zauważyć w okolicach kory motorycznej. Jak też i somatosensorycznej.

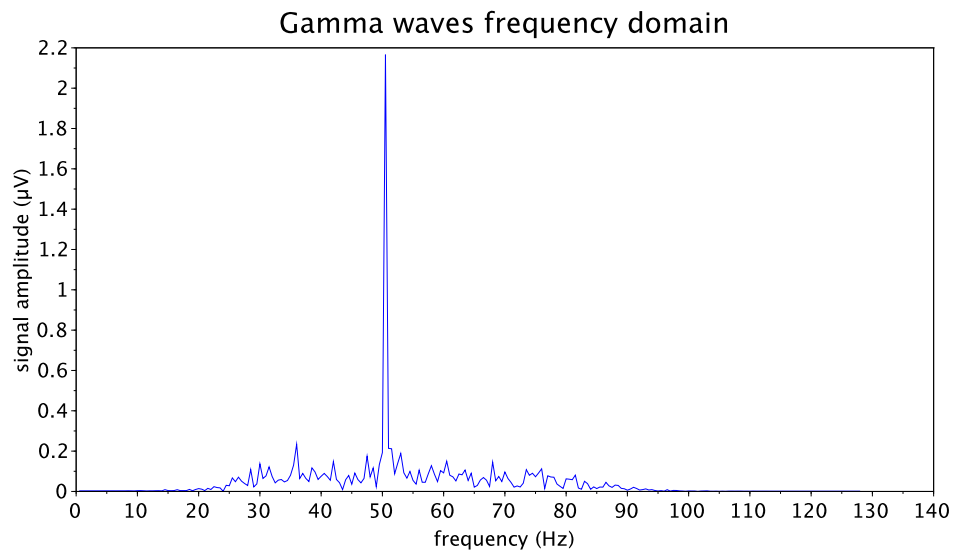
Na potrzeby tego zadania wybrana została elektroda A3 (3). Znajduje się ona w części czołowo-potylicznej czaszki. Poniżej zaprezentowano 2-sekundowy przebieg w dziedzinie czasu dla fal alfa dla tejże elektrody. Przedstawiono też na wykresie widmo tego 2-sekundowego fragmentu dla wspomnianej elektrody A3. Dane te dotyczą 8-10 sekundy badania.



## 4.2 Fale gamma dla elektrody A3 (3)



Rysunek 6: Odczyt EEG z elektrody A3 w dziedzinie czasu



Rysunek 7: Odczyt EEG z elektrody A3 w dziedzinie częstotliwości

## 5 Fale delta ( $\delta$ )

### 5.1 Czym są i gdzie występują fale delta

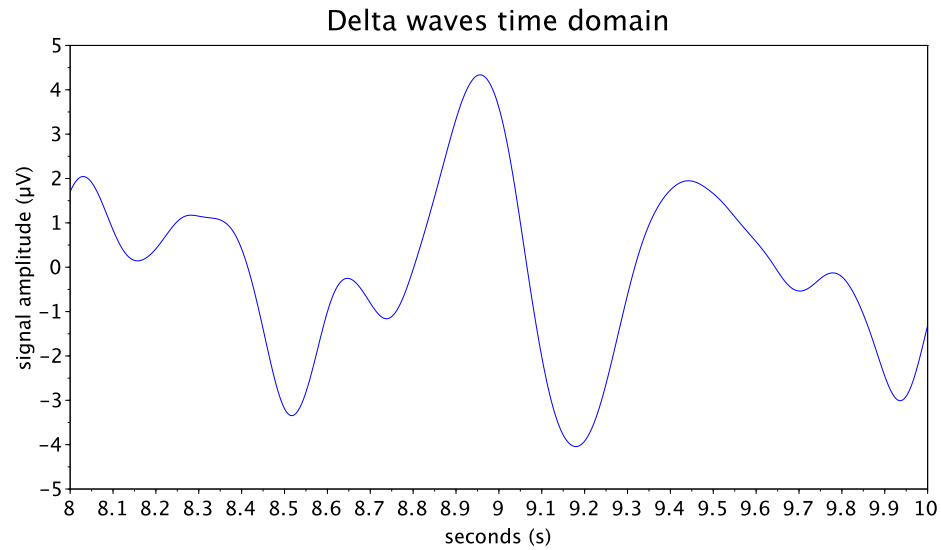
Charakterystyczne częstotliwości dla fal delta to częstotliwości poniżej 4 Hz. Amplituda tychże fal wynosi 50  $\mu$ V.

