

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Radim Bednář

Univerzita Pardubice

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Neurální rozhraní

Radim Bednář

Bakalářská práce

2017

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radim Bednář**
Osobní číslo: **I14071**
Studijní program: **B2646 Informační technologie**
Studijní obor: **Informační technologie**
Název tématu: **Neurální rozhraní**
Zadávací katedra: **Katedra informačních technologií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Práce je zaměřena na alternativní vstupní rozhraní pro počítače realizované prostřednictvím elektroencefalografu. Student se v rámci práce zaměření na nové způsoby, kterými by uživatel mohl ovládat výpočetní techniky.

Rešeršní část práce bude zaměřena na techniky EEG, EKG a biofeedbacku a potenciál těchto technologií jako vstupní rozhraní pro informační technologie. Dále bude rozpracován princip transformace elektrických signálů při zpracování EEG signálu. Budou popsány jednotlivé třídy vln pozorovatelných v souvislosti s činnostmi mozku a budou definovány základní vzorce, pomocí kterých je možné z jednotlivých vln vyvozovat závěry.

Praktické aplikace, které budou sloužit jako případové studie, budou postavené na EEG přístroji NeuroSky Brain Link propojeném s počítačem či mobilním telefonem. Případová studie umožní buď přímé ovládání pomocí neurálního rozhraní nebo diagnostiku neurálního stavu.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

***KNUTH, D. E.: Umění programování - Základní algoritmy, Brno, Computer Press 2008, ISBN: 978-80-251-2025-5.**

***WRÓBLEWSKI, Piotr. Algoritmy: datové struktury a programovací techniky. Vyd. 1. Překlad Marek Michalek, Bogdan Kiszka. Brno: Computer Press, 2004, 351 s. ISBN 80-251-0343-9.**

***KEOGH, Jim; DAVIDSON, Ken. Datové struktury bez předchozích znalostí : průvodce pro samouky. Vyd 1. Brno : Computer Press, 2006. 223 s. ISBN 80-251-0689-6.**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Brožek

Katedra informačních technologií

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2016**

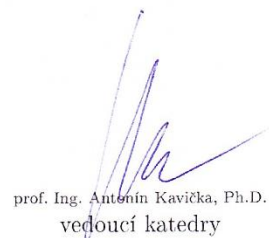
Termín odevzdání bakalářské práce: **12. května 2017**



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan



L.S.



prof. Ing. Antonín Kavička, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2017

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 29. 04. 2017



podpis autora

Radim Bednář

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat rodině a přátelům, kteří mi ochotně nabídli svůj mozek za účelem testování aplikací.

Práce byla financována soukromými prostředky vedoucího práce Ing. Brožka, za což mu děkuji.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá vysvětlením principů EKG a EEG a následnému využití elektroencefalografu jako vstupního rozhraní pro počítačové aplikace. V rámci toho budou zpracované EEG signály a jednotlivé mozkové vlny. Výsledkem práce budou aplikace, které pracují s přístrojem Neurosky Brainwave a zpracovávají jeho signály, které následně využívají. V poslední kapitole bude popsána realizace případové studie, kde bude shrnutí a poznatky práce s EEG zařízením.

KLÍČOVÁ SLOVA

EEG, EKG, bioelektrický signál, neurální rozhraní, mozkové vlny, biofeedback, C#

TITLE

Neural interfaces

ANNOTATION

The bachelor thesis deals with the principles of EKG and EEG and a subsequent use of electroencephalograph as an input interface for computer applications. Within this, EEG signals and different brain waves will be processed. The result of this work will be applications that work with the Neurosky Brainwave and process the signals which they use. The last chapter will describe the realization of a case study, including a summary and findings based on the work with EEG device.

KEYWORDS

EEG, EKG, bioelectric signal, neural interface, brain waves, biofeedback, C#

OBSAH

Úvod.....	13
1 Bioelektrické signály	14
1.1 Biofeedback.....	14
1.2 Elektrokardiogram.....	15
1.3 EEG	16
2 Měření EEG signálů.....	18
2.1 Elektroencefalograf	18
2.2 Konstrukční řešení	19
2.3 Metody zpracování EEG signálu	21
2.4 Typy EEG zařízení.....	23
3 EEG křivky	25
3.1 Mozkové vlny.....	25
3.2 Binaurální rytmy	27
4 Použité technologie.....	28
4.1 C#.....	28
4.2 Mirosoft Visual Studio 2015.....	28
4.3 Corel Draw	28
5 EEG zařízení Neurosky Mindwave	29
5.1 Připojení k headsetu	29
5.2 Důležité metody	29
6 EEG aplikace	31
6.1 Aplikační launcher	31
7 SnakeEEG.....	33
7.1 Popis hry SnakeEEG	33
7.2 Struktura kódu SnakeEEG	35
8 Validační aplikace.....	39

8.1	Struktura kódu validační aplikace	39
8.2	Otázky	40
8.3	Finální graf	42
9	Space adventure	43
9.1	Popis hry Space adventure	43
9.2	Struktura kódu Space adventure.....	44
10	Uživatelské testování EEG zařízení.....	47
10.1	Artefakty a jejich dopad na měření	47
10.2	Rušivé jevy a jejich dopad na měření.....	47
10.3	Testovací vzorek a validace.....	48
10.4	Interpretace výsledků ze všech aplikací	51
	Závěr	53
	Použité zdroje	54
	Přílohy.....	56

Seznam ilustrací a tabulek

Obrázek 1.1: Schéma biofeedbacku.....	15
Obrázek 1.2: Einthovenův trojúhelník.....	16
Obrázek 1.3: EEG biofeedback	17
Obrázek 2.1: Zapojení elektrod 10–20	18
Obrázek 2.2: Blokové schéma číslicového elektroencefalografu.....	19
Obrázek 2.3: A/D převodník.....	20
Obrázek 2.4: Příklad mapování EEG aktivity	22
Obrázek 2.5: EEG DTI – w32	24
Obrázek 2.6: Neurosky Mindwave Mobile.....	24
Obrázek 3.1: Průběh alfa vln	25
Obrázek 3.2: Průběh beta vlny.....	26
Obrázek 3.3: Průběh gama vlny.....	26
Obrázek 3.4: Průběh delta vlny.....	26
Obrázek 3.5: Průběh theta vlny.....	27
Obrázek 3.6: Ukázka binaurálních rytů	27
Obrázek 6.1: Schéma aplikačního launcheru.....	31
Obrázek 7.1: Schéma SnakeEEG.....	33
Obrázek 8.1: Otázka č. 1	40
Obrázek 8.2: Otázka č. 2.....	41
Obrázek 8.3: Otázka č. 3.....	41
Obrázek 8.4: Otázka č. 4.....	41
Obrázek 8.5: Otázka č. 5.....	42
Obrázek 8.6: Graf z validační aplikace.....	42
Obrázek 9.1: Schéma hry Space adventure	43
Obrázek 10.1: Příklad výsledku validační aplikace.....	47
Tabulka 10.1: Testované subjekty	48

Seznam ukázek kódu

Ukázka kódu 5.1: Získání ID připojení	29
Ukázka kódu 5.2: Propojení zařízení a aplikací	30
Ukázka kódu 5.3: Získání hodnoty potřebných dat	30
Ukázka kódu 6.1: Načtení sériových portů do comboboxu.....	32
Ukázka kódu 7.1: Třída Circle.....	35
Ukázka kódu 7.2: Výchozí nastavení třídy Settings	36
Ukázka kódu 7.3: Metoda generateFood	37
Ukázka kódu 7.4: Zajištění kolize s hranicí okna.....	38
Ukázka kódu 9.1: Výchozí nastavení třídy Player.....	45
Ukázka kódu 9.2: Metoda collisionCheck	46
Ukázka kódu 9.3: Realizace plynulosti pozadí.....	46

Seznam zkratk a značek

ADHD	Attention Deficit Hyperactivity Disorder
AVS	AudioViSualization
CT	Computed Tomografy
DFT	Discrete Fourier Transformation
EEG	Elektroencefalogram
EKG	Elektrokardiogram
FFT	Fast Fourier Transformation
NLP	Neuro-Linguistic Programming
REM	Rapid Eye Movement

Typografické konvence

V textu se budou vyskytovat slova či slovní spojení, která jsou zvýrazněna kurzívou. Jedná se o odborné názvy v teoretické části nebo názvy proměnných, metod, tříd či souborů v části, kde popisují jednotlivé aplikace.

Obrázky, tabulky a ukázky kódů jsou očíslovány podle jejich výskytu v dané kapitole.

Úvod

Tuto bakalářskou práci jsem si vybral po nabídce Ing. Brožka vyzkoušet si EEG zařízení Neurosky Mindwave, čímž jsem i z části naplnil svůj původní studijní záměr, kterým bylo studium psychologie, čemuž jsou EEG signály velmi blízké. A právě EEG signály, jejich zpracováním a využitím v praxi se tato bakalářská práce zabývá.

Tato práce uvede čtenáře do problematiky bioelektrických signálů, jakými jsou například EKG, či EEG. Popisuje základní teorii biofeedbacku, co to je, k čemu slouží a jak jej využít nejen v klinické praxi. Dále je popsán signál EKG, jak se zapojují elektrody, jak se získává tento signál a k čemu primárně slouží.

Primárním signálem, jímž se práce zabývá je EEG signál, který je popsán podrobněji. Je zde popsán princip fungování digitálního elektroencefalografu a jeho konstrukční řešení. Dále jaké jsou používané systémy pro zapojení snímacích elektrod. Poslední teoretickou částí jsou jednotlivé mozkové signály, resp. mozkové vlny a použité technologie. Z tzv. surového signálu, který EEG zařízení vyše se získávají jednotlivé hodnoty mozkových vln. Lze z něj také vyčíst výši soustředění, či meditaci a lze zaznamenat i různé biologické artefakty jako například mrkání.

Praktickou částí bakalářské práce budou jednoduché aplikace, které demonstrují využití mozkových vln. Programovacím jazykem je zvolen C#, pro který má společnost Neurosky vyvinutý *connector* pro připojení k jejich EEG zařízení. První aplikací bude světově známá hra Snake, která je upravena pro využití EEG signálů. Kombinuje využití vlastních myšlenek a vstup z klávesnice. Další aplikací bude validační aplikace, jejíž konkrétní znění mi zadal vedoucí práce. Ta, jak už vyplývá z názvu, se bude zabývat validací EEG zařízení. Obsahuje jednoduché otázky, na které uživatel odpovídá a je při nich měřena výše soustředění. U některých otázek se předpokládá snížené soustředění, u jiných naopak maximální.

Poslední aplikací, která je součástí této práce je také zadána vedoucím práce, ale o jakou aplikaci se jedná už je jen na mně. Jedinou podmínkou je, že se musí ovládat pouze vlastními myšlenkami. Aplikace tedy bude z vesmírného prostředí. Hráč hraje za vesmírnou raketu, jejíž pozice se odvíjí podle toho, jak velká je hodnota signálu, podle kterého se na začátku rozhodne hrát (meditace, soustředění). Jeho úkolem je sbírat mrtvány a ztracené astronauty, a naopak, vyhýbat se asteroidům a planetkám.

1 Bioelektrické signály

Bioelektrické signály jsou takové signály, které vznikají uvnitř živého organismu, zejména v nervovém systému a svalech. Vědní obor, který se těmito signály zabývá, a měří je, se nazývá elektrofyziologie. Pomocí měření bioelektrických signálů lze pacientovi pomáhat při různých poruchách či onemocněních. Metodami pro měření mohou být například EEG či EKG.

1.1 Biofeedback

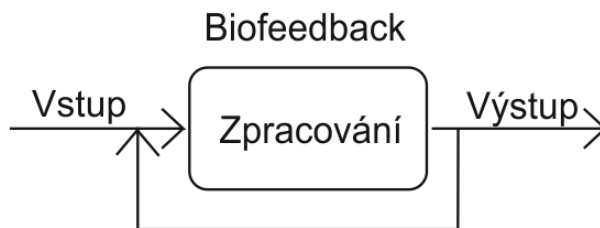
Biofeedback neboli biologická zpětná vazba je způsob reakce živého organismu na daný podnět. Jako biofeedback se může označit jakákoliv reakce na libovolný podnět. Například když si člověk objedná nějaké jídlo v restauraci a ochutná jej, vznikne biofeedback. Buď mu jídlo chutnat bude a v budoucnu si ho objedná znovu, nebo mu naopak chutnat nebude a už si jej nikdy neobjedná. Každopádně si tuto reakci zapamatuje, což je vlastnost biofeedbacku.

Biofeedback lze využít v mnoha odvětvích, ať už při studiu, při cvičení zvířat, či při vyšetřování. Nejčastěji se však používá jako terapeutická metoda v medicíně, při které se přístrojově zaznamenávají bioelektrické signály z těla či mozku a poté se například pomocí monitoru prezentují pacientovi. Cílem této metody je, aby se pacient soustředil a snažil se naměřené hodnoty zvýšit, či snížit podle toho, co je potřeba (v některých případech je nutné snížit, v jiných naopak zvýšit naměřené hodnoty) a tím tak do jisté míry dostal své tělo pod kontrolu. Biofeedback lze pacientovi prezentovat třeba pomocí kmitajícího bodu nebo lze přenést sílu jeho neuronové aktivity do objektů z reálného světa například velikost plamene.

Zdroj [1]

Pomocí pravidelného biofeedbacku lze získat vládu (nejen) nad svým mozkem a lépe tak využít jeho funkce. Budeme-li pacientovi dávat nějaký podnět pro zlepšení své aktivity, uvidí to na obrazovce a jeho mozek si to zapamatuje. Proces se opakuje a později je pak možné, že to pacient bude zvládat bez pomoci daného podnětu a nutnosti sledovat svoji aktivitu na monitoru.

Jak je vidět na zjednodušeném schématu (Obrázek 1.1), data vystupující ze systému slouží opět jako vstupní data (již upravená například pomocí podnětu). Celý proces se opakuje tak dlouho, dokud pacient nedokáže ovládnout potřebnou funkci (soustředění, zmírnění tepové frekvence, snížení stresu, ...).



Obrázek 1.1: Schéma biofeedbacku

Biofeedback je na vzestupu díky rostoucímu zájmu lidí o nekonvenční medicínu, což je taková medicína, která nebyla prověřena dle pravidel klinického výzkumu, a tak není považována za standardní způsob léčby.

1.2 Elektrokardiogram

Elektrokardiogram (zkráceně EKG) si mnoho lidí zaměňuje za výraz elektrokardiograf. EKG se řadí mezi bioelektrické signály s frekvenčním pásmem 0,05 – 125 Hz. Naproti tomu elektrokardiograf je zařízení, které tento signál měří. Podobně tomu je i u EEG, kde dochází k záměně mezi elektroencefalogramem (signál) a elektroencefalografem (zařízení). Signál EKG popisuje elektrickou aktivitu srdce, přesněji rozdíly potenciálů vznikajících na rozhraní depolarizovaných a polarizovaných úseků myokardu. Funkci převodního systému a pracovního myokardu zajišťují svalová vlákna. Vlákna převodního systému vytvářejí a rychle vedou elektrické vzruchy, na které odpovídá pracovní myokard kontrakcí.

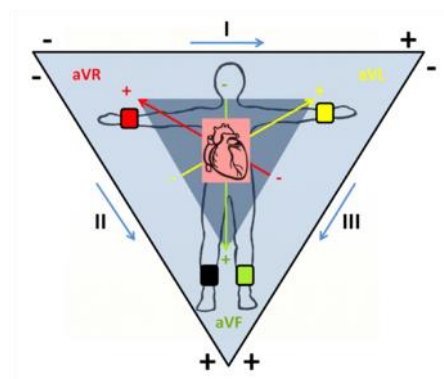
Zdroj [2]

Měření EKG

Pro získání co nejužitečnějších informací o elektrických projevech srdeční činnosti je nutné zvolit správné rozmístění snímacích elektrod na těle člověka a odvozený výpočet jednotlivých elektrokardiografických signálů, tedy elektrokardiografický svodový systém.

Pro ambulantní účely se využívají dva typy svodových systémů. Jedním z nich je 12svodový systém, který je nejpoužívanější. Umístění elektrod na hrudníku a končetinách je pevně označeno a ustáleno, vizte obrázek 1.2. Jedná se o 3 bipolární svody (I, II, III) podle Einthovena (Einthovenův trojúhelník). Dále 3 unipolární svody podle Goldberga (aVR, aVL, aVF) a 6 unipolárních hrudních svodů podle Wilsona (V1-V6). Na pravé dolní končetině se nachází elektroda sloužící pouze k uzemnění. Druhým, běžně používaným systémem jsou Ortogonální svodové systémy.

Zdroje [2], [3]



Obrázek 1.2: Einthovenův trojúhelník¹

Využití EKG v praxi

EKG má v dnešní medicíně velmi velké využití. Používá se k posouzení, zda je srdeční aktivita v normě, může odhalovat proběhlé poškození srdečního svalu, především pak infarkt myokardu.

Zdroj [4]

EKG biofeedback

EKG biofeedback měří změnu srdeční frekvence. Pacient se učí dosáhnout pomocí regulovaného dýchání a celkové relaxace maximální variability srdeční frekvence. Pro zlepšení efektu je možné navodit relaxační atmosféru, meditaci apod. To vše se dělá pomocí opakovaného tréninku s EKG zařízením a nějakým typem například terapeutické hry.

Pomocí EKG Biofeedbacku a jeho tréninku lze zlepšit zdravotní stav pacienta, ať už se jedná o nemoci, bolesti či emoční stavy, tím, že zpětně odpovídá na signály vlastního těla, které jsou mu touto metodou poskytnuty.

Zdroj [2]

1.3 EEG

Velmi přesně popisuje EEG signál odborná literatura: „*EEG neboli Elektroencefalogram je jedním z významných nástrojů neinvazivní diagnostiky a výzkumu činnosti mozku. Je to složitý elektrický biosignál odrážející mozkovou aktivitu – různé fáze spánku a stavy vědomí, projevy metabolických poruch, vlivy drog či toxických látek*“ [3].

¹ Obrázek dostupný z [4]

Využití EEG v praxi

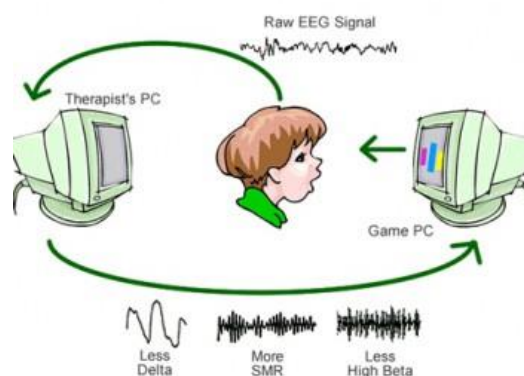
V praxi lze EEG primárně využít pro diagnostiku mozku, tedy při různých poruchách mozku, onemocněních, ale třeba i u chronických alkoholiků. Lze tímto způsobem monitorovat různé chronické stavy a choroby jako jsou poruchy spánku, epilepsie a jiné. Dále je možné EEG metodami naučit cílené uvolnění od bolesti po celém těle, relaxaci, meditaci a mnoho dalších stavů a léčení poruch a onemocnění, které si lze jen těžko představit. Dosud nebyly objeveny všechny metody a možnosti jejich uplatnění. Ty známé již pomohly nezměrné spoustě pacientů, ať už přišli s nějakým problémem nebo se jen chtěli pomocí známých metod naučit navozovat jim potřebné stavy, aby se ve svém hektickém životě naučili snadno se uklidnit a uvolnit.

Vyšetření elektroencefalografem se provádí u všech poruch mozkových funkcí v neurologii, ale i u převážné většiny případů v psychiatrii.

EEG biofeedback

EEG biofeedback v sobě skrývá neuvěřitelně velký potenciál v ovládnání vlastního mozku, k čemuž nabízí nekonečné množství způsobů. Jde o sebe-učení vlastního mozku pomocí zpětné biologické vazby, vizte Obrázek 1.3. Pokud člověk dostane cílenou a přesnou informaci o vlastních mozkových vlnách, které může sledovat, může se naučit, jak je synchronizovat a uvést do souladu.

Zdroje [3], [5]



Obrázek 1.3: EEG biofeedback²

² Obrázek dostupný z [6]

2 Měření EEG signálů

Měření se provádí pomocí elektroencefalografů. Jejich hlavní součástí jsou snímací elektrody, zesilovač a procesor (v případě digitálního zařízení).

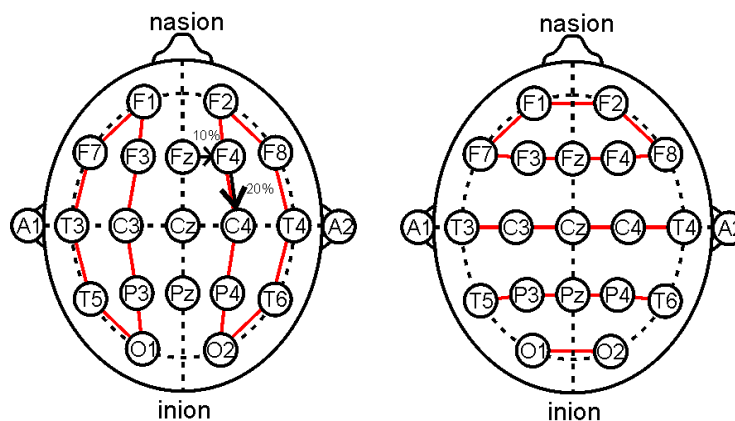
2.1 Elektroencefalograf

Elektroencefalograf snímá elektrické potenciály, které vznikají při mozkové činnosti, pomocí elektrod připevněných na povrch hlavy. Signál, který se dostane až na povrch hlavy je bohužel příliš slabý, a proto je potřeba tento signál zesílit a odstranit veškerý nežádoucí šum. Může poskytovat cenné informace o funkci neuronů, a proto má velký význam pro diagnózu některých onemocnění mozku. Zvláštní význam má elektroencefalografie při diagnostice epilepsie.

Zdroj [7]

Rozmístění elektrod

Pro rozmístění elektrod na povrchu hlavy se nejčastěji používá mezinárodní standard „10–20 systém“. Elektrody jsou označeny písmenky a čísla podle umístění na hlavě. Lichá čísla značí umístění nad levou hemisférou a písmena např. C – centrální. Čísla 10 a 20 v názvu systému znamenají vzdálenost 10 % a 20 % mezi elektrodami, vizte obrázek 2.1. Levý obrázek je zapojení longitudinální (předo-zadní) a pravý obrázek má zapojení transverzální (levo-pravé). Při zapojení může dojít i k jejich vzájemné kombinaci. Dále se používá i jiné zapojení např. „systém 10–10“, který má mnohem více elektrod blíže u sebe.



Obrázek 2.1: Zapojení elektrod 10–20

Aby elektrody plnily svůj účel, musí být nepolarizovatelné, čemuž vyhovují vzácné kovy (např. zlato) nebo stříbrné elektrody s vrstvou $AgCl$ v kombinaci s roztoky snižujícími přechodový odpor.

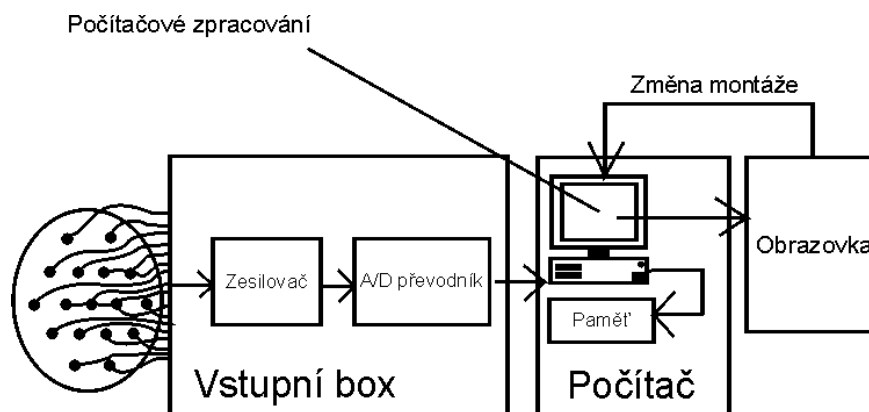
Zdroje [3], [8]

2.2 Konstrukční řešení

Konstrukční řešení elektroencefalografu spočívá v číslicovém zpracování. Naměřený analogový signál je nutno zesílit a pomocí A/D převodníku převést do digitální podoby. Dále je nutné z tohoto signálu odstranit veškeré rušivé jevy – například pomocí Fourierovy transformace.

Číslicová technika

Původně byla zařízení čistě analogová. Neexistovalo žádné zpracování počítačem, ale výsledky analogového záznamu byly zapisovány pomocí galvanometrů, které psaly na papír výsledky naměřených signálů. To se změnilo a od počátku 80. let minulého století se přešlo k číslicovému zpracování mozkového signálu (Obrázek 2.2). Celá elektronika je konstruována v hlavici umístěné co nejbližší k hlavě pacienta. V hlavici se nachází zesilovač nutný k zesílení signálu. Dále je nutné ze signálu odfiltrovat šum a převod A/D.



Obrázek 2.2: Blokové schéma číslicového elektroencefalografu

Zatímco u analogových přístrojů se ihned po sejmutí elektrické aktivity výsledek zapisoval na papír, u digitálních přístrojů se všechny elektrody ukládají v zapojení proti libovolné elektrodě na hlavě. Vznikají tzv. „surová data“, ze kterých se jednotlivá potřebná data teprve získají, čímž se umožní pozdější zpracování signálů. Data se ukládají do počítače. Doba uložení je stanovena na minimálně 5 let. Lékař může záznam prohlížet i později bez přítomnosti pacienta.

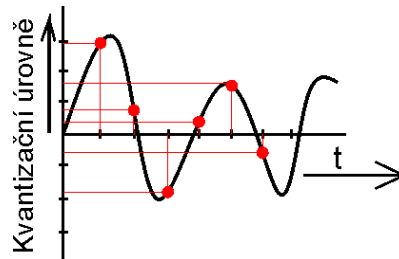
A/D převodník

Pro převod se používá 8bitový převodník (2^8 úrovní), který nabízí přesnost 0.39 %. Přesnost u lékařských přístrojů nesmí poklesnout pod hranici 1 %, takže by stačil převodník 7bitový (7 bitů = $1/2^7 = 0.0078$, tj. přesnost 0.78%). Protože má ale 1 B velikost 8 bitů, používá se právě převodník 8bitový. Pro přesnější převod se nabízí i převodníky 10–16bitové, které se pro elektroencefalografii nepoužívají z důvodu ukládání velkého, záznam reprezentujícího,

množství dat. Volba vzorkovací frekvence musí splňovat základní Nyquistův teorém, jehož princip je znázorněn na obrázku 2.3 a je definován vzorcem:

$$f_{vz} \geq 2f_{max},$$

tedy musí být větší než 120 Hz (volí se buď 128 Hz, nebo 200 Hz dle objemu dat).



Obrázek 2.3: A/D převodník

Filtrace signálu EEG

Naměřené hodnoty, které elektroencefalograf snímá, obsahují různé rušivé jevy. Ty mohou být například biologické, mezi které lze zahrnout pohyby očí, pocení, mrkání ale mohou vzniknout i vadou elektrody. Proto je nutné naměřený signál filtrovat od těchto nežádoucích rušivých jevů. Existuje několik typů filtrů, které fungují na různých principech, ale v podstatě mají stejnou funkci – oddělit šum a rušení od požadovaného signálu. K filtrování se využívá například princip Fourierovy transformace.

Zdroje [3], [7]

Fourierova transformace

Fourierova transformace je taková transformace, která převádí signál z časové oblasti do oblasti frekvenční. Pomáhá řešit sadu úloh tím, že se přetransformují na jednodušší úlohy, ty se vyřeší a poté se výsledky přetransformují zpět. Klíčovými kroky jsou v tomto případě transformace signálu, potřebné úpravy ve frekvencích a inverzní transformace. Pro transformaci lze využít diskretní Fourierovu transformaci (DFT) tak, že se nahradí spojitý signál f za diskretní posloupnost:

$$\{f_0, f_1, \dots, f_{N-1}\}.$$

Poté se z této konečné posloupnosti pomocí DFT vytvoří diskretní posloupnost jejich obrazů pomocí vzorce:

$$F_n = \sum_{k=0}^{N-1} f_k (e^{-2\pi i n/N})^k$$

Po vyřešení se provede inverzní proces pomocí vzorce, který definuje inverzní DFT:

$$f_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} F_k (e^{-2\pi i n/N})^k$$

Pro zrychlení výpočtu lze použít rychlou Fourierovu transformaci (FFT), která zrychluje výpočet DFT. Klasická DFT potřebuje $O(N^2)$ operací, kdežto FFT potřebuje díky modifikaci pouze $O(N \log N)$ operací. Vzorec pro DFT je ve skutečnosti počítáním hodnoty polynomu $P(x) = \sum f_k x^k$ s koeficienty f_k v bodech:

$$x = \omega_N^0, \omega_N^1, \dots, \omega_N^{N-1},$$

kde

$$\omega_N = e^{-2\pi i/N}$$

je N -tá odmocnina z jedničky.

Pro DFT se počítá N hodnot polynomu stupně $(N-1)$. Tedy se lze očekávat řádově N^2 operací. Trik spočívá v tom, že se polynomy rozdělí na 2 skupiny – liché a sudé:

$$S(x) = f_0 + f_2x + f_4x^2 + \dots$$

$$L(x) = f_1 + f_3x + f_5x^2 + \dots$$

v $N/2$ bodech

$$(\omega_N^0)^2, (\omega_N^1)^2, \dots, (\omega_N^{N-1})^2.$$

Bodů je sice N , ale některé jsou v seznamu dvakrát, protože $P(x) = S(x^2) + xL(x^2)$. Z toho lze usoudit, že místo N^2 operací na jeden problém o velikosti N s kvadratickou náročností se lze dostat zhruba na polovinu, jelikož zjednodušení vede na dva problémy s poloviční velikostí ($(N/2)^2 + (N/2)^2$ operací). A pokud se toto spočítá pro rekursivní použití tohoto triku, lze se dostat na výše uvedenou náročnost $N \log N$.

Zdroj [9]

2.3 Metody zpracování EEG signálu

S vývojem digitálních technologií se zvyšuje i počet metod na zpracování EEG signálu. Jako příklad jsou uvedeny některé nejčastěji používané metody.

Spektrální analýza

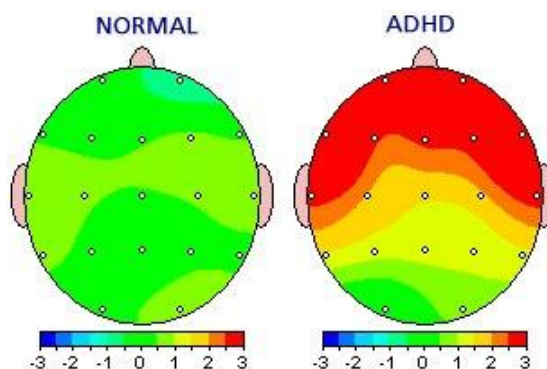
Spektrální analýza je nejstarší a zároveň nejrozšířenější metodou pro zpracování EEG signálu. Transformace z časové do frekvenční domény nám s jistým přiblížením umožňuje říci, jaké je celkové množství vln v daných frekvenčních pásmech, popřípadě určit frekvenci, která je

v záznamu nejvíce zastoupena. Tento postup nahrazuje hodnotící odborník zkušeností, ale není schopen jej nikdy přesně kvantifikovat. Záleží zde hodně na výběru intervalu potřebného pro výpočet.

Metoda se využívá ve farmakologickém výzkumu při hodnocení vývoje záznamů u dětí a při dlouhodobém sledování stavu pacientů.

Topologické mapování EEG aktivity

Tato metoda vznikla na počátku 80. let minulého století. Je známá jako „Brain mapping“ a jedná se o mapování FFT výsledků. Mapa vzniká lineární interpolací skutečně naměřených hodnot po několika interpolacích jednotlivých elektrod. Úskalím této metody je závislost na tom, jaká se použije referenční elektroda. Výsledek měření touto metodou je vidět na obrázku 2.3³, na kterém je porovnání mezi mozkovou aktivitou normálního člověka a člověka trpícího ADHD.



Obrázek 2.4: Příklad mapování EEG aktivity

Zpracování dlouhodobých záznamů

V některých případech je nutné delší souvislé snímání mozkové aktivity po dobu 24 až 72 hodin (např. epilepsie). K tomu se využívá metoda pro zpracování dlouhodobých záznamů. Prohlížení dlouhodobých záznamů je náročná úloha, a proto se pro ni používají postupy, které automaticky hodnotí a klasifikují křivku nebo vyhledávají typické grafoelementy. Při zpracování tohoto záznamu se používá metoda *Wave-Finder*, která umožňuje postupnou segmentaci do kvazistacionárních úseků, jejich klasifikaci, identifikaci grafoelementů a zobrazení časových průběhů.

Neuronové sítě

Neuronové sítě jsou vysoce autonomní systémy mající tu vlastnost, že jsou schopny hledat řešení problémů bez přesně stanoveného algoritmu pro řešení problému. To může být například

³ Upravený obrázek je dostupný z [10]

rozpoznání muže či ženy z obrázku – do programu se vloží stovky či tisíce fotek mužů a žen, kdy se neuronovým sítím řekne, kdo je muž a kdo žena a neuronové sítě se to poté samy naučí správně rozlišovat i bez pomoci popisu, jestli je na obrázku muž nebo žena (jako z reálného života kdy se někoho zeptáme, jestli je na obrázku buď muž, nebo žena).

V případě snímání EEG aktivity se neuronové sítě používají pro vyhledávání anomálií – ať už biologických, technických či způsobených patologií. Pomocí neuronových sítí lze napodobit postup lékaře k rozpoznání podobné analýzy obrázků, při které hodně záleží na rozhodnutí experta, na jehož zkušenostech jsou výsledky závislé.

Zdroj [3]

2.4 Typy EEG zařízení

Existuje mnoho druhů EEG zařízení od profesionálních, které mají 20 a více elektrod na snímání signálu využívajících mezinárodních systémů rozložení elektrod, například standardní *systém 10–20* či *systém 10–10* (vizte kapitola elektrody), které slouží převážně v lékařství až po jednoduchá EEG zařízení pro domácí použití. Zařízení se od sebe vzájemně liší možností zapojení, počtem snímacích elektrod i jejich povrchem. Zároveň se mohou používat pro jiné účely a využívat jiné metody pro získání EEG signálů.

TruScan32

TruScan32 je moderní EEG systém konfigurovatelný jako přenosný, klinický anebo pro dlouhodobé monitorování včetně synchronního videozáznamu. Vyznačuje se vysokou vzorkovací frekvencí, online zobrazením impedance připojení elektrod a jednoduchým a intuitivním softwarem. Mezi jeho vlastnosti se řadí univerzálnost (vstupy pro EEG, EMG, EOG a EKG), fotostimulační lampa, spektrální analýza včetně možnosti exportu do Excelu, exportu do Matlabu a jiné).

Zdroj [11]

EEG DTI – w32

EEG DTI – w32 (Obrázek 2.5) je počítačový elektroencefalograf s možností inovace a rozšíření dalších modulů na vyšetřování evokovaných potencióálů, který je založený na digitálním záznamu. Jednotlivé záznamy se následně analyzují v různých amplifikacích. Jeho obsluha a údržba je velmi jednoduchá. Uvnitř čepice má chráněné kabelové zapojení. Vyrábí se v různých velikostech a využívá 20 pozlacených elektrod s mezinárodním 10–20 systémem.

Zdroj [12]



Obrázek 2.5: EEG DTI – w32⁴

Neurosky Mindwave

Pro účely bakalářské práce je použito EEG zařízení Neurosky Mindwave (popř. Neurosky Mindwave Mobile). Mindwave headset je jednoduchý EEG přístroj pro domácí použití od společnosti Neurosky. Na rozdíl od profesionálních přístrojů sloužících ve zdravotnictví, které mají například 20 a více snímacích elektrod, má toto zařízení pouze 2 snímače. Jeden na čele a druhý se připevňuje na ucho. Nelze jej využívat pro zdravotní účely, ale dobře poslouží při domácí zábavě, například při hraní her vyvinutých pro toto zařízení, které nevyžadují přesné výsledky.

Zařízení jsou v bílém a černém provedení. Zařízení v černém provedení (Obrázek 2.6⁵) lze připojit přes bluetooth jak k počítači, tak i k chytrému mobilnímu telefonu. Bílý headset potřebuje USB adaptér, který lze připojit pouze k počítači.



Obrázek 2.6: Neurosky Mindwave Mobile

⁴ Zdroj [12]

⁵ Zdroj [13]

3 EEG křivky

Mozkové signály lze měřit pomocí elektroencefalografu. Elektroencefalograf je přístroj, měřící elektrické vlny v mozku, které se od sebe liší frekvencí a amplitudou. Jde o první technologii zobrazování mozku, vynalezenou dlouho před nástupem snímkování prostřednictvím CT vyšetření a funkční magnetické rezonance. Elektroencefalograf zapisuje na papír křivky odpovídající průběhu vln nebo se signál digitálně zpracovává a zobrazí se pomocí počítače. Průběh EEG křivky zachycuje aktuální elektrickou mozkovou aktivitu. Mozkové vlny se dělí na Alfa, Beta, Gama, Delta a Theta. V této kapitole je čerpáno z [14].

Zdroj [1], [7]

3.1 Mozkové vlny⁶

Během různých stavů – bdělosti, spánku, ostražitosti, ospalosti, soustředěnosti atd. – si mozek různě „pobrukuje“ a generuje tak elektrické vlny, jejichž křivky vypovídají o jeho rozpoložení. Tyto vlny o mozku mnohé vypovídají a lze pomocí nich, potažmo pomocí přístrojů, které je měří, pomáhat pacientům například s autismem, ADHD a jinými poruchami. V příloze A je přehled jednotlivých vln a jejich frekvencí a vliv množství produkce těchto vln na lidský organismus. V popisu pro Gama vlny informace nejsou, protože se o těchto vlnách ještě mnoho neví a stále se zkoumají. Průběh jednotlivých vln naleznete na obrázcích 3.1–3.5.

Alfa vlny

Alfa vlny jsou pásmem bdělosti bez napětí a soustředěného myšlení. Kvůli vzniku přirozených opiátů v organismu je tento stav spojen s příjemnými až slastnými pocity.

Alfa vlnám je přiřazován stav ideální k učení. Pasáž 7,9 Hz a výše, tzv. „superalfa“, prakticky vylučuje přítomnost onemocnění. Avšak příliš hektický styl mnoha lidí jim nedovoluje se do tohoto pásma dostat, jelikož jsou dlouhodobě uvězněni ve vlnách s vyšší frekvencí, odčerpávajících jejich energii. S tímto poznatkem si lze uvědomit, jak moc je důležitá regeneraci organismu pro dlouhý a pohodový život.

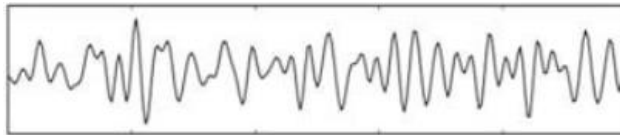


Obrázek 3.1: Průběh alfa vln

⁶ Obrázky 3.1–3.5 (vystřižené z původního obrázku) jsou dostupné z [15]

Beta vlny

Jak je vidět z tabulky v příloze A, tak beta vlny se dělí na 3 úrovně. V tomto pásmu setrvává většina lidí téměř celý den. Mozek tyto vlny produkuje přirozeně v bdělém stavu a člověk se tak nachází v uvolněné vnější pozornosti. Vnějšími podněty může být třeba nepatrný zvuk při odpočinku. Vyšší frekvence Beta mají za příčinu hektický styl života, zvýšený stres, podráždění či napětí, ale na druhou stranu lze v tomto stavu dosáhnout vrcholných výkonů, či vzrušení.



Obrázek 3.2: Průběh beta vlny

Gama vlny

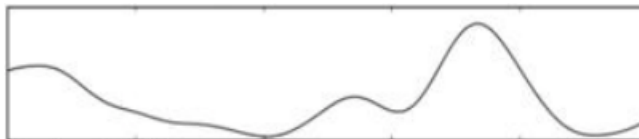
O gama vlnách se toho dosud příliš neví, neboť se stále intenzivně zkoumají a teorie o gama vlnách se značně liší. Výzkumy poukazují na zvýšení produkce vln o 40 Hz v pravé mozkové polokouli u vysoce hypnabilních (psychické vlastnosti podmiňující snadné zhypnotizování) jedinců.



Obrázek 3.3: Průběh gama vlny

Delta vlny

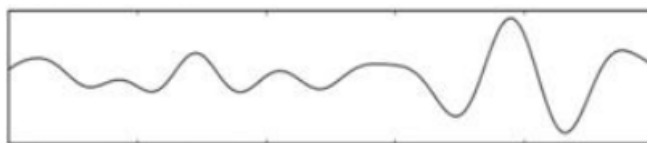
Vyskytují se při bezesném(hlubokém) spánku, stavu hlubokého uvolnění či bezvědomí což naznačuje i frekvenční pásmo, ze kterého je vidět, že tyto vlny jsou nejpomalejší. V tomto stavu vědomí tak dochází k výrazné regeneraci životních funkcí a ke vzniku energetických rezerv.



Obrázek 3.4: Průběh delta vlny

Theta vlny

Theta vlny nastávají při velmi hlubokém uvolnění. Organismus nereaguje na podněty z vnějšku, namísto toho je zaměřen dovnitř. V této fázi se naplno otevírají brány tvořivosti, neboť je při ní přístupné podvědomí. Navození tohoto stavu je možné pomocí tréninku ve spojení AVS technologie (psychowalkman) a nahrávek nebo sezení vedené hypnoterapeuty využívajícími tzv. „Ericksonovskou hypnoterapii“ a NLP vzorce.

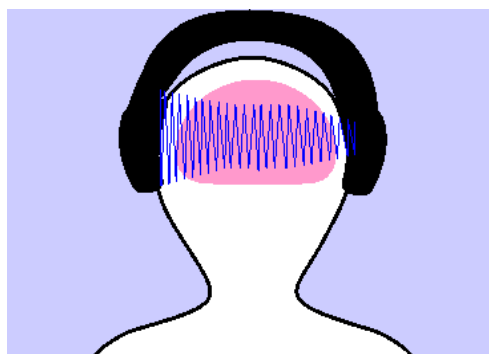


Obrázek 3.5: Průběh theta vlny

3.2 Binaurální rytmy

Binaurální rytmy jsou jakousi iluzí našeho mozku. Pomocí těchto rytmů je možné naladit mozek na různé frekvence. Jsou to speciální mozkové vlny, které jsou spojeny s AVS technologií.

Binaurální rytmy jsou zajímavé tím, že vlastně neexistují. Ve skutečnosti tyto zvuky lidské uši neslyší, ale existují pouze uvnitř mozku. Princip je takový, že se v hlavě setkají dva mírně odlišné tóny. Jak je vidět na obrázku 3.6, do každého ucha jde jiný zvuk o různé frekvenci přesně v daný okamžik. Například se do jednoho ucha pustí 200 Hz a do druhého 205 Hz. Poté začne pracovat mozek, který tyto dvě frekvence sloučí a vznikne tak střední frekvence 5 Hz. Vzniknou tak uměle vytvořené theta vlny, které jsou spojeny například s meditací.



Obrázek 3.6: Ukázka binaurálních rytmů

Pokud jsou binaurální rytmy pouštěny z jednoho reproduktoru, tak zůstanou zvuky odděleny a požadovaný efekt se nedostaví. Proto je nezbytně nutné pro správné využití tyto rytmy pouštět do kvalitních stereo sluchátek, aby byly zvuky pro každé ucho oddělené.

Binaurální rytmy je možné využít například ke zbavení stresu, usnadnění meditace, zvýšení mentální síly, posílení paměti, rychlejšímu usínání a mnohému dalšímu. Lze pomocí nich mozek uměle naladit na frekvenci, kterou člověk právě potřebuje.

Zdroj [16]

4 Použité technologie

Pro praktickou část bylo použito více technologií a aplikací. Programy byly psané v programovacím jazyku C# ve vývojovém prostředí Visual Studio 2015. Ke grafickým úpravám aplikace byl použit vektorový nástroj Corel Draw.

4.1 C#

C# je výkonný, objektově orientovaný programovací jazyk spadající do kategorie vyšších programovacích jazyků. Programovací jazyk slouží k zápisu algoritmů v počítači. Takový zápis se poté nazývá program. Je to komunikační nástroj mezi programátorem, který formuluje postup v podobě instrukcí k řešení v konkrétním jazyce a počítačem, jež zpracovává tyto instrukce a převádí je do strojového kódu, jemuž rozumí mikroprocesor.

Velmi se C# podobá jazykům Java a C++, od kterých má přebráno mnoho funkcí. K těmto funkcím přidává mnoho vlastních a vzniká tak velmi obsáhlý a komplexní programovací jazyk, který má nespočetně velké množství možností, jak programovat. Hraje velmi důležitou roli v architektuře Microsoft .NET Framework (běhové prostředí + knihovny od Microsoftu), se kterou aplikace komunikují. .NET Framework je platforma pro osobní počítače s operačním systémem od Microsoftu.

Zdroj [17]

4.2 Microsoft Visual Studio 2015

Microsoft Visual Studio je vývojové prostředí od společnosti Microsoft. Nabízí velkou škálu funkcí pro podporu psaní. Je vhodný pro vývojáře v programovacích jazycích C, C++, C#, které jsou vestavěné v základu, ale podporuje i vývoj v dalších jazycích, které musí být ovšem přidány a nainstalovány jako samostatné balíčky.

4.3 Corel Draw

Corel Draw je profesionální nástroj pro tvorbu vektorové grafiky od firmy Corel Corporation. Je vhodný pro grafickou úpravu, návrh grafický prací či webových stránek a mnoho dalšího. Pomocí tohoto programu a jeho snadného užívání může začínající uživatel, ale i profesionální grafik dosáhnout velmi uspokojivých grafických výsledků. Corel Draw nabízí široké spektrum výukových nástrojů i přívětivé uživatelské prostředí. Je součástí balíčků Corel Draw Graphics Suite, které obsahují i další grafické nástroje jakými jsou Corel Photo-Paint, Corel Capture atd.

5 EEG zařízení Neurosky Mindwave

Pro zpracování mozkových signálů je použito EEG zařízení pro laické domácí použití Neurosky Mindwave. Signály z tohoto zařízení jsou odesílány v paketech přes bluetooth do počítače, kde jsou následně zpracovány aplikacemi, které tento signál dokáží dále zpracovat.

5.1 Připojení k headsetu

Pro připojení k headsetu byly od společnosti Neurosky, jejíž zařízení je v této práci použito poskytnuty vývojářské nástroje, které jsou volně dostupné. Zahrnují, mimo jiné, třídu *ThinkGear.cs*, kde jsou metody pro připojení k headsetu a potřebnou knihovnu *thinkgear64.dll*. Pro nedostatečný popis, co dané metody zmíněné třídy dělají, byl použit soubor (dostupný z [18]), který je na této třídě postaven, ale je poupraven o popisující komentáře pro lepší přehlednost a orientaci. Ta je následně použita v níže uvedených aplikacích. Níže jsou uvedené nejdůležitější metody, které slouží pro připojení aplikace do zařízení.

5.2 Důležité metody

Ve třídě *ThinkGear*, která nabízí metody pro připojení a práci se signály z headsetu jsou některé metody, bez kterých není program schopen číst data z headsetu. Tyto metody jsou úplně minimum pro úspěšné připojení k zařízení a získání z něj data. Jsou to metody *GetNewConnectionId()*, *Connect(int, String, int, int)*, *ReadPackets(int, int)* a *GetValue(int, int)*.

Metoda *GetNewConnectionID*

Metoda *GetNewConnectionID* (Ukázka kódu 5.1) je první metoda, která se musí v rámci připojení k headsetu vykonat. Pomocí ní se získá ID připojení, které je poté využíváno v dalších metodách. Bez této metody se nenastaví proměnná *handleID* obsahující ID a program dále nebude fungovat správně. Tato metoda nemá žádné parametry.

```
[DllImport(@"thinkgear64.dll")]
public static extern int TG_GetNewConnectionId();

public static int GetNewConnectionID()
{
    handleID = TG_GetNewConnectionId();

    return handleID;
}
```

Ukázka kódu 5.1: Získání ID připojení

Metoda Connect

Pomocí metody *Connect*, která je zobrazena na ukázce kódu 5.2, se připojí aplikace k neurálnímu rozhraní. Má několik návratových hodnot. Nejčastější chybové návratové hodnoty mohou být -1, která značí, že nebylo použito správné ID připojení. Hodnota -2 značí, že nebyl otevřen sériový port pro komunikaci. V případě, že byla navrácena hodnota 0, tak bylo zařízení úspěšně propojeno s aplikací a může začít přenos informací ze zařízení do aplikace, která je následně zpracuje a použije je pro vlastní účely. Tato metoda má 4 parametry. Jsou to výše zmíněné ID připojení, název sériového portu, přenosová rychlost a typ datového toku.

```
[DllImport(@"thinkgear64.dll")]
public static extern int TG_Connect(int connectionId, string
serialPortName, int serialBaudrate, int serialDataFormat);
public static int Connect(string serialPortName, int serialBaudRate, int
serialDataFormat)
{
    return TG_Connect(handleID, serialPortName, serialBaudRate,
serialDataFormat);
}
```

Ukázka kódu 5.2: Propojení zařízení a aplikací

Metoda ReadPackets

Metoda *ReadPackets* se pokusí použít *ThinkGear* připojení pro čtení dat ze sériového proudu. Spojení si budou pamatovat poslední hodnotu, kterou zaznamenal pro každý typ dat dostupných ze zařízení (soustředění, meditace, alfa vlny, ...). Tato metoda je důležitá pro metodu *getValue*, protože získá právě tu poslední zaznamenanou hodnotu i v případě, že se neúspěšně přečte paket. To by znamenalo, že by metoda vrátila hodnotu 0, což není přípustné.

Metoda GetValue

Metoda *GetValue* (Ukázka kódu 5.3) je nejdůležitější pro účely těchto aplikací. Pomocí ní lze z přijímaných dat dostat tu hodnotu, kterou potřebujeme. Mohou to být například jednotlivé mozkové vlny od delta vln s nejnižší frekvencí, až po gama vlny, které mají naopak frekvenci nejvyšší. Dále hodnota výše meditace nebo v případě níže uvedených aplikací nejvíce využívaná hodnota soustředění. Parametry této metody jsou id připojení a typ dat (např. soustředění), která jsou vyžadována.

```
[DllImport(@"thinkgear64.dll")]
private static extern float TG_GetValue(int
connectionId, int dataType);
public static float GetValue(int dataType)
{
    return TG_GetValue(handleID, dataType);
}
```

Ukázka kódu 5.3: Získání hodnoty potřebných dat

6 EEG aplikace

Praktická část bakalářské práce se zaměřuje na aplikace, které využívají EEG signálů. Konkrétně se v aplikacích používá signál, který udává hodnotu soustředění uživatele.

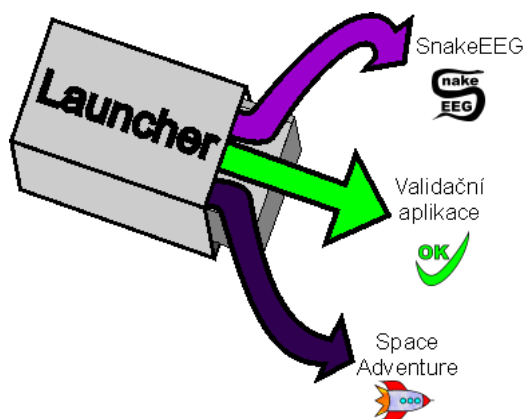
Protože jsou aplikace napsané v programovacím jazyce C# a využívají společnou třídu *ThinkGear.cs*, je tato třída realizována jako knihovna. Samotné aplikace jsou realizované jako grafické projekty *Windows Form Application*. Pracují tedy s třídou *Form* a využívají grafické komponenty dostupné z panelu nástrojů. Tyto grafické komponenty se rozmístí v designovém okně dle potřeby a poté jsou k nim připojené obslužné události napsané ve třídě, která je potomkem třídy *Form*. V té je sepsaná veškerá logika celé aplikace. V případě náročnějších aplikací mohou být v rámci projektu další pomocné třídy, pomocí kterých lze vytvořit objekty nebo sloužící k nastavení, jako je tomu například u aplikace *Snake EEG*.

Třída ThinkGear

Tato třída obsahuje podpůrné metody nutné pro připojení k bezdrátovému zařízení Neurosky Mindwave a další práci s ním. Některé metody jsou popsány výše. Jedná se o ty nutné a postačující pro správné připojení a práci se zařízením. Jsou zde i další metody, které například nastavují rychlost přenosu, formát dat a další. Ty ovšem nejsou tak často využívány, a proto není nutný jejich podrobný popis.

6.1 Aplikační launcher

Aplikační launcher, jehož zjednodušené schéma je zobrazeno na obrázku 6.1, slouží jako aplikační centrum, ze kterého se spouští ostatní aplikace. Zároveň obsahuje i stručný popis těchto aplikací, jak se ovládají a k čemu slouží. Těmi aplikacemi jsou hra *SnakeEEG*, kde se kombinuje soustředění a vstup z klávesnice, validační aplikace, která slouží k určení, zda zařízení funguje správně a poslední aplikací je hra *Space adventure*, která se hraje pouze pomocí mysli.



Obrázek 6.1: Schéma aplikačního launcheru

Další funkcí aplikace je testování připojení k zařízení. Při spuštění tohoto launcheru se načtou dostupné sériové porty do výběrového pole (combobox), vizte ukázka kódu 6.1. Z tohoto pole si uživatel musí vybrat správný sériový port, přes který bude realizována komunikace se zařízením. Pokud se vybere správný port, přes který se realizuje připojení, aplikace po krátkém prodlení začne přijímat signál ze zařízení. Podle jeho síly se změní ikona signalizující připojení. Vybraný port se uloží do proměnné. Teprve poté, co se úspěšně realizuje připojení může uživatel spustit nějakou z nabízených aplikací (vždy jen jednu). Do té doby není znám správný port, který se předává jako parametr při spuštění dalších aplikací. Ty jej použijí pro propojení se zařízením. Nemusí tak provádět proces hledání vhodného portu, ale rovnou se mohou připojit pomocí metody *Connect*, protože správný port, který tato metoda potřebuje pro připojení k zařízení, je jim předán při spuštění. Poté, co se spustí jakákoliv jiná aplikace, se přeruší aktuální spojení spouštěcí aplikace, aby se uvolnila dostupnost zařízení pro danou aplikaci.

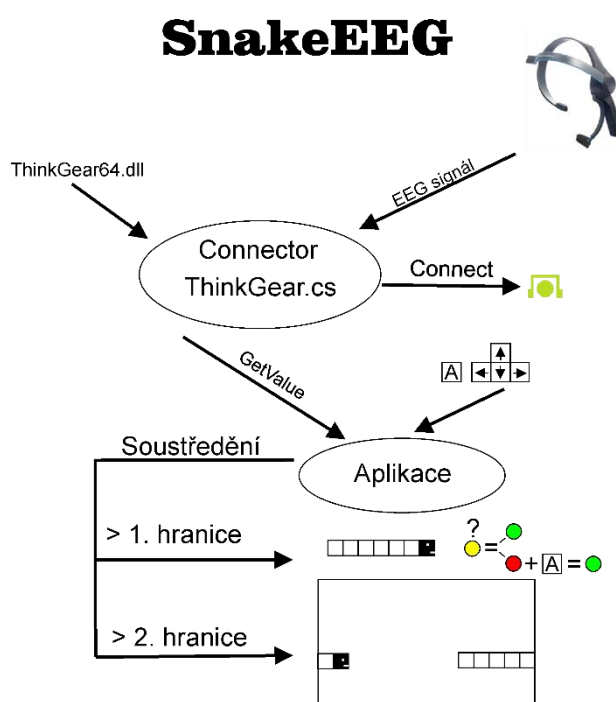
```
string[] ports = SerialPort.GetPortNames();
Dictionary<int, string> values = new Dictionary<int, string>();
for (int i = 0; i < ports.Length; i++)
{
    values.Add(i, ports[i]);
}

comboBoxPorty.DataSource = new BindingSource(values, null);
comboBoxPorty.DisplayMember = "Value";
comboBoxPorty.ValueMember = "Key";
```

Ukázka kódu 6.1: Načtení sériových portů do comboboxu

7 SnakeEEG

První aplikací je světově známá hra *Snake*, která byla obohacena o EEG nastavbu, a tedy využívá mozkové signály. Inspirace pro základní tvorbu této hry byla převzata z video tutoriálu dostupného z [19]. Zjednodušený princip hry je zobrazen na obrázku 7.1. Po připojení k zařízení má aplikace dva vstupní body. Jedním jsou data ze zařízení a druhým je vstup z klávesnice. Pomocí klávesnice se ovládá had a podle dat z EEG zařízení, ze kterých je vypočítána hodnota soustředění se určuje hratelnost hry. Po překročení první minimální hranice je umožněno zjištění, jestli lze sníst potravu (pokud ne, stisknutím klávesy A ji změni na jedlou), po dosažení druhé hranice může hráč narazit do zdi a vyjede na druhé straně okna.



Obrázek 7.1: Schéma SnakeEEG

7.1 Popis hry SnakeEEG

Základní popis hry vystihuje obrázek 7.1. Základním prvkem je had, který sbírá jídlo, díky čemuž se jeho tělo postupně zvětšuje. Tato aplikace je ovšem doplněna o EEG nastavbu. Využívá EEG signálů z přístroje Mindwave, bez kterého je tato hra téměř nehratelná. Konkrétně používá signál *Attention* neboli hodnota soustředění. Jídlo pro hada se dělí na jedlé a nejedlé. Bez minimální hodnoty soustředění ovšem hráč neví, jestli toto jídlo může sníst, či nikoliv. Pokud sebere otrávené jídlo, odečtou se body a had ztrácí část svého těla. Pokud sebere jedlou potravu, tak se body naopak přičtou a tělo hada je prodlouženo. Otrávené jídlo lze změnit na jedlé stisknutím klávesy A. Pokud byla potravu původně jedlá, vygeneruje se nová a odečte se skóre, ale pokud byla otrávená, tak se změni na jedlou, kterou had poté může sníst. Pro hraní

této hry jsou dvě minimální hodnoty signálu soustředění. Ta nižší slouží ke zjištění, jestli je potrava jedlá či nikoliv a ta vyšší zajistí hráči procházení zdí, které se tak stanou portálem (had projde zdí a vyjede z protější zdi). Hra je rozdělena na 5 úrovní. S každou úrovní se zvyšuje rychlost pohybu hada a množství potravy, které musí sníst. Cílem hry je dostat se přes všechny úrovně až do posledního levelu a získat tak co nejvíce bodů.

Ovládání

Had se ovládá pomocí šipek doleva, nahoru, doprava a dolů. Dále se ke hře používá klávesa A, která může změnit otrávenou potravu na jedlou.

Potrava

Potrava se dělí na jedlou a nejedlou. Pokud se hráč málo soustředí, tak neví, jestli had může potravu sníst či nikoliv. Taková potrava má žlutou barvu. Jakmile se dostane nad minimální hodnotu soustředění, barva se změní na červenou či zelenou podle toho, jestli je jedlá nebo otrávená (jedlá = zelená, otrávená = červená).

Skóre

Body jsou při hře postupně přičítány i odečítány. Plusové body může hráč získat tím, že sebere zdravé jídlo. Naopak odečíst se mohou body za to, že sebere jedovaté jídlo, či zmáčkne klávesu A v případě, že je potrava jedlá. (Body se odečtou pouze v případě, že potrava byla jedlá ihned při vygenerování. Pokud „vyléčí“ potravu, tak při dalším stisku klávesy A se již nic nestane).

Body jsou udělovány následovně:

- Sebrání jedlé potravy +100 bodů,
- sebrání otrávené potravy -50 bodů,
- „vyléčení“ neotrávené potravy -500 bodů.

Účel hry

Hra je koncipována tak, aby hráče donutila lépe se soustředit. Tomu je pomáháno pomocí formy biofeedbacku, která je zde využita. Bez soustředění hráč nemůže hru vyhrát s přijatelným výsledkem. Když bude mít štěstí, tak se nedostane do záporných bodů. Tím, že dostane zpětnou vazbu na to, jak jeho mozek pracuje, tím se zvýší hratelnost a efektivita hry. Čím více se soustředí, tím lépe se hra hraje a dosahuje se lepších výsledků, což je pro lidský mozek velmi žádoucí. S trochou tréninku si takové stavy, a hlavně jak se k nim dopracovat, uloží do paměti, což lze poté využít v mnohem důležitější chvíli než při hraní hry.

7.2 Struktura kódu SnakeEEG

Aplikace je postavena okolo grafického jádra. Využívá formulář s grafickými komponentami, a navíc má další pomocné třídy pro nastavení, vstup z klávesnice apod.

Třída Circle

Ve třídě jsou definovány souřadnice X a Y, pro vytvoření bodu (potrava, tělo hada). Dále barvu, kterou bude daný útvar mít a v případě, že se bude jednat o potravu, tak proměnné udávající, jestli bude otrávená, či jedlá a jestli ji lze smazat a generovat novou. Třída v konstruktoru nastavuje defaultně hodnoty souřadnic X a Y na 0 a hodnotu *eatAble* na -1 (Ukázka kódu 7.1).

```
class Circle
{
    public int X {get; set; }
    public int Y {get; set; }
    public Brush Color {get; set; }
    public int EatAble { get; set; }
    public bool DeletAble { get; set; }

    public Circle(Brush color, int x = 0, int y = 0, int eatAble = -1 )
    {
        this.X = x;
        this.Y = y;
        this.Color = color;
        this.EatAble = eatAble;
        this.DeleteAble = true;
    }
}
```

Ukázka kódu 7.1: Třída *Circle*

Třída Input

Tato třída se stará pouze o vstup z klávesnice. Podle toho, jaká tlačítka byla stisknuta při hře, zajistí další akce. Příkladem může být stisknutí klávesy A pro „vyléčení“ potravy. Pokud se stisknutá klávesa rovná hodnotě pro A, je vykonána akce dle příslušné metody, která tento stisk zachycuje.

Třída Settings

Tato třída je statická. To znamená že všechny její proměnné jsou statické, a tedy se nevytváří žádná instance této třídy. Obsahuje základní nastavení pro hru jako je rychlost, skóre, kolik potravy ještě musí had posbírat a mnoho dalšího. Při vytvoření má tato třída nastaveny výchozí hodnoty proměnných pro první úroveň hry (Ukázka kódu 7.2), které se v průběhu hry samozřejmě mění, jako například skóre nebo třeba zvýšení rychlosti, minimální hodnoty soustředění pro odhalení typu potravy apod.

```

public Settings()
{
    width = 12;
    height = 12;
    speed = 10;
    score = 0;
    foodCountLeft = 10;
    points = 100;
    minAttentionFood = 30;
    minAttentionPortal = 50;
    gameOver = false;
    direction = Direction.Down;
    level = 1;
}

```

Ukázka kódu 7.2: Výchozí nastavení třídy *Settings*

Třída *FormSnake*

Tato třída se stará o obsluhu grafického rozhraní jako jsou tlačítka, časovače a jiné komponenty, které aplikace využívá. Nejdříve se při startu aplikace přečte port z parametru a realizuje se propojení s headsetem. Poté se nastaví časovače. Jeden slouží pro samotnou hru a druhý pro spojení se zařízením. V herním časovači se nastaví interval na rychlost hry, což znamená, za jak dlouho se překreslí okno hry. Časovač pro zařízení je nastaven na 10 milisekund. Tedy každých 10 milisekund se pokusí aplikace přečíst data ze zařízení, konkrétně hodnotu soustředění. Poté byly nastaveny metody, které se v každém intervalu provedou. Nakonec se provede defaultní nastavení a spustí se hra.

Metodami, které se spouští v každém časovém intervalu jsou *updateScreen* (popsána níže) a *updateNeurosky*. Metoda *updateNeurosky* se pokusí přečíst data ze zařízení. Načte do proměnných vrácený kód z metody *ReadPackets*, hodnotu soustředění a sílu signálu. Pokud metoda *ReadPackets* nepřečte správně paket (vrácený kód menší než 0), metoda *GetValue* vrátí naposledy naměřenou hodnotu (vizte kapitola Důležité metody, podkapitola Metoda *ReadPackets*). Pokud je vrácený kód větší nebo roven nule, znamená to, že byl správně přečten paket a změní se podle síly signálu ikona signalizující připojení. Dále se kontroluje proměnná s hodnotou soustředění, jestli dosahuje daných minimálních hodnot pro potravu a procházení zdí a podle toho se mění barva potravy a hodnoty ukazatele průběhu.

V metodě *StartGame* se nastaví hodnoty ve třídě *Settings* (Pokud je to nová hra, tak jsou to hodnoty výchozí, pokud se zvýší úroveň, tak se nastaví hodnoty pro tuto úroveň a v případě prohry, se resetují hodnoty pro danou úroveň, která byla dosud dosažena včetně skóre, které bylo při jejím dosažení aktuální). Dále se vytvoří nový hráč (čtverec na souřadnicích X, Y),

který se vloží do datové struktury *spojový seznam* jako hlava hada. Následuje vygenerování potravy.

V metodě *generateFood* (Ukázka kódu 7.3) se nastaví maximální hodnoty pozice vygenerování potravy. Ty jsou dané následujícím vzorcem:

$$\text{maxXPos} = \frac{pW}{sW}$$

kde,

maxXPos – maximální generovatelná hodnota pro X

pW – šířka herního okna (pro hada, nikoliv okna aplikace)

sW – šířka pro tělo hada (nebo potravu) definovaná ve třídě *Settings*

Podobně tomu je pro výpočet maximální hodnoty pro Y. Dále se vygeneruje náhodné číslo pomocí třídy *Random*, které udává, jestli je potrava jedlá nebo otrávená. Nakonec se vygeneruje samotná potrava jako nový kruh, který má nastavenou barvu vykreslení, souřadnice potravy, kde jsou rovněž pomocí třídy *Random* vygenerované pozice pro jednotlivé osy, jejichž hodnoty jsou v rozsahu od 0 do hodnoty v proměnné *maxXPos* (případně *maxYPos*).

```
int maxXPos = pictureBoxGame.Size.Width / Settings.width;
int maxYPos = pictureBoxGame.Size.Height / Settings.height;

Random random = new Random();
int eatAble = random.Next(0, 100);
Brush eatColor = Brushes.Yellow;
if(attention >= Settings.minAttentionFood)
{
    if (eatAble > 50) eatColor = Brushes.Green;
    else eatColor = Brushes.Red;
}
food = new Circle(eatColor, random.Next(0, maxXPos), random.Next(0,
maxYPos), eatAble);
```

Ukázka kódu 7.3: Metoda *generateFood*

Nyní se v každém časovém intervalu provede metoda *updateScreen*, která má za úkol nastavit vše potřebné pro překreslení herního okna. Úplně na začátku se zjišťuje, jestli není hra pozastavena (hodnota *gameOver* je nastavena na hodnotu *pravda*). Pokud ano, tak se ještě kontroluje, jestli nebyl stisknut *Enter* pro novou hru. Jestliže není konec hry, přejde se do vykreslovací části. Ihned ze začátku se kontroluje stisknutí klávesy A pro „vyléčení“ potravy. Co se stane, jestli bylo stisknuto ve správný moment nebo nikoliv je popsáno níže. Poté se kontrolují tlačítka pro změnu směru, jakým se bude had pohybovat. Následuje metoda pro posun hráče a překreslení okna.

Při pohybu hráče se prochází spojový seznam čtverců (had). Pokud se jedná o hlavu hada, nastaví se jeho souřadnice podle směru, kterým se pohybuje a každý další objekt (tělo hada) se posune na pozici toho předchozího. Dále je zajišťována kolize s hranicí okna, která je doplněná o možnost procházení zdí, při vyšší hodnotě soustředění, než která je pro to nastavená (ukázka kódu 7.4), tělem nebo potravou.

```
if (snake[i].X < 0 || snake[i].Y < 0
    || snake[i].X >= maxXPos || snake[i].Y >= maxYPos)
{
    if (attention >= Settings.minAttentionPortal)
    {
        if (snake[i].X < 0) snake[i].X = maxXPos;
        else if (snake[i].Y < 0) snake[i].Y = maxYPos;
        else if (snake[i].X >= maxXPos) snake[i].X = 0;
        else snake[i].Y = 0;
    }
    else Die();
}
```

Ukázka kódu 7.4: Zajištění kolize s hranicí okna

Metoda pro překreslení smaže vše, co je aktuálně v herním okně a následně to opět vykreslí. Překreslovat se bude okno pouze tehdy, není-li konec hry (např. náraz do stěny, či dokončení úrovně). Při překreslení se projde seznam objektů z těla hada a všechny se vykreslí podle příslušných pravidel (hlava má např. jinou barvu než zbytek těla) poté se vykreslí i potrava s příslušnou barvou. Toto se děje pořád dokola dokud je hra spuštěna. Pokud nastane konec hry, vypíše se příslušná hláška podle toho, jestli byla způsobena kolize se zdí, či vlastním tělem nebo se zvýšila úroveň.

Posledními metodami jsou metody *eat* a *die*. Ty se spustí podle toho, jestli hráč zemře nebo sní potravu. První metoda zajistí přičtení, či odečtení bodů za sněžení potravy a případné prodloužení či zkrácení hada a následně vygenerování další potravy. Druhá nastaví proměnnou *gameOver* na hodnotu *pravda*, což bude zaregistrováno ihned po dalším spuštění metody *updateScreen*.

8 Validační aplikace

Další miniaplikací je aplikace validační, která má za úkol zjistit správné fungování EEG zařízení. Je to jednoduchý test, který je poskládaný z několika jednoduchých otázek. U některých otázek se předpokládá zvýšené soustředění na její správné vypracování, u jiné naopak snížení hodnoty soustředění, což se zjistí pomocí aktivního grafu, který se mění v průběhu testu.

8.1 Struktura kódu validační aplikace

Tento projekt neobsahuje další pomocné třídy, ale pouze formulářové okno s třídou, která jej obsluhuje. V této třídě se nachází vnitřní třída *Coord*, potřebná pro jednu z otázek aplikace.

Třída *FormValidation*

Třída *FormValidation* se stará o obsluhu komponent z grafického prostředí a obsahuje logiku celé aplikace. Obsahuje proměnné a metody nutné pro správný chod programu.

Při spuštění aplikace se přečte port, který byl poslán jako parametr a zařízení se propojí s aplikací. Poté se nastaví časovače, přidají se body do spojového seznamu, na jejichž pozicích jsou v poslední otázce rozdíly. Do 2D pole se načtou správné odpovědi, pomocí kterých se bude na konci testu vyhodnocovat výsledek, a nakonec se spustí metoda s výchozím nastavením.

Po úspěšném připojení k zařízení se opět načítá hodnota toho, jak moc se uživatel soustředí, do ukazatele průběhu. Poté je možné spustit test. Při spuštění testu se zapne časovač pro graf a každou vteřinu do něj zapisuje aktuálně naměřenou hodnotu soustředění. Zároveň se načte obrázek a odpovědi pro první otázku. Poté, co se vyhodnotí první otázka a stiskne tlačítko pro přechod na další otázku, se do grafu zvýrazní čas přechodu na další otázku. Tento proces je podobný pro všechny otázky.

U poslední otázky, což je hádání rozdílů uživatel musí naklikat do míst v pravém obrázku (zhruba uprostřed), kde se nachází rozdíl. Při kliknutí do obrázku se zjišťuje, jestli je vzdálenost kursoru od některého z načtených bodů menší než 10 pixelů. Pokud ano, uloží se bod do seznamu správně uhádnutých bodů a zároveň se toto místo označí. Pro výpočet vzdálenosti je použit vzorec z analytické geometrie pro vzdálenost dvou bodů, ve kterém se dopočítává na pravoúhlý trojúhelník a využívá se tak Pythagorova věta:

$$a = |Ax - Bx|$$

$$b = |Ay - By|$$

$$|AB| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

kde je,

a – rozdíl x souřadnic dvou bodů (1. odvěsna trojúhelníku),

b – rozdíl y souřadnic (2. odvěsna trojúhelníku),

$|AB|$ – vzdálenost dvou bodů

Po nalezení všech rozdílů se odešlou všechny otázky a provede se vyhodnocení. Na obrazovce se zobrazí výsledek a zároveň se zastaví časovač pro graf. Před spuštěním dalšího testu se resetují potřebné hodnoty.

8.2 Otázky⁷

Aplikace se zakládá na 5-i jednouchých otázkách, které testují soustředění uživatele. Je nutné zde počítat s některými rušivými jevy, které mohou mít vliv na výsledek měření.

Otázka č. 1 – kolik má domeček oken?

Tato otázka (obrázek 8.1) je velmi primitivní. Neklade na uživatele velké nároky, a především slouží ke kalibraci zařízení, než se přejde na složitější otázky, kvůli čemuž je záměrně vložena na začátek testu.

Kolik má domeček oken?

- 7
- 8
- 9



Obrázek 8.1: Otázka č. 1

Otázka č. 2 – vyřešte rovnici. Čemu se rovná X?

Druhá otázka (obrázek 8.2) klade mnohem větší nároky. Jedná se o počítání rovnice. Díky tomu, že jsou odpovědi testové, lze si dosadit jednotlivé výsledky z hodnotu X a rovnici řešit z paměti. Druhým způsobem, který mohou uživatelé zvolit, je využití papíru a tužky, což může průběh křivky soustředění nepatrně změnit například při opisu rovnice na papír.

⁷ Obrázky pro některé otázky jsou dostupné z [20], [21]

$$\frac{X-1}{X-3} = \frac{X+2}{X+1}$$

Vyřešte rovnici.
Čemu se rovná X?

-5
5
1

Obrázek 8.2: Otázka č. 2

Otázka č. 3 – jakou barvu má spodní prádlo dívky?

Otázka číslo 3 je do testu vložena záměrně. V případě, že je uživatel muž, očekává se u této otázky, že jeho soustředění okamžitě klesne, což by mělo zařízení zaregistrovat. Pokud se jedná o ženu, neočekává se okamžité snížení pozornosti. Otázka neklade velké nároky na vyhodnocení, ale právě pro muže se může stát překážkou v pozornosti. Jak je vidět na obrázku 8.3, ptá se na barvu spodního prádla dívky. Aby bylo vidět snížení soustředění, je vložena mezi otázky vyžadující velké soustředění.

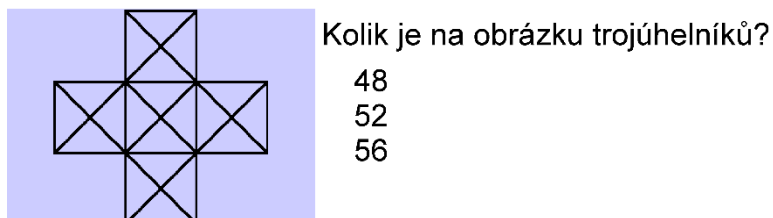
Jakou barvu má spodní prádlo dívky?
Zelená
Fialová
Modrá



Obrázek 8.3: Otázka č. 3

Otázka č. 4 – kolik je na obrázku trojúhelníků?

Čtvrtá otázka je zaměřena na počítání. Na obrázku je obrazec složený z několika trojúhelníků, jak je možné vidět na obrázku 8.4. Úkolem je zjistit, kolik trojúhelníků je dohromady na obrázku. Je zde očekáváno opět vysoké soustředění, protože počítání trojúhelníků je náročné a na mnohé se snadno zapomene. Proto je nutné zvolit správnou strategii počítání. Při této otázce se jako rušivý jev může projevit například kontrolování napočítaných trojúhelníků s možnými odpověďmi, zapisování dílčích výsledků na papír či jiné přerušování počítání.

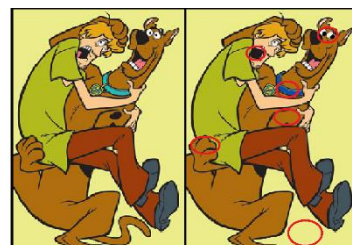


Obrázek 8.4: Otázka č. 4

Otázka č. 5 – najděte 6 rozdílů

Posledním úkolem je hledání rozdílů mezi dvěma obrázky, vozte obrázek 8.5. I zde se očekává dlouhodobé soustředění. Některé rozdílů jsou okamžitě vidět, nalezení jiných může chvíli trvat, což se také může projevit na průběhu křivky. Ta může být ovlivněna mírnou frustrací z dlouhého hledání právě těch malých rozdílů, které se snadno přehlédnou.

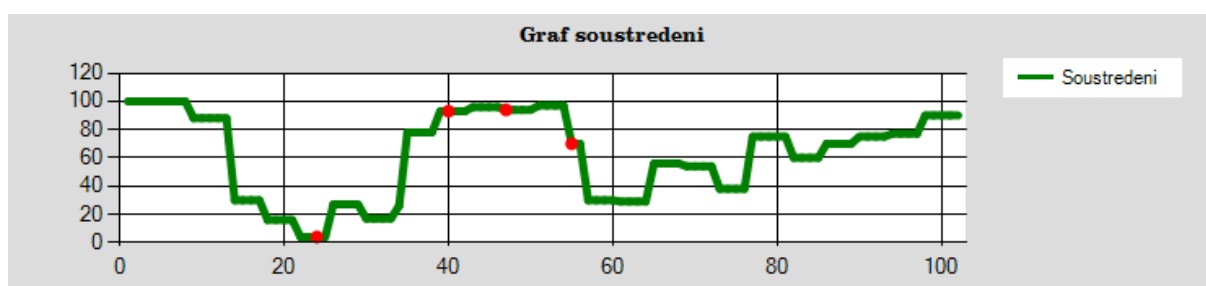
Najděte 6 rozdílů



Obrázek 8.5: Otázka č. 5

8.3 Finální graf

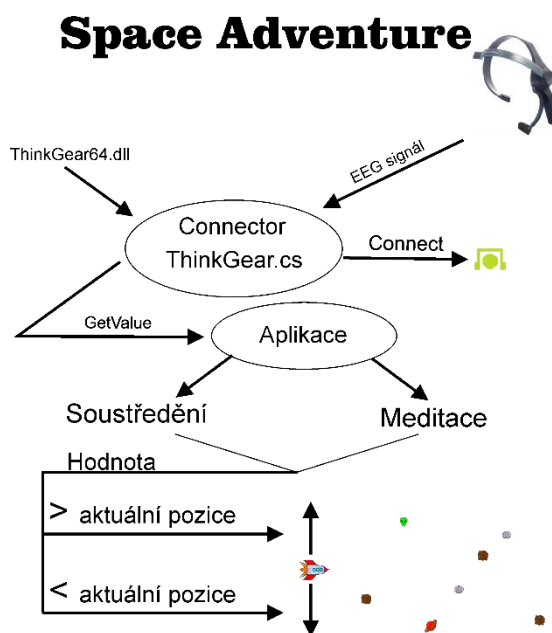
Po dokončení testu se může uživatel podívat na finální graf. Jak je vidět z obrázku 8.6, jedná se o spojový graf, který má v ose X časové hodnoty generované každou vteřinu a na ose Y má hodnoty soustředění od 0 do 100. Každou vteřinu si tak uloží hodnotu soustředění. Tyto hodnoty pak zobrazuje pomocí křivky. Na grafu je tedy zobrazena křivka, jež spojuje jednotlivé body. Dále tam jsou červená kolečka, která znázorňují přechod na další otázku, tedy 1. tečka znázorňuje přechod z první otázky na druhou otázku apod., proto jsou tečky pouze 4. Uživatel si tak může zkontrolovat, jak dlouho mu trvalo vypracování konkrétní otázky a jak se při jejím zpracovávání soustředil. Po dokončení testu se mu zobrazí i výsledek testu v procentech, jak byl úspěšný. V tomto případě se jedná spíše o formalitu. Účel této aplikace není otestovat matematické a jiné dovednosti uživatele, ale jeho schopnost soustředit se.



Obrázek 8.6: Graf z validační aplikace

9 Space adventure⁸

Poslední miniaplikací je hra *Space adventure* neboli vesmírné dobrodružství. Hra se ovládá pouze vlastní myslí. Jedná se o biofeedbackovou aplikaci, díky níž je možné trénovat mozek a naučit se tak více a kontrolovatelně soustředit. Obrázek 9.1 zjednodušeně popisuje princip hry. Po připojení si hned na začátku hry uživatel vybere, jestli chce snímat hodnoty meditace nebo soustředění a potom může začít hrát. Podle toho, jak se moc je vysoká hodnota soustředění či meditace, podle toho se raketa hýbe nahoru a dolů a může se vyhýbat překážkám.



Obrázek 9.1: Schéma hry Space adventure

9.1 Popis hry Space adventure

V této hře hráč hraje za raketu ve vesmíru. Jeho úkolem je vyhýbat se asteroidům a menším planetkám, které ho mohou poškodit nebo úplně zničit. Naopak by se měl snažit posbírat ztracené astronauty nebo bonusové mart'any, kteří mu přidají více bodů, a navíc pokud má poškozenou raketu, pomohou mu jí opravit. Hra nemá žádný konkrétní cíl. Jediný cíl této hry je zůstat co nejdéle naživu a získat co možná nejvíce bodů.

Ovládání

Tato hra se ovládá pouze vlastními myšlenkami. Je k ní potřeba EEG zařízení, které odesílá do aplikace signály, které jsou následně zpracovány. Je na hráči, jestli bude hru ovládat pomocí meditace či soustředění.

⁸ Obrázek na pozadí aplikace je dostupný z [22]

Skóre a životy

Hráč má ze začátku hry plno životů, jejichž výše se může v průběhu hry měnit. Ve hře hráč může potkat 4 typy objektů:

1. Asteroid: odečte 50 bodů a ubere 30 životů (pokud klesnou životy na 0, je konec hry),
2. planetka: okamžitý konec hry,
3. ztracený astronaut: přičte 100 bodů,
4. mart'an: přičte 500 bodů a přidá 20 životů.

Účel hry

Tato hra má jediný účel a tím je trénink mozku. Člověk se nedokáže bez tréninku naučit lépe soustředit či meditovat. K tomu je potřeba dlouhý trénink, stejně jako když se chce naučit nějaký sport. Tato hra ho naučí lépe ovládat své myšlenky a čím více bude pomocí této hry trénovat, tím snadněji se mu bude hrát.

9.2 Struktura kódu Space adventure

Tato aplikace je podobně jako *SnakeEEG* postavena okolo grafického jádra. Využívá podobně třídy k vlastním účelům (např. pro definování překážek), ale hra se ovládá pouze pomocí zařízení, tedy pouze vlastním mozkiem. Nevyužívá žádný vstup z klávesnice.

Třída Asteroid

Třída *Asteroid* definuje parametry pro překážky ve hře, kterým se musí hráč vyhýbat. Objekty z této třídy si v sobě drží informace o souřadnicích a rozměrech. Dále také obrázek, který se bude při hře jako tento objekt vykreslovat. Může tedy jít buď o asteroid nebo planetku.

Třída Astronaut

Třída *Astronaut* definuje objekty, které by měl naopak hráč sbírat. Podobně jako třída *Asteroid* si objekty drží informace o souřadnicích, rozměru a obrázek pro vykreslení (astronaut nebo mart'an). Navíc si drží informaci o tom, jestli se jedná o bonus.

Třída Player

V případě třídy *Player* se jedná o třídu statickou. Tedy, že se z takové třídy nevytvářejí instance (objekty). Uchovává v sobě informace pro hráče, které se v průběhu hry mění. Jedná se o souřadnice a rozměry podobně jako u předchozích dvou tříd. Dále zdraví, skóre a proměnná, která slouží k určení, jestli je hra spuštěna nebo je konec hry (ukázka kódu 9.1).

```

public Player()
{
    yPos = 0;
    xPos = 50;
    width = 45;
    height = 30;
    score = 0;
    speed = 100;
    health = 100;
    gameOver = false;
}

```

Ukázka kódu 9.1: Výchozí nastavení třídy *Player*

Třída *FormSpaceA*

Tato třída je tou třídou, která definuje chování grafického rozhraní a obsahuje logiku celé aplikace. Aplikace dostane při spuštění podobně jako aplikace předchozí informace o portu, přes který se má připojit a sbírat data ze zařízení a ihned se přes něj připojí. Poté se nastaví 2 obdélníky pro plynulý posun pozadí. Nastaví se časovače pro hru a pro zařízení (interval žádosti o data) a do spojových seznamů pro asteroidy a astronauty, které se začnou následně vykreslovat.

Metoda *updateNeurosky*, která se spouští při každém intervalu časovače *timerNeurosky*, běží na pozadí a aktualizuje signál, podle kterého se uživatel na začátku hry rozhodl hrát (hodnota meditace nebo soustředění) a dle hodnoty *poorSignal* udává sílu signálu připojení. V metodě *updateScreen* se kontroluje, jestli je hra spuštěna. Pokud ano, tak se kontrolují kolize s objekty. Spustí se metoda *doOnCollision*, která podle vstupního parametru změní hodnoty. O hodnotu vstupního parametru se stará metoda *collisionCheck*, která je zobrazena v ukázce kódu 9.2. Ta vytvoří imaginární obdélníky okolo hráče a prvního objektu z obou seznamů. Nakonec se kontrolují průniky mezi hráčem a asteroidem a mezi hráčem a astronautem. V případě, že hráč protne asteroid, vrátí metoda hodnotu -1. Pokud nastane průnik mezi hráčem a astronautem metoda vrátí hodnotu 1, jinak vrací 0. Podle této hodnoty metoda *doOnCollision* provede potřebnou změnu hodnot, pokud nebyla vrácena hodnota 0. Při vrácené hodnotě 1 se přičtou body a případně i zdraví, pokud bude vrácená hodnota -1, body se naopak odečtou a případně se ukončí hra. Po kontrole kolizí se zvyšují čítače pro generování asteroidů a astronautů (pro obě různě) o hodnotu intervalu a při překročení zadané hodnoty čítač vynuluje a spustí se metody pro generování hvězdy nebo asteroidu. Nakonec metoda smaže obsah herního okna, které se ihned překreslí.

```

Rectangle player = new Rectangle(Player.xPos, Player.yPos, Player.width,
Player.height);
Rectangle meteor = new Rectangle();
Rectangle astronaut = new Rectangle();
if (asteroids.Count != 0){
    meteor = new Rectangle(asteroids[0].XPos, asteroids[0].YPos,
        asteroids[0].Width, asteroids[0].Height);}
if (astronauts.Count != 0){
    astronaut = new Rectangle(astronauts [0].XPos, astronauts [0].YPos,
        astronauts [0].Width, astronauts [0].Height);}

if (player.IntersectsWith(meteor)) return -1;
else if (player.IntersectsWith(astronaut)) return 1;
return 0;

```

Ukázka kódu 9.2: Metoda *collisionCheck*

V metodách pro generování se generují náhodné rozměry a souřadnice Y pro umístění objektů. Podle velikosti se přiřadí obrázek, podle kterého hráč pozná, jak moc se mu musí vyhnout či se naopak snažit jej sebrat. Nakonec se přiřadí do příslušného spojového seznamu, které se procházejí při vykreslování, tedy se začne vykreslovat.

Při vykreslování se všechny objekty, kromě hráče posouvají doleva, tedy při každém kroku se změní souřadnice X o hodnotu -1. Naopak hráč se posouvá po ose Y, podle toho, jak vysoká je zvolená hodnota signálu. Pokud je jeho aktuální hodnota Y vyšší než naměřená hodnota signálu (např. soustředění), tak se postupně snižuje jeho pozice po ose Y, pokud je jeho aktuální hodnota Y nižší, tak se naopak postupně zvyšuje. Pozadí se mění zleva doprava, aby bylo zajištěno efektu pohybu rakety. To je realizováno pomocí dvou stejných obrázků, které jsou hned za sebou a v každém kroku se jim sníží souřadnice X. Pokud je souřadnice X + šířka obrázku menší než 0, souřadnice X se změní na šířku herního okna, tedy se posune zleva doprava a začne se opět postupně vykreslovat, což je znázorněno v ukázce kódu 9.3.

```

firstBack.X--;
secondBack.X--;

canvas.DrawImage(Properties.Resources.spaceBack, firstBack);
canvas.DrawImage(Properties.Resources.spaceBack, secondBack);

if (firstBack.X + firstBack.Width <= 0)
    firstBack.X = pictureBