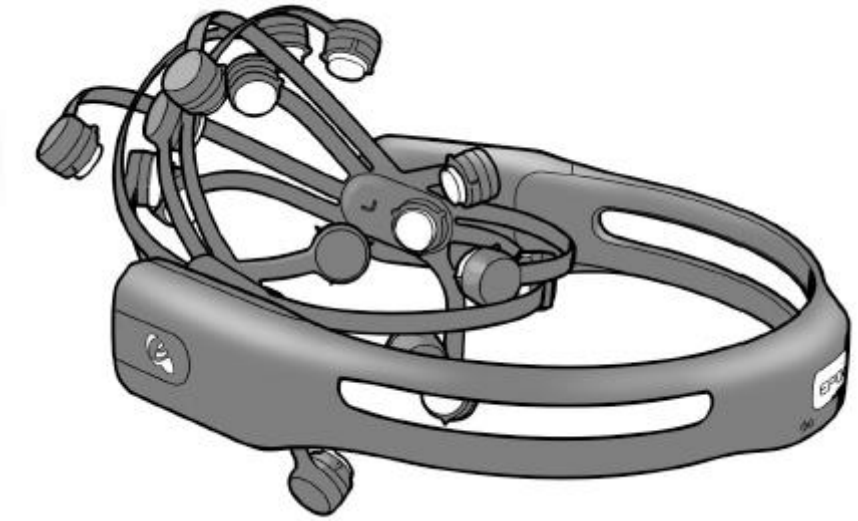
Příloha 4

MANUÁL PRO PRÁCI SE ZAŘÍZENÍM EMOTIV EPOC+ A NÁSLEDNÉ ZPRACOVÁNÍ A ANALÝZU EEG DAT



OBSAH

1 ÚDRŽBA ZAŘÍZENÍ EMOTIV EPOC+ 4

1.1 NABÍJENÍ HEADSETU 5

1.2 HYDRATACE HEADSETU 5

2 MĚŘENÍ DAT 6

2.1 INFORMOVANÝ SOUHLAS 6

2.2 NASAZENÍ SENZORŮ 6

2.3 SPÁROVÁNÍ HEADSETU S POČÍTAČEM 6

2.4 INSTALACE ZAŘÍZENÍ NA HLAVU 7

2.5 AKTIVACE SENZORŮ 7

2.6 EXPERIMENT 8

3 PŘEDZPRACOVÁNÍ DAT 9

3.1 IMPORT DAT 9

3.2 NAHRÁNÍ SOUBORU .CED 10

3.3 ODSTRANĚNÍ ARTEFAKTŮ 12

3.4 ANALÝZA NEZÁVISLÝCH KOMPONENT 12

3.5 ODSTRANĚNÍ KOLÍSÁNÍ NULOVÉ IZOLINIE 13

3.6 FILTRACE DO VLNOVÝCH PÁSEM 13

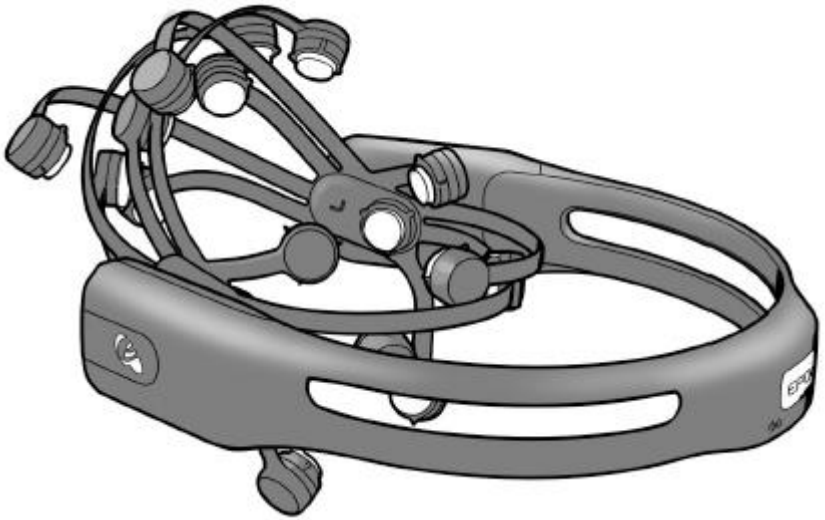
3.7 EXPORT DAT 14

3.8 SKRIPT 15
4 EXTRAKCE CHARAKTERISTICKÝCH RYSŮ 16
4.1 IMPORT DAT 16
4.2 FOURIEROVA TRANSFORMACE 17
4.3 VÝKONNOVÉ SPEKTRUM SIGNÁLU 17
4.4 PRŮMĚRNÁ HODNOTA VÝKONOVÉHO SPEKTRA 17
4.5 EXPORT DAT 18
4.6 SKRIPT 18
5 KLASIFIKACE DAT 19
5.1 PŘÍPRAVA DAT 19
5.2 TRÉNOVÁNÍ DAT 19
5.3 EXPORT KLASIFIKAČNÍHO MODELU 21
5.4 POUŽITÍ KLASIFIKAČNÍHO MODELU 22

1 ÚDRŽBA ZAŘÍZENÍ EMOTIV EPOC+

EPOC+ je bezdrátový 14kanálový EEG neuroheadset sloužící zejména pro BCI aplikace, ale jeho nadstavbou je i vestavěné měření úrovní vybraných emocí. Součástí balení nutného pro provoz zařízení jsou:

- Headset se zabudovaným lithiovým akumulátorem (obr. 1.1),
- USB bezdrátový přijímač (obr. 1.2),
- balení 16 vyměnitelných senzorů (obr. 1.3),
- solný roztok (obr. 1.4),
- kabel s mini USB konektorem (obr. 1.5).

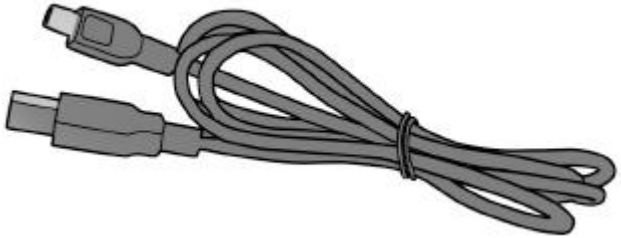


Obr. 1.1: Headset Emotiv EPOC+

Obr. 1.2: USB bezdrátový přijímač

Obr. 1.3: Balení 16 vyměnitelných senzorů

Obr. 1.4: Solný roztok

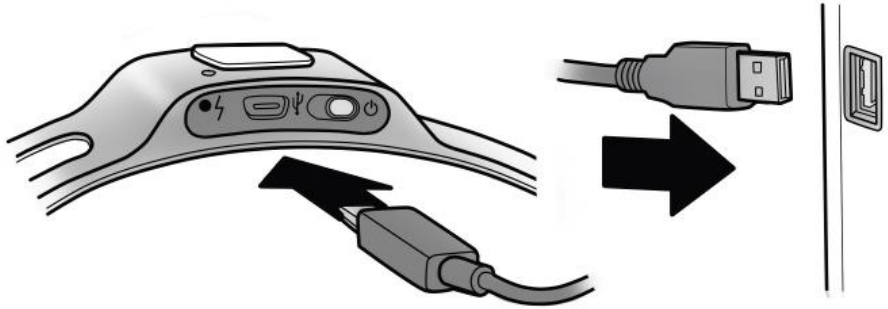


Obr. 1.5: Kabel s mini USB konektorem

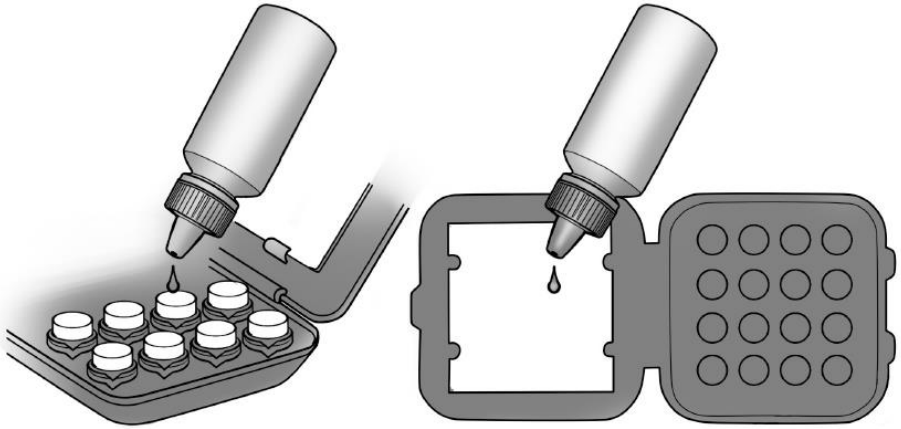
Pro úspěšné provozování headsetu Emotiv EPOC+ je nutné provádět dva kroky údržby – nabíjení a hydratace senzorů.

1.1 NABÍJENÍ HEADSETU

Nabíjení headsetu se provádí pomocí kabelu s mini USB konektorem (obr. 1.6). Doba plného nabití baterie jsou přibližně 4 hodiny. Při nabíjení se v zadní části headsetu rozsvítí červená LED dioda. Pokud je zařízení plně nabito, změní se barva diody na zelenou. Nabíjení musí být prováděno pouze pokud je headset vypnut.



Obr. 1.6: Nabíjení headsetu pomocí mini USB kabelu



Obr. 1.7: Hydratace senzorů solným roztokem

1.2 HYDRATACE HEADSETU

Senzory, které se připevňují na headset, musí být při měření dat navlhčené z důvodu zlepšeného přenosu signálu. K průběžné hydrataci senzorů slouží hydratační balení s polštářkem, který se musí napustit solným roztokem (obr. 1.7). Kvůli dlouhodobé hydrataci senzorů je možné, že na nich vznikne ušlechtilá rez zelené barvy jako produkt solného roztoku a polymeru na senzoru. Taková rez je naprosto přirozená a neměla by ovlivnit kvalitu měření. Odstranění rzi je možné pomocí vatových tamponů napuštěných isopropylalkoholem. Není přípustné oddělávat rez ostrými předměty, které mohou kromě rzi odstranit i vrstvu vodivého kovu, čímž by mohlo dojít k porušení funkčnosti senzoru.

2 MĚŘENÍ DAT

V následující kapitole jsou popsány úkony, které jsou důležité pro samotné měření dat.

Software použitý v kapitole:

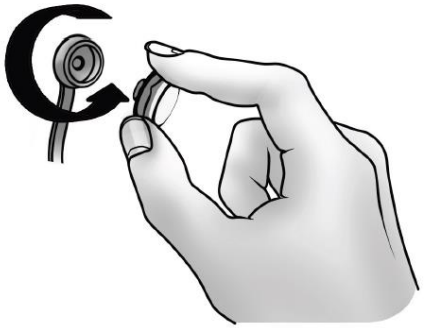
- *EPOC Control Panel™*
- *SMI Experiment Center™ Software*
- *SMI BeGaze™ Eye Tracking Analysis Software*

2.1 INFORMOVANÝ SOUHLAS

Před samotným experimentem, ve kterém bude účastníkům měřeno EEG, je nutné požádat účastníka o podepsání formuláře informovaného souhlasu. Tento formulář je nutné dát k podepsání před každým EEG experimentem. Získání podepsaného formuláře je nutné vzhledem ke skutečnosti, že EEG data se považují za osobní a citlivá data. Ve formuláři by se měly objevit informace o průběhu experimentu, o zacházení s daty v souladu se zákonem o ochraně osobních údajů a o tom, že se nejedná o diagnostické vyšetření a nelze tedy zjistit případné mozkové poruchy, které by tam mohly být. Vzor informovaného souhlasu je připojen k diplomové práci jako Příloha 1.

2.2 NASAZENÍ SENZORŮ

Před nasazením senzorů na headset je nutné zkontrolovat zda jsou z hydratačního balení dostatečně vlhké. Pokud nejsou, je třeba na ně přidat 2–3 kapky solného roztoku, což zapříčiní jejich plné nasáknutí. Poté je již možné senzory nasadit na headset. Nasazení probíhá formou přiložení senzoru k „pacičce“ headsetu a pootočení senzoru do pevné polohy (obr. 2.1). Po dokončení měření je nutné senzory z headsetu sejmout a uložit zpět do hydratačního balení.



Obr. 2.1: Nasazení senzoru

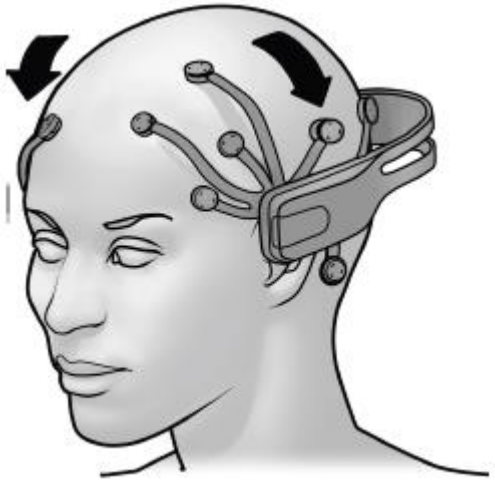
2.3 SPÁROVÁNÍ HEADSETU S POČÍTAČEM

Dalším nutným krokem je spárování headsetu s počítačem. To probíhá bezdrátově pomocí Bluetooth® Smart technologie. Headset obsahuje zabudovaný bluetooth vysílač, na straně počítače je pak příjem zajištěn pomocí USB bezdrátového přijímače. Spárování je provedeno zasunutím USB bezdrátového přijímače do zdířky počítače a zapnutím headsetu. Informace, zda spárování proběhlo úspěšně či neúspěšně, je viditelná v horní části startovacího okna softwaru EPOC Control Panel™ (obr. 2.2).

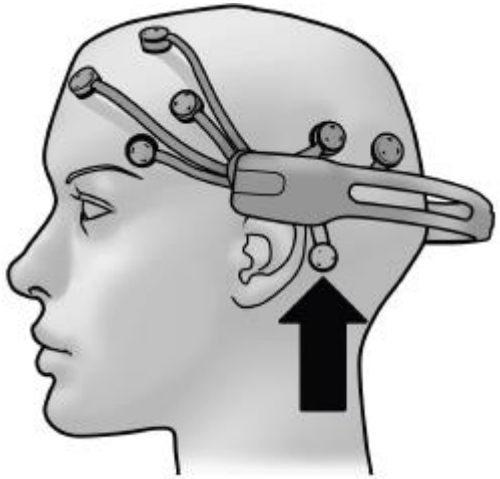
Obr. 2.2: Informace o kvalitě spárovaného signálu v prostředí softwaru EPOC Control panel™

2.4 INSTALACE ZAŘÍZENÍ NA HLAVU

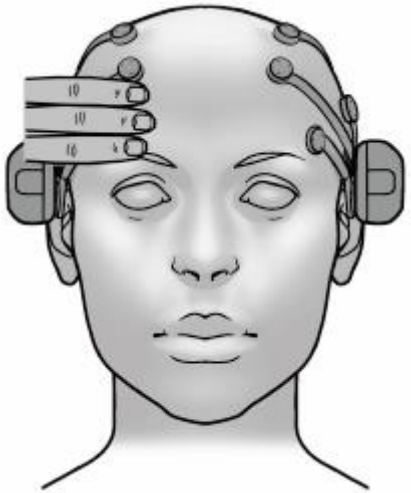
Po propojení headsetu s počítačem je možné jej instalovat na účastníkovu hlavu. Správné umístění headsetu na hlavu je klíčové. Každý senzor má své kódové označení, které reprezentuje konkrétní umístění na lebce. Operátor by měl headset nasadit účastníkovi na hlavu takovým způsobem, kdy pomocí obou rukou pomalým pohybem shora dolů tlačí na headset, který se účastníkovi sesune do správné pozice (obr. 2.3). Kontrolními body pro správné usazení senzorů jsou skalní kosti, na kterých by měly ležet senzory s gumovými polštářky (obr. 2.4). Dva přední senzory (F3, F4) by měly ležet ve vzdálenosti tří prstů od nadočnicového oblouku účastníka (obr. 2.5).



Obr. 2.3: Nasazení headsetu na hlavu



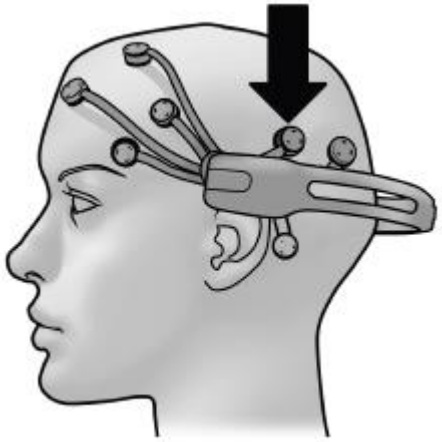
Obr. 2.4: Umístění senzorů s gumovými polštářky na skalní kosti



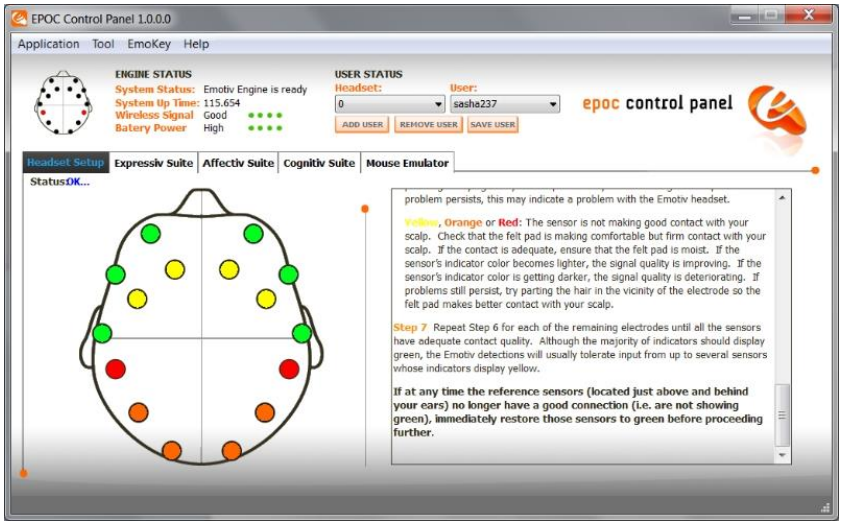
Obr. 2.5: Umístění předních senzorů

2.5 AKTIVACE SENZORŮ

Po nasazení je třeba aktivovat senzory, které již byly napuštěny solným roztokem. Aktivace se provádí lehkým stiskem referenčních elektrod (pozice P3 a P4) a jejich přidržením po dobu 10 až 20 vteřin (obr. 2.6). Během té doby by se měla v softwaru Epoc Control Panel™ zobrazit aktivita a kvalita signálu na jednotlivých senzorech. Úroveň kvality signálu je znázorněna pěti barvami (obr. 2.7) – černá (žádný signál), červená (velmi slabý signál), oranžová (slabý signál), žlutá (dostatečný signál), zelená (ideální signál) – přičemž kvalita signálu na senzoru by měla pro úspěšné měření dosahovat nejhůře žluté barvy. Ve většině případů se nepovede aktivace senzorů na první pokus. V takovém případě je řešením sejmout headset z hlavy, znovu hydratovat senzory a provést opětovnou instalaci headsetu na hlavu.



Obr. 2.6: Referenční senzory, kterými se aktivuje přenos na ostatních senzorech



Obr. 2.7: Zobrazení kvality signálu na senzorech v prostředí Epoc Control Panel™

2.6 EXPERIMENT

Spuštění samotného experimentu probíhá v softwaru SMI Experiment Center™ Software. Pro export dat slouží software SMI BeGaze™ Eye Tracking Analysis Software. Vzhledem k potřebám dalších kroků zpracování dat je nutné nastavit výstupní formát dat jako .TXT. Další exportní možnosti jako .EDF+ jsou také možné, ale pro zpracování obtížnější.

3 PŘEDZPRACOVÁNÍ DAT

Následujícím krokem po naměření dat je předzpracování dat. Hlavním smyslem předzpracování dat je jejich úprava do takové podoby, aby na nich mohla být provedena následná analýza. Celý proces předzpracování dat probíhá v softwaru EEGLAB[1], což je toolbox pro Matlab s GUI (obr. 3.1) sloužící pro zpracování a vizualizaci EEG dat.

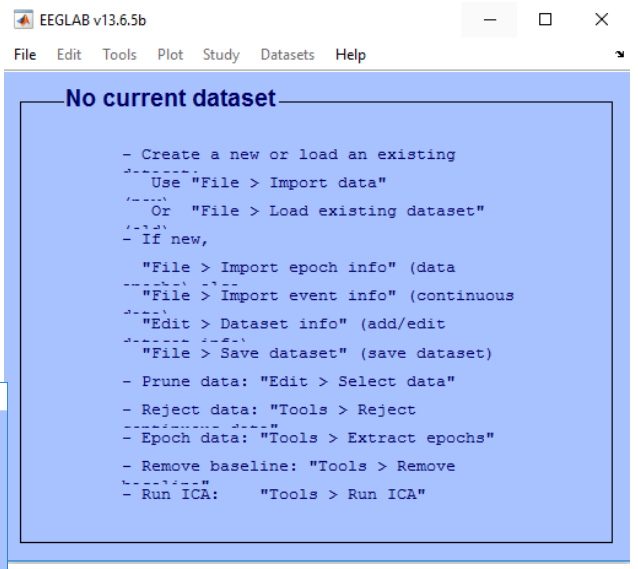
Software použitý v kapitole:

- *EEGLAB toolbox for Matlab*

3.1 IMPORT DAT

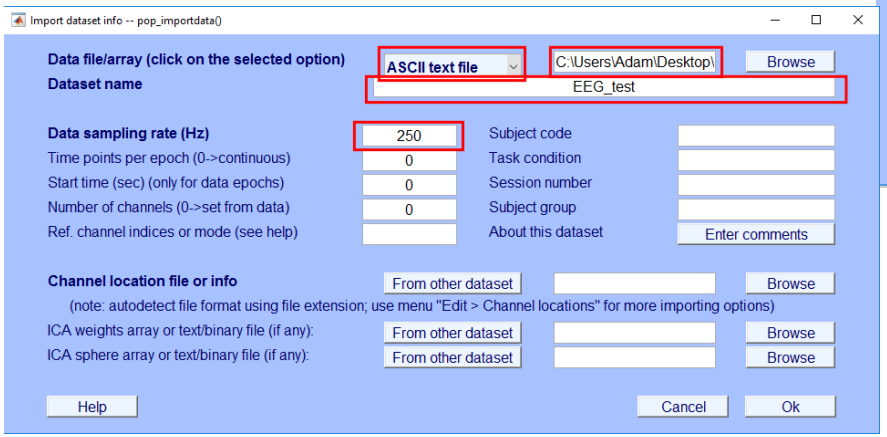
Pro import dat do toolboxu EEGLAB je důležité mít upravený .TXT soubor, který byl získán po naměření dat. Důležité je data rozdělit do více textových souborů pro každého účastníka a každý stimul. Textové soubory musí mít takovou strukturu, kdy v nich je pouze 14 sloupců reprezentující hodnoty z každého senzoru headsetu. Je nepřípustné, aby byly v souboru názvy sloupců či sloupec s údaji o čase. Po upravení souborů do takové podoby je možné je nahrát do prostředí toolboxu EEGLAB pomocí nástroje *From ASCII/float file or Matlab array:*

- File > Import Data > Using EEGLAB functions and plugins > From ASCII/float file or Matlab array.



Obr. 3.1: Startovací okno toolboxu EEGLAB

Po zvolení této funkce se objeví okno, kde je nutné vybrat soubor, který má být nahrán (Data file/array), nastavit jméno souboru pro prostředí toolboxu (Dataset name) a nastavit hodnotu záznamové frekvence v níž byla data naměřena (Data sampling rate (Hz)) (obr. 3.2).



Obr. 3.2: Nastavení parametrů při nahrávání .TXT souboru do toolboxu EEGLAB

[1] https://sccn.ucsd.edu/eeglab/

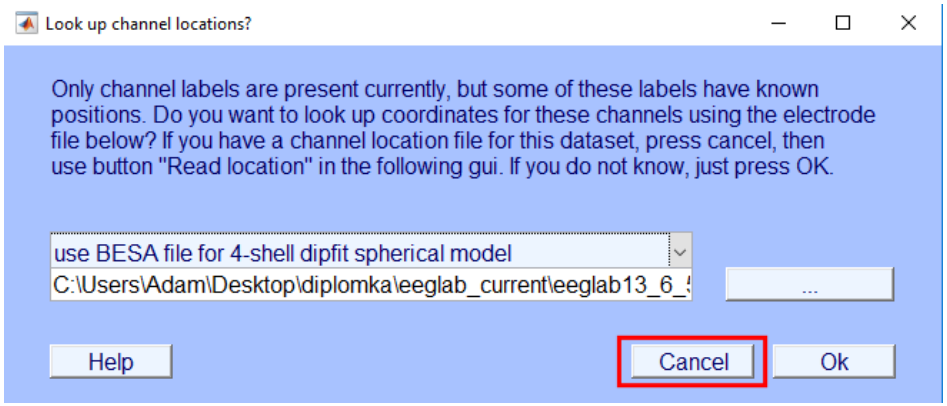
Hodnota sampling rate je odvozeno od záznamové frekvence zařízení Emotiv EPOC+. Pokud je při experimentu zařízení propojeno i s eye-trackerem, přebírá frekvenci eye-trackeru.

3.2 NAHRÁNÍ SOUBORU .CED

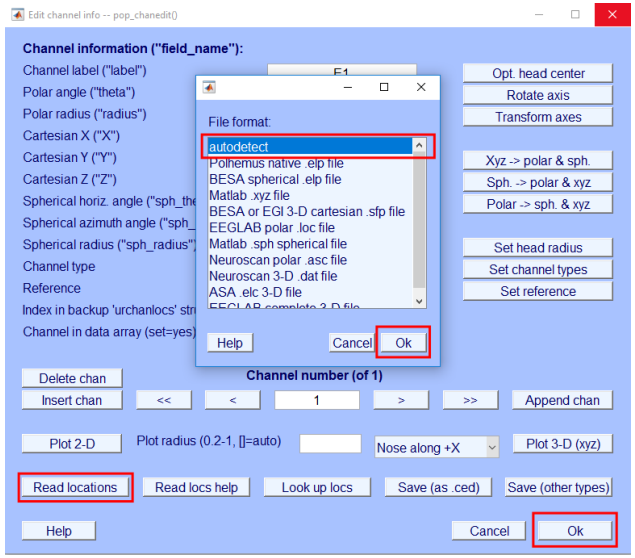
Dalším krokem je lokalizace jednotlivých senzorů na lebce. Pro tuto lokalizaci je nutné mít soubor s údajemi o pozici každého senzoru na lebce. Jedná se o soubor formátu .CED, který lze otevřít a upravovat v libovolném textovém editoru. Struktura souboru včetně vyplněných hodnot o poloze senzorů je zobrazena na str. 11 a také je dostupná v elektronické formě jako součást DVD Přílohy 6 diplomové práce. Tento soubor lze nahrát pomocí nástroje *Channel locations:*

- Edit > Channel locations.

Po kliknutí na nástroj se objeví okno s dotazem, zda chceme vyhledat lokaci kanalů. Zde je důležité zvolit možnost *Cancel* (obr. 3.3). Poté se otevře nové okno, kde je možné editovat lokaci jednotlivých kanálů. V tomto okně se zvolí načtení lokací (Read locations) a zvolí se cesta k souboru .CED (obr. 3.4). Po potvrzení cesty a zanechání možnosti automatické detekce (autodetect) se načtou lokace jednotlivých senzorů.



Obr. 3.3: První okno, které se zobrazí po zvolení nástroje Channel locations



Obr. 3.4: Nahrání souboru .CED

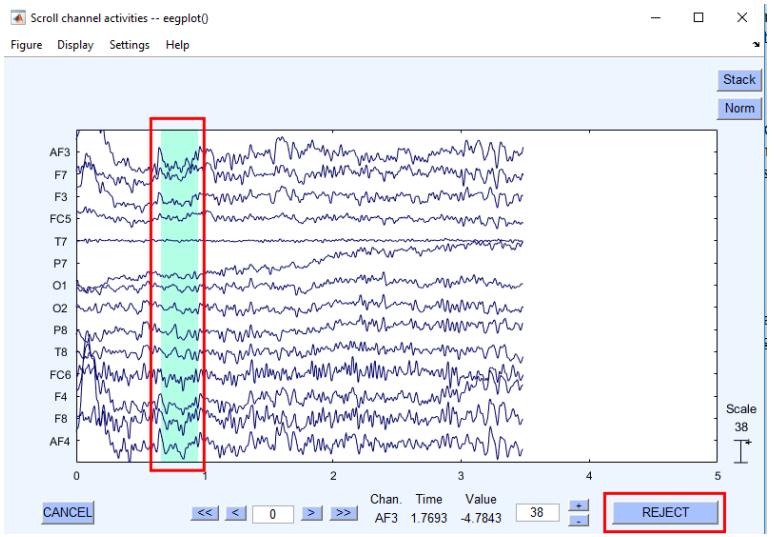
Number	labels	theta	radius	X	Y	Z	sph_theta	sph_phi	sph_radius	type
1	AF3	-23	0.411	0.885	0.376	0.276	23	16	1	1
2	F7	-54	0.511	0.587	0.809	-0.0349	54	-2	1	2
3	F3	-39	0.333	0.673	0.545	0.5	39	30	1	3
4	FC5	-69	0.394	0.339	0.883	0.326	69	19	1	4
5	T7	-90	0.511	6.12e-17	0.999	-0.0349	90	-2	1	5
6	P7	-126	0.511	-0.587	0.809	-0.0349	126	-2	1	6
7	O1	-162	0.511	-0.95	0.309	-0.0349	162	-2	1	7
8	O2	162	0.511	-0.95	-0.309	-0.0349	-162	-2	1	8
9	P8	126	0.511	-0.587	-0.809	-0.0349	-126	-2	1	9
10	T8	90	0.511	6.12e-17	0.999	-0.0349	-90	-2	1	10
11	FC6	69	0.394	0.339	-0.883	0.326	-69	19	1	11
12	F4	39	0.333	0.673	-0.545	0.5	-39	30	1	12
13	F8	54	0.511	0.587	-0.809	-0.0349	-54	-2	1	13
14	AF4	23	0.411	0.885	-0.376	0.276	-23	16	1	14

3.3 ODSTRANĚNÍ ARTEFAKTŮ

Odstranění artefaktů by mělo být nedílnou součástí předzpracování. Pro odstranění artefaktů lze použít vícero metod, avšak žádná kombinace nepovede k absolutnímu odstranění artefaktů. Přílišné odstranění artefaktů naopak není žádoucí, neboť i data ovlivněná artefaktem mohou nést užitečnou informaci. Jako jedna z variant pro odstranění artefaktů se jeví nástroj *Reject continuous data by eye:*

- Tools > Reject continuous data by eye.

Po zapnutí nástroje se objeví okno s časovým záznamem průběhu EEG dat. Pomocí tahu myší lze označit úsek dat, který je zarušen artefakty a odstranit ho pomocí tlačítka Reject (obr. 3.5). Taková metoda, při které se označí a smaže časový úsek dat pouze na základě vizuálního vjemu, vyžaduje hlubokou a několikaletou znalost v oblasti elektroencefalografie. Další nevýhodou tohoto nástroje je jeho časová náročnost, kdy by se musel u každého textového souboru prohlížet záznam dat a hodnotit, zda se vyskytují artefakty či nikoliv.



Obr. 3.5: Vizuální odstranění dat nástrojem Reject continuous data by eye

3.4 ANALÝZA NEZÁVISLÝCH KOMPONENT

Způsobem, jak odstranit část artefaktů, je použití nástroje *Run ICA:*

- Tools > Run ICA.

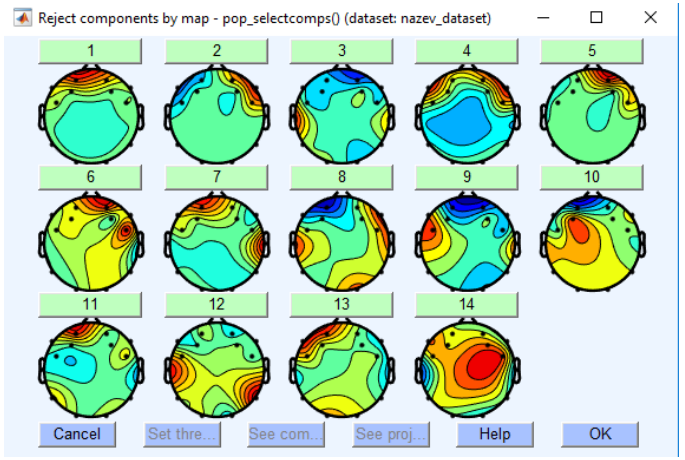
V oblasti zpracování signálů může velice často nastat problém, kdy naměřené signály jsou ovlivněny nějakým faktorem a neodpovídají tedy signálům původním. Jako tento faktor může vystupovat např. nízká selektivita senzoru, která způsobí, že výstup ze senzoru je ve skutečnosti kombinací více signálů. Analýza nezávislých komponent je metoda separace signálů, která odděluje smíchané nezávislé signály. Při spuštění nástroje Run ICA se nastavuje algoritmus, kterým analýza proběhne (obr. 3.6). Stačí ponechat přednastavený algoritmus s názvem runica.

Obr. 3.6: Nastavení algoritmu pro spuštění nástroje Run ICA

Po spuštění nástroje Run ICA vznikne takový počet nezávislých signálů, kolik je senzorů. Původ signálů lze vizualizovat pomocí nástroje *Reject components by map:*

- Tools > Reject data using ICA > Reject components by map

Vizualizována je lokace původu jednotlivých nezávislých komponent, přičemž červená barva značí ohnisko původu (obr. 3.7). V obecné rovině platí, pokud je poloha ohniska blízko nosu, jedná se o artefakt vzniklý mrkáním. Takovou komponentu je tedy vhodné odstranit. Nicméně i v tomto případě platí, že rozpoznání typů a původu nezávislých komponent vyžaduje expertní znalost problematiky.



Obr. 3.7: Mapy původu jednotlivých nezávislých komponent

3.5 ODSTRANĚNÍ KOLÍSÁNÍ NULOVÉ IZOLINIE

Následným krokem po analýze nezávislých komponent je odstranění kolísání nulové izolinie neboli driftu. Jedná se o jev, při kterém se dlouhodobě posouvá úroveň nulové hladiny, což má za následek zkreslení. Tento problém lze odstranit pomocí nástroje *Remove baseline:*

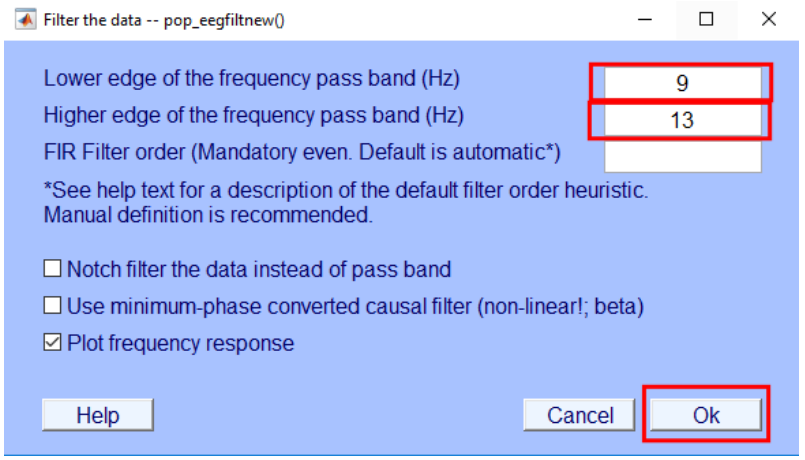
- Tools > Remove baseline,

který odečte od signálu jeho průměrnou hodnotu.

3.6 FILTRACE DO VLNOVÝCH PÁSEM

Rozdílná vlnová pásma nesou různou charakteristiku dat. Z toho důvodu byla dalším krokem filtrace dat dle vlnových pásem δ, θ, α, β a γ. Hraniční hodnoty jednotlivých pásem se liší u různých autorů a publikací, např. Moráň (1995)[2] používá intervaly:

0,5–4 Hz = δ, 5–8 Hz = θ, 9–13 Hz = α, 14–30 Hz = β, 31–50 Hz = γ.



Obr. 3.8: Nastavení hraničních hodnot intervalu při použití nástroje Basic FIR filter

[2] MORÁŇ, Miroslav. *Praktická elektroencefalografie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-7013-203-5.

Pro filtraci dat je v toolboxu EEGlab nástroj *Basic FIR filter:*

- Tools > Filter the data > Basic FIR filter.

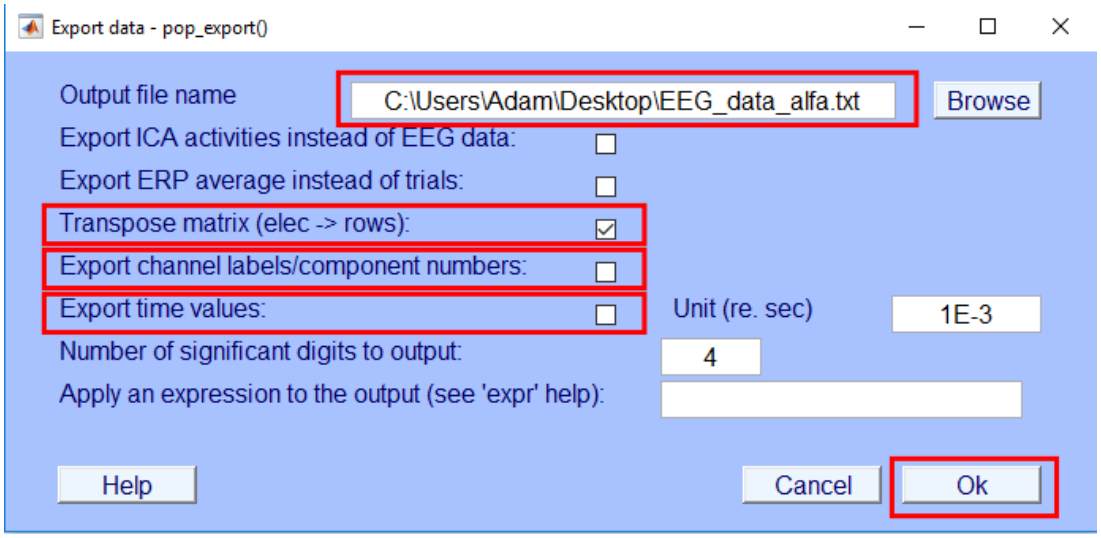
V něm se zadávají dolní a horní hranice vlnových pásem (obr. 3.8). Filtraci je nutné na datasetu provést pětkrát, pro každé vlnové pásmo zvlášť, čímž vznikne pět nových datasetů.

3.7 EXPORT DAT

Výsledných pět datasetů je potřebné z toolboxu EEGlab vyexportovat opět ve formátu .TXT. Pro export slouží nástroj *Data and ICA activity to text file:*

- File > Export > Data and ICA activity to text file.

Vzhledem k požadavkům na strukturu souboru, vzhledem k dalšímu kroku práce, bylo nutné při exportu nastavit transponování struktury výsledného souboru, neboť nativně toolbox EEGLAB exportuje data do řádků, nikoliv sloupců. Stejně tak je nutné změnit export časových značek a popisu sloupců ve výsledném souboru (obr. 3.10).



Obr. 3.9: Nastavení exportu .TXT souboru

3.8 SKRIPT

Výstupem z předzpracování dat je pět textových souborů pro každého uživatele a každý stimul. Vzhledem k očekávanému vysokému objemu dat je nutné proces předzpracování automatizovat. Výhodou automatizace je značná úspora času, nevýhodou pak je nemožnost manuální korekce dat u nástrojů Reject continuous data by eye a Reject components by map. Vzhledem k nízké erudici v oblasti elektroencefalografie je od manuálních úkonů upuštěno ve prospěch automatizace. Byl vytvořen skript, který je spustitelný v příkazovém řádku softwaru Matlab.

```
[ALLEEG EEG CURRENTSET ALLCOM] = eeglab;
EEG = pop_importdata('dataformat','ascii','nbchan',0,'data','absolutní cesta vstupního souboru','setname','eeg','srate',250,'pnts',0,'xmin',0);
% nahrání .TXT souboru
[ALLEEG EEG CURRENTSET] = pop_newset(ALLEEG, EEG, 0,'gui','off');
EEG = eeg_checkset( EEG );
EEG = pop_runica(EEG, 'extended',1,'interupt','on');    % spuštění analýzy nezávislých komponent
[ALLEEG EEG] = eeg_store(ALLEEG, EEG, CURRENTSET);
EEG = eeg_checkset( EEG );
EEG = pop_rmbase( EEG, [0  3484]);      % odstranění kolísání nulové izolinie
[ALLEEG EEG] = eeg_store(ALLEEG, EEG, CURRENTSET);
EEG = pop_eegfiltnew(EEG, 0.5, 4, 1650, 0, [], 1);      %filtrace
[ALLEEG EEG CURRENTSET] = pop_newset(ALLEEG, EEG, 1,'setname','delta','gui','off');
EEG = pop_eegfiltnew(EEG, 5, 8, 414, 0, [], 1);
[ALLEEG EEG CURRENTSET] = pop_newset(ALLEEG, EEG, 2,'setname','theta','gui','off');
EEG = pop_eegfiltnew(EEG, 9, 13, 368, 0, [], 1);
[ALLEEG EEG CURRENTSET] = pop_newset(ALLEEG, EEG, 3,'setname','alfa','gui','off');
EEG = pop_eegfiltnew(EEG, 14, 30, 236, 0, [], 1);
[ALLEEG EEG CURRENTSET] = pop_newset(ALLEEG, EEG, 4,'setname','beta','gui','off');
EEG = pop_eegfiltnew(EEG, 31, 50, 108, 0, [], 1);
[ALLEEG EEG CURRENTSET] = pop_newset(ALLEEG, EEG, 5,'setname','gamma','gui','off');
[ALLEEG EEG CURRENTSET] = pop_newset(ALLEEG, EEG, 6,'retrieve',2,'study',0);
EEG = eeg_checkset( EEG );
pop_export(EEG,'absolutní cesta pro export souboru','transpose','on','elec','off','precision',4); % export souborů
[ALLEEG EEG CURRENTSET] = pop_newset(ALLEEG, EEG, 2,'retrieve',3,'study',0);
EEG = eeg_checkset( EEG );
pop_export(EEG,'absolutní cesta pro export souboru','transpose','on','elec','off','precision',4);
[ALLEEG EEG CURRENTSET] = pop_newset(ALLEEG, EEG, 3,'retrieve',4,'study',0);
EEG = eeg_checkset( EEG );
pop_export(EEG,'absolutní cesta pro export souboru','transpose','on','elec','off','precision',4);
[ALLEEG EEG CURRENTSET] = pop_newset(ALLEEG, EEG, 4,'retrieve',5,'study',0);
EEG = eeg_checkset( EEG );
pop_export(EEG,'absolutní cesta pro export souboru','transpose','on','elec','off','precision',4);
[ALLEEG EEG CURRENTSET] = pop_newset(ALLEEG, EEG, 5,'retrieve',6,'study',0);
EEG = eeg_checkset( EEG );
pop_export(EEG,'absolutní cesta pro export souboru','transpose','on','elec','off','precision',4);
eeglab redraw;
```

4 EXTRAKCE CHARAKTERISTICKÝCH RYSŮ

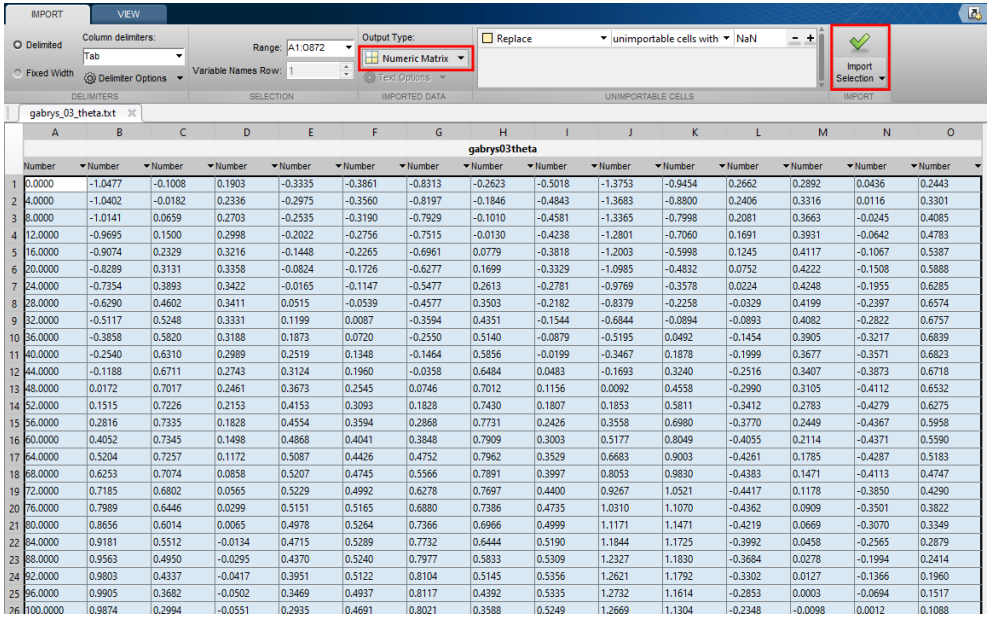
Krokem následujícím po předzpracování dat se stala analýza dat. Hlavním cílem analýzy dat bylo extrahovat charakteristické rysy signálů. Takovým charakteristickým rysem signálu je tzv. výkonové spektrum signálu (power spectral density, zkr. PSD. Postupné kroky v této kapitole směřují k výpočtu PSD. Veškeré výpočty fáze analýzy dat byly výlučně prováděny v softwaru Matlab.

Software použitý v kapitole:

- *Matlab*

4.1 IMPORT DAT

Data do prostředí softwaru Matlab je nutné nejdříve nahrát. K tomu slouží nástroj *Import Data*, který se nachází v horní části v pásu karet (obr. 4.1). Po výběru cesty k textovému souboru, který má být nahrán, se otevře nové okno, kde je důležité vybrat formát, v jakém budou data reprezentována v prostředí Matlab. Tímto formátem by měla být matice (obr. 4.2). Po úspěšném nahrání se data zobrazí v okně Workspace.



Obr. 4.1: Nastavení importu dat

Obr. 4.2: Nástroj Import Data na pásu karet v softwaru Matlab

4.2 FOURIEROVA TRANSFORMACE

Prvním krokem po nahrání dat do prostředí Matlab je rychlá Fourierova transformace (FFT). Fourierova transformace je základním nástrojem pro zpracování signálů. Smyslem Fourierovy transformace je převod signálu z časové domény na frekvenční doménu. Rychlá varianta transformace se nazývá rychlá Fourierova transformace. V softwaru Matlab odpovídá rychlé Fourierově transformaci funkce fft.

Pro provedení rychlé Fourierovy transformace stačí napsat do příkazového okna (Command Window) softwaru Matlab příkaz v podobě:

- Y=fft(název importovaných dat)

Potvrzením příkazu pomocí klávesy enter se na datech vypočítá Fourierova transformace a uloží se do okna Workspace jako proměnná s názvem Y.

4.3 VÝKONNOVÉ SPEKTRUM SIGNÁLU

Po výpočtu rychlé Fourierově transformaci, je možné na datech vypočítat výkonové spektrum signálu. Výkonové spektrum odpovídá na otázku, které frekvence daného signálu obsahují výkon signálu. Jinými slovy, výkonové spektrum je funkce, která nám říká, jaká část výkonu je nesena jakými frekvenčními složkami. Výkonové spektrum se udává ve wattech na hertz. Matematicky je výkonové spektrum vyjádřeno jako druhá mocnina hodnoty frekvence ve frekvenční doméně.

Vzhledem ke skutečnosti, že frekvenční doména byla získána pomocí Fourierovy transformace, výkonnové spektrum bude získáno pokud proměnná Y bude umocněna:

- PS=abs(Y).^2

Potvrzením příkazu pomocí klávesy enter se na proměnné Y vypočítá výkonnové spektrum a uloží se do okna Workspace jako proměnná s názvem PS.

4.4 PRŮMĚRNÁ HODNOTA VÝKONOVÉHO SPEKTRA

Doposud probíhaly výpočty takovým způsobem, že každý EEG signál vystupující z předzpracování, je v prostředí Matlab reprezentován maticí. Vzhledem k závěrečnému kroku celého postupu prací, jímž je klasifikace dat, je nutné každý EEG signál převést na jedno číslo, neboť použitý klasifikátor nemá možnost použít celou matici jako charakteristiku daného signálu. Z toho důvodu musí být z výkonového spektra vypočítána jeho průměrná hodnota. Tato hodnota pak bude reprezentovat hlavní charakteristiku signálu při závěrečné klasifikaci dat.

Pro výpočet průměrné hodnoty slouží v softwaru Matlab funkce mean. Do příkazového okna se vloží příkaz v podobě:

- M=mean(PS)

Potvrzením příkazu pomocí klávesy enter se na proměnné PS vypočítá průměrná hodnota výkonnového spektra a uloží se do okna Workspace jako proměnná s názvem M.

4.5 EXPORT DAT

Výsledná data s hodnotami průměrného výkonového spektra pro každý senzor je nutné vyexportovat. Pro export se vzhledem k potřebám další práce jako nejvhodnější jeví soubor .MAT. Pro export dat je vhodné použít funkci save. Příkaz pro uložení souboru má podobu:

- save relativní cesta pro export souboru.mat M

4.6 SKRIPT

Výše sepsané kroky je nutné opakovat pro každého účastníka a každý stimul experimentu. Vzhledem k velmi vysokému počtu vstupních souborů (pro každý stimul a účastníka pět souborů s EEG daty rozdělených do vlnových pásem δ, θ, α, β, γ) a nutnosti opakovat proces pro každý soubor zvlášť, je vhodné proces extrakce charakteristických rysů opět převést do podoby skriptu za účelem automatizace procesu.

```
x=load('relativní cesta importovaného souboru')
y=fft(x)
PS=abs(y).^2
M=mean(PS)
save relativní cesta exportovaného souboru.mat M
clear
```

5 KLASIFIKACE DAT

Závěrečným krokem celého zpracování dat je klasifikace dat. Smyslem klasifikace je roztřídění charakteristických rysů EEG dat do klasifikačních tříd. Klasifikace probíhá v aplikaci Classification Learner, což je aplikace implementovaná v softwaru Matlab.

Software použitý v kapitole:

- *Aplikace Classification Learner v prostředí Matlab*
- *Matlab*

5.1 PŘÍPRAVA DAT

Před samotnou klasifikací a trénováním je nutné si data připravit do odpovídající podoby. Vzhledem k potřebám aplikace Classification Learner je potřeba mít veškerá data, která jsou určená k trénování, v jedné matici. Data pocházející od jednoho účastníka a jednoho stimulu, rozdělená do pěti souborů δ, θ, α, β a γ, je nyní nutné spojit horizontálně spojit. K tomu slouží funkce horzcat. Po spojení vznikne matice o jednom řádku a 70 sloupcích, neboť sloupce představují 14 EEG senzorů v každém vlnovém pásmu (14 × 5 = 70). Po provedení horizontálního spojení u každého stimulu, je nutné tyto stimuly spojit do matice navzájem a to vertikálně. K tomu slouží funkce vertcat. Po propojení veškerých stimulů, které vstupují do trénování dat je nutné k matici připojit ještě jeden sloupec, ve kterém jsou numerickými hodnotami vyjádřeny klasifikační třídy. Výsledná matice tedy obsahuje tolik řádků, kolik je stimulů vstupujících do trénování dat a 71 sloupců.

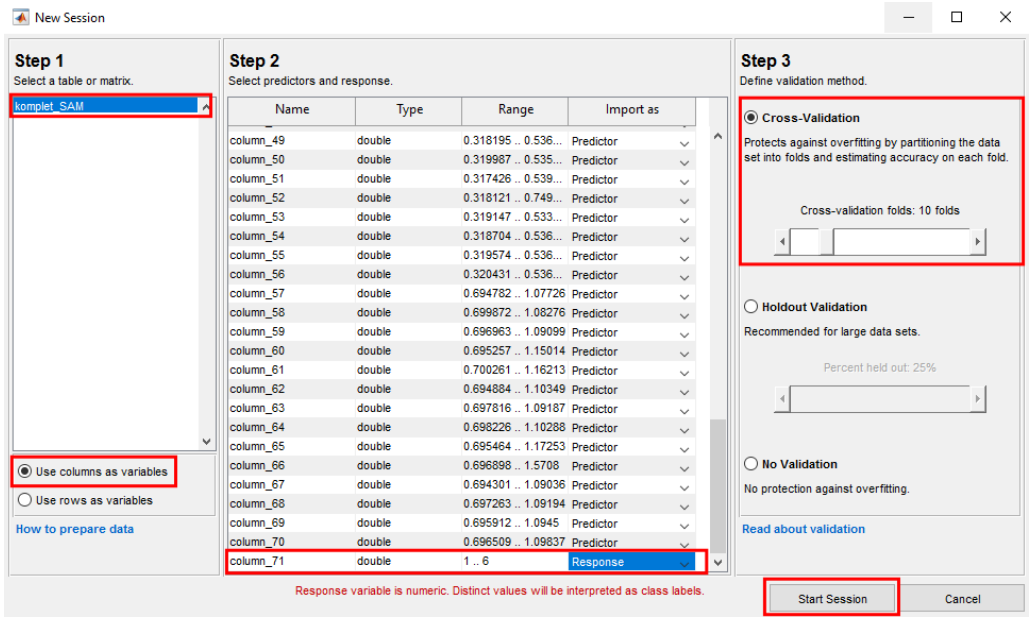
5.2 TRÉNOVÁNÍ DAT

Pro trénování a klasifikaci dat slouží aplikace Classification Learner. Tu je možné nalézt na pásu karet v záložce Apps (obr. 5.1).

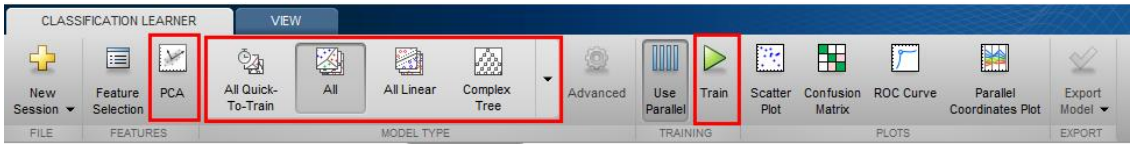
Obr. 5.1: Umístění aplikace Classification Learner na pásu karet

Následným krokem po otevření aplikace je zvolení nové relace (New Session). Otevře se okno rozdělené do tří částí (obr. 5.2). V první části se vybírá připravená matice. V druhé části ve sloupci Import As se nastavují funkce jednotlivých sloupců při trénování dat. Možnost Do Not Import znamená, že data z daného sloupce nebudou do trénování zahrnuta. Možnost Predictor představuje skutečnost, že daný sloupec bude figurovat v procesu trénování jako atribut a možnost Response znamená, že daný sloupec představuje klasifikační třídy, do kterých bude výsledný klasifikační model klasifikovat další data. Možnost Response se musí nastavit právě jednou a to pouze pro sloupec obsahující celá

čísla. V třetí části okna se nastavuje křížová validace, která slouží jako ochrana pro přetrénování dat. Je možné ji nastavit v rozmezí od dvojnásobné po padesátinásobnou. Po kliknutí na tlačítko Start Session se otevře nové okno, s možnostmi nastavení typu klasifikátoru a samotné spuštění trénování dat (obr. 5.3). Je zde také možnost spustit ještě analýzu hlavních komponent (PCA) a snížit tak dimenzionalitu dat. Z nabízených klasifikátorů jsou zde na výběr rozhodovací stromy, diskriminační analýzy, Support vector machines, metoda K-nejbližšího souseda a vícemodelové klasifikátory.



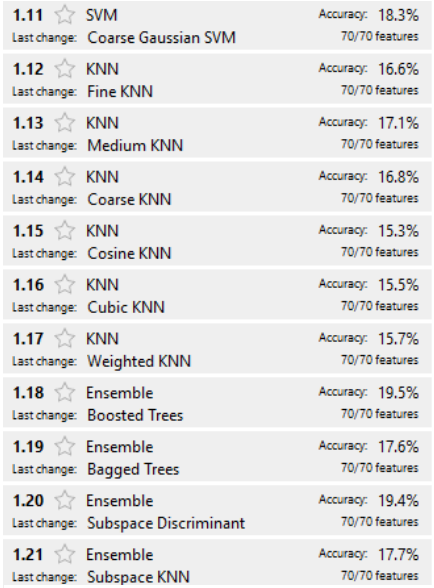
Obr. 5.2: Nastavení procesu trénování



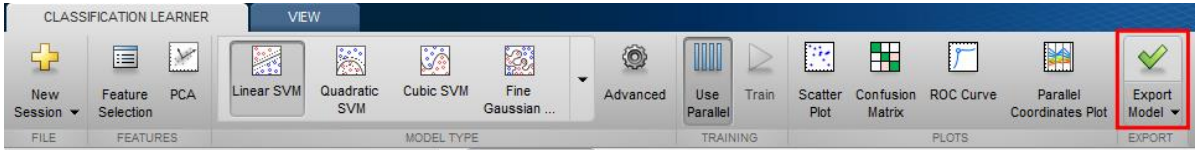
Obr. 5.3: Výběr klasifikátoru a spuštění procesu trénování

5.3 EXPORT KLASIFIKAČNÍHO MODELU

Po dokončení procesu trénování se v okně History zobrazí všechny natrénované klasifikátory společně s jejich přesností klasifikace (obr. 5.4). Vybraný natrénovaný klasifikátor pak lze vyexportovat do podoby klasifikačního modelu, který lze poté uplatnit na další data (obr. 5.5). Po vyexportování modelu může být aplikace Classification Learner zavřena.



Obr. 5.4: Seznam natrénovaných klasifikátorů



Obr. 5.5: Export vybraného natrénovaného klasifikátoru

5.4 POUŽITÍ KLASIFIKAČNÍHO MODELU

Vyexportovaný model lze použít v prostředí softwaru Matlab pro klasifikaci dalších dat. Nová data, která mají být klasifikovaná, musí mít stejnou strukturu jako data, na kterých model vzniknul, vyjma posledního sloupce s klasifikačními třídami. Pro použití klasifikačního modelu na nových datech slouží v softwaru Matlab funkce predictFcn. Použitý příkaz pak vypadá takto:

- Yfit = C.predictFcn(X) ,

kde C je název klasifikačního modelu a X je název matice, na které probíhá klasifikace.

ZÁVĚR

Výsledkem zpracování EEG signálu je klasifikační model, který může dosahovat i nízkých hodnot v přesnosti. Důvodů, proč se dospěje k tak málo příznivému výsledku, může být několik. Prvním z nich může být chyba měření. To se může stát kvůli chybnému usazení headsetu na hlavu. Ten není vůči nepřesnému usazení na hlavu nijak uzpůsoben. Ano, celý headset má pevně danou pozici senzorů vůči sobě navzájem, nicméně při nesprávné manipulaci s ním, může být umístěn na hlavu pod různými úhly. K úspěšnému přenosu signálu i přes chybné umístění dojde. Stačí, aby byly senzory headsetu řádně hydratovány. Další problém, který může ovlivnit měření dat, je postupné vysychání senzorů, s čímž bylo spojeno postupné snižování kvality přenosu signálu. Jiného výsledku může být dosaženo při různém nastavení trénování dat a použití odlišného klasifikátoru. Potenciálních kombinací řešících, jak objemný použít soubor trénovacích dat, kolikanásobnou křížovou validaci nastavit a jaký nejvhodnější klasifikátor použít, je velké množství. Počet klasifikačních tříd vstupujících do klasifiakce také ovlivní výslednou přesnost klasifikačního modelu. Čím více bude klasifikačních tříd, tím bude přesnost klasifikačního modelu klesat.