Fale delta występują podczas snu. W trzeciej i czwartej fazie snu obserwuje się wzrost amplitudy powyżej 75  $\mu$ V. Poza stanem uśpienia u dzieci oraz w fazach głębokiej medytacji również da się zarejestrować fale delta.

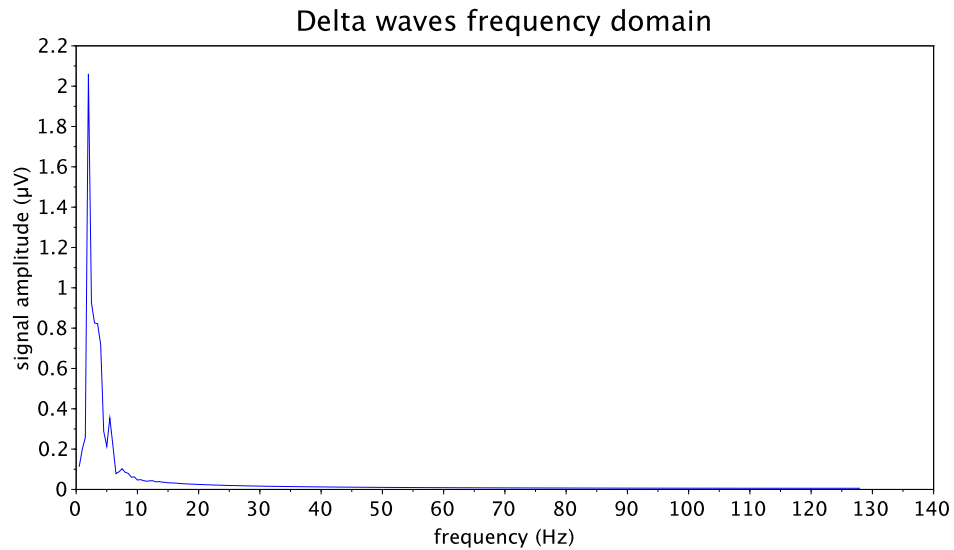
Z przyczyn technicznych do tego zadania założono zakres częstotliwości dla fal delta od 1 do 4 Hz.

Na potrzeby tego zadania wybrana została elektroda C19 (83). Znajduje się ona w części czołowej czaszki. Poniżej zaprezentowano 2-sekundowy przebieg w dziedzinie czasu dla fal alfa dla tejże elektrody. Przedstawiono też na wykresie widmo tego 2-sekundowego fragmentu dla wspomnianej elektrody C19. Dane te dotyczą 8-10 sekundy badania.

## 5.2 Fale delta dla elektrody C19 (83)



Rysunek 8: Odczyt EEG z elektrody C19 w dziedzinie czasu



Rysunek 9: Odczyt EEG z elektrody C19 w dziedzinie częstotliwości

## 6 Fale theta ( $\theta$ )

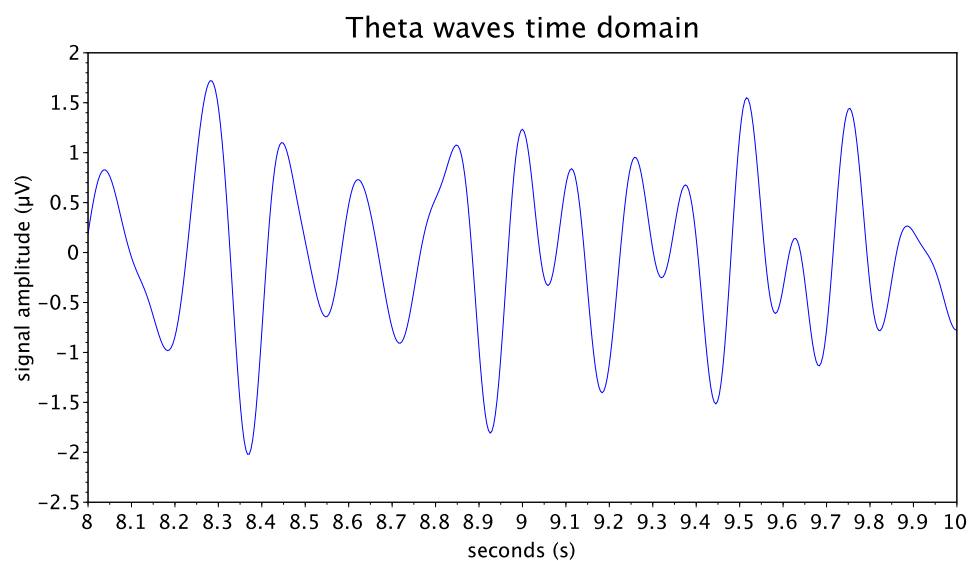
### 6.1 Czym są i gdzie występują fale theta

Zakres częstotliwości dla fal theta to 4-7 Hz. Amplituda fal w tym zakresie to 30  $\mu$ V. Obserwuje się je głównie u dzieci. Fale theta zanikają w okresie dojrzewania. Fale o tej częstotliwości można też wywołać u osób dorosłych za pomocą hiperwentylacji. Również w czasie płytkiego snu czy drzemki rytm theta daje się zarejestrować.

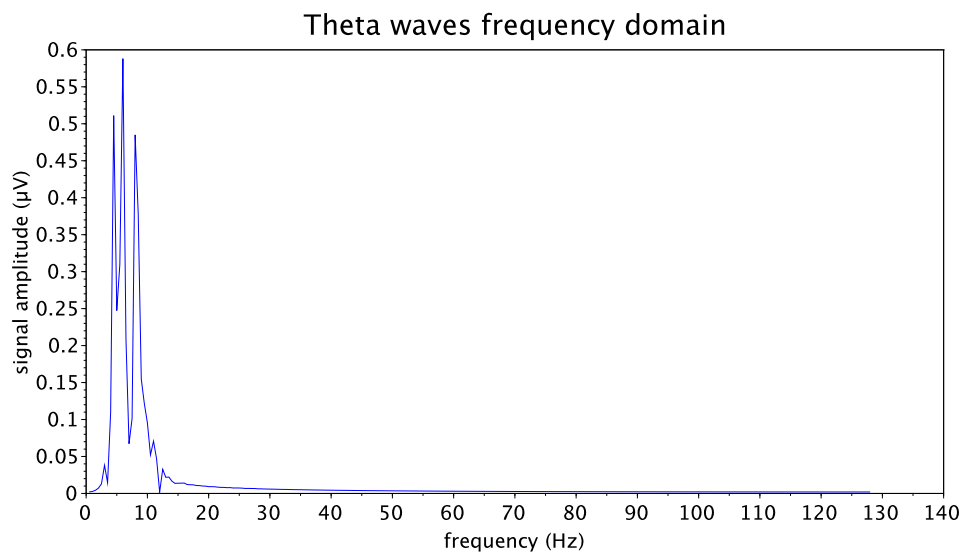
Fale theta występują w przyśrodkowej przedniej części mózgu.

Na potrzeby tego zadania wybrana została elektroda D19 (115). Znajduje się ona w części czołowej czaszki. Poniżej zaprezentowano 2-sekundowy przebieg w dziedzinie czasu dla fal alfa dla tejże elektrody. Przedstawiono też na wykresie widmo tego 2-sekundowego fragmentu dla wspomnianej elektrody D19. Dane te dotyczą 8-10 sekundy badania.

## 6.2 Fale theta dla elektrody D19 (115)



Rysunek 10: Odczyt EEG z elektrody D19 w dziedzinie czasu



Rysunek 11: Odczyt EEG z elektrody D19 w dziedzinie częstotliwości

## 7 Skrypt wraz z komentarzem

```
1  //////////////////////////////////////
2  //
3  // This script operates on data
4  // from a 128-electrodes EEG
5  //
6  //////////////////////////////////////
7
8
9  //////////////////////////////////////
10 // variables declaration
11 //////////////////////////////////////
12
13
14 //// use either csv file or mat file to
15 //// create variable EEGdata
16 //EEGdata=csvRead(" eeg_128.csv");
17 loadmatfile("zajecia.mat");
18
19 Fs=256;
20
21 second_begin=8;
22 second_end=10;
23
24 t=(second_begin:1/Fs:second_end);
25
26 plots_width=1400;
27 plots_height=800;
28
29 alpha_lower=8;
30 alpha_upper=13;
31 beta_lower=13;
32 beta_upper=30;
33 gamma_lower=30;
34 gamma_upper=80;
35 delta_lower=1;
36 delta_upper=4;
37 theta_lower=4;
38 theta_upper=8;
39
40 alpha_electrode=21
41 beta_electrode=85
42 gamma_electrode=3
43 delta_electrode=83
44 theta_electrode=115
45
46
47 filter_order=4;
48
49 alpha_filter = iir(filter_order, 'bp', 'butt', [alpha_lower/Fs,
50     alpha_upper/Fs], []);
51 beta_filter = iir(filter_order, 'bp', 'butt', [beta_lower/Fs,
52     beta_upper/Fs], []);
53 gamma_filter = iir(filter_order, 'bp', 'butt', [gamma_lower/Fs,
54     gamma_upper/Fs], []);
55 delta_filter = iir(filter_order, 'bp', 'butt', [delta_lower/Fs,
```

```

        delta_upper/Fs],[]);
53 theta_filter = iir(filter_order,'bp','butt',[theta_lower/Fs,
        theta_upper/Fs],[]);
54
55 // specify the height and the width of EEG data set
56 [row_eeg col_eeg]=size(EEGdata);
57
58 ////
59 alpha_data = EEGdata(alpha_electrode,:);
60 alphaF = flts(alpha_data,alpha_filter);
61 alpha_x_sec = alphaF(1,second_begin*Fs:1:second_end*Fs);
62 alpha_Y = abs(2*fft(alphaF(1,1+second_begin*Fs:second_end*Fs))./
        length(alphaF(1,1+second_begin*Fs:second_end*Fs))); //FFT
        signal second_begin to second_end second
63 alpha_f = 1/2:1/2:128; // frequency axis creation
64
65 beta_data = EEGdata(beta_electrode,:);
66 betaF = flts(beta_data,beta_filter);
67 beta_x_sec = betaF(1,second_begin*Fs:1:second_end*Fs);
68 beta_Y = abs(2*fft(betaF(1,1+second_begin*Fs:second_end*Fs))./
        length(betaF(1,1+second_begin*Fs:second_end*Fs)));
69 beta_f = 1/2:1/2:128; // frequency axis creation
70
71
72 gamma_data = EEGdata(gamma_electrode,:);
73 gammaF = flts(gamma_data,gamma_filter);
74 gamma_x_sec = gammaF(1,second_begin*Fs:1:second_end*Fs);
75 gamma_Y = abs(2*fft(gammaF(1,1+second_begin*Fs:second_end*Fs))./
        length(gammaF(1,1+second_begin*Fs:second_end*Fs)));
76 gamma_f = 1/2:1/2:128; // frequency axis creation
77
78
79 delta_data=EEGdata(delta_electrode,:);
80 deltaF = flts(delta_data,delta_filter);
81 delta_x_sec = deltaF(1,second_begin*Fs:1:second_end*Fs);
82 delta_Y=abs(2*fft(deltaF(1,1+second_begin*Fs:second_end*Fs))./
        length(deltaF(1,1+second_begin*Fs:second_end*Fs)));
83 delta_f=1/2:1/2:128; // frequency axis creation
84
85
86 theta_data=EEGdata(theta_electrode,:);
87 thetaF = flts(theta_data,theta_filter);
88 theta_x_sec = thetaF(1,second_begin*Fs:1:second_end*Fs);
89 theta_Y=abs(2*fft(thetaF(1,1+second_begin*Fs:second_end*Fs))./
        length(thetaF(1,1+second_begin*Fs:second_end*Fs)));
90 theta_f=1/2:1/2:128; // frequency axis creation
91
92
93 ///////////////////////////////////////////////////
94 //          plotting data          //
95 ///////////////////////////////////////////////////
96
97 ///////////////
98 // alpha //
99 ///////////////
100
101 // alpha-time plot

```

```

102 f1=scf(1);
103 f=get("current_figure")
104 f.figure_size=[plots_width, plots_height]
105 a=gca();
106 a.font_size=5;
107 title("Alpha waves time domain", "fontsize", 6);
108 xlabel("seconds (s)", "fontsize", 5);
109 ylabel("signal amplitude ( V )", "fontsize", 5);
110 //subplot(521);
111 plot(t, alpha_x_sec(1,:))
112
113 // alpha_freq plot
114 f1=scf(11);
115 f=get("current_figure")
116 f.figure_size=[plots_width, plots_height]
117 a=gca();
118 a.font_size=5;
119 title("Alpha waves frequency domain", "fontsize", 6);
120 xlabel("frequency (Hz)", "fontsize", 5);
121 ylabel("signal amplitude ( V )", "fontsize", 5);
122 //subplot(522);
123 plot(alpha_f(1,1:256), alpha_Y(1,1:256));
124
125 // alpha_raw plot
126 //plot(EEGdata(alpha_electrode,1+second_begin*256:second_end*256));
    //raw signal alpha
127
128 ///////////////
129 // beta //
130 ///////////////
131
132 // beta_time plot
133 f1=scf(2);
134 f=get("current_figure")
135 f.figure_size=[plots_width, plots_height]
136 a=gca();
137 a.font_size=5;
138 title("Beta waves time domain", "fontsize", 6);
139 xlabel("seconds (s)", "fontsize", 5);
140 ylabel("signal amplitude ( V )", "fontsize", 5);
141 //subplot(523);
142 plot(t, beta_x_sec(1,:))
143
144 // beta_freq plot
145 f1=scf(22);
146 f=get("current_figure")
147 f.figure_size=[plots_width, plots_height]
148 a=gca();
149 a.font_size=5;
150 title("Beta waves frequency domain", "fontsize", 6);
151 xlabel("frequency (Hz)", "fontsize", 5);
152 ylabel("signal amplitude ( V )", "fontsize", 5);
153 //subplot(524);
154 plot(beta_f(1,1:256), beta_Y(1,1:256));
155
156 // beta_raw plot
157 //plot(EEGdata(beta_electrode,1+second_begin*256:second_end*256));

```



```

        //raw signal beta
158
159 ///////////////
160 // gamma //
161 ///////////////
162
163 // gamma_time plot
164 fl=scf(3);
165 f=get("current_figure")
166 f.figure_size=[plots_width, plots_height]
167 a=gca();
168 a.font_size=5;
169 title("Gamma waves time domain", "fontsize", 6);
170 xlabel("seconds (s)", "fontsize", 5);
171 ylabel("signal amplitude ( V )", "fontsize", 5);
172 //subplot(525);
173 plot(t, gamma_x_sec(1,:))
174
175 // gamma_freq plot
176 fl=scf(33);
177 f=get("current_figure")
178 f.figure_size=[plots_width, plots_height]
179 a=gca();
180 a.font_size=5;
181 title("Gamma waves frequency domain", "fontsize", 6);
182 xlabel("frequency (Hz)", "fontsize", 5);
183 ylabel("signal amplitude ( V )", "fontsize", 5);
184 //subplot(526);
185 plot(gamma_f(1,1:256), gamma_Y(1,1:256));
186
187 // gamma_raw plot
188 //plot(EEGdata(gamma_electrode,1+second_begin*256:second_end*256));
        //raw signal gamma
189
190 ///////////////
191 // delta //
192 ///////////////
193
194 // delta_time plot
195 fl=scf(4);
196 f=get("current_figure")
197 f.figure_size=[plots_width, plots_height]
198 a=gca();
199 a.font_size=5;
200 title("Delta waves time domain", "fontsize", 6);
201 xlabel("seconds (s)", "fontsize", 5);
202 ylabel("signal amplitude ( V )", "fontsize", 5);
203 //subplot(527);
204 plot(t, delta_x_sec(1,:))
205
206 // delta_freq plot
207 fl=scf(44);
208 f=get("current_figure")
209 f.figure_size=[plots_width, plots_height]
210 a=gca();
211 a.font_size=5;
212 title("Delta waves frequency domain", "fontsize", 6);

```

```

213 xlabel("frequency (Hz)","fontsize",5);
214 ylabel("signal amplitude ( V )","fontsize",5);
215 //subplot(528);
216 plot(delta_f(1,1:256),delta_Y(1,1:256));
217
218 // delta_raw plot
219 //plot(EEGdata(delta_electrode,1+second_begin*256:second_end*256));
    /raw signal delta
220
221 ///////////////
222 // theta //
223 ///////////////
224
225 // theta_time plot
226 fl=scf(5);
227 f=get("current_figure")
228 f.figure_size=[plots_width,plots_height]
229 a=gca();
230 a.font_size=5;
231 title("Theta waves time domain","fontsize",6);
232 xlabel("seconds (s)","fontsize",5);
233 ylabel("signal amplitude ( V )","fontsize",5);
234 //subplot(529);
235 plot(t,theta_x_sec(1,:))
236
237 // theta_freq plot
238 fl=scf(55);
239 f=get("current_figure")
240 f.figure_size=[plots_width,plots_height]
241 a=gca();
242 a.font_size=5;
243 title("Theta waves frequency domain","fontsize",6);
244 xlabel("frequency (Hz)","fontsize",5);
245 ylabel("signal amplitude ( V )","fontsize",5);
246 //subplot(5,2,10);
247 plot(theta_f(1,1:256),theta_Y(1,1:256));
248
249 // theta_raw plot
250 //plot(EEGdata(theta_electrode,1+second_begin*256:second_end*256));
    /raw signal theta
251
252
253 ///////////////
254 // exporting //
255 ///////////////
256
257 xs2pdf(1,'alpha_time');
258 //xs2pdf(gcf(),filename);
259 xs2pdf(11,'alpha_freq');
260
261 xs2pdf(2,'beta_time');
262 xs2pdf(22,'beta_freq');
263
264 xs2pdf(3,'gamma_time');
265 xs2pdf(33,'gamma_freq');
266
267 xs2pdf(4,'delta_time');

```

```
268  xs2pdf(44, 'delta_freq');
269
270  xs2pdf(5, 'theta_time');
271  xs2pdf(55, 'theta_freq');
```

## Literatura

- [1] Augustyniak P., *Przetwarzanie sygnałów elektrodiagnostycznych*, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, 2001.
- [2] [http://www.biosemi.com/pics/cap\\_128\\_layout\\_medium.jpg](http://www.biosemi.com/pics/cap_128_layout_medium.jpg)
- [3] <http://frontalcortex.com/images/eeg/1020labels.jpg>
- [4] <http://zasoby.open.agh.edu.pl/10swlabaj/fourier/skladowe.html>
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Electroencephalography>
- [6] [https://brain.fuw.edu.pl/edu/EEG:Metody\\_analizy\\_sygna%C5%82%C3%B3w\\_EEG-\\_analiza\\_w\\_dziedzinie\\_czasu](https://brain.fuw.edu.pl/edu/EEG:Metody_analizy_sygna%C5%82%C3%B3w_EEG-_analiza_w_dziedzinie_czasu)
- [7] [http://en.wikipedia.org/wiki/10-20\\_system\\_%28EEG](http://en.wikipedia.org/wiki/10-20_system_%28EEG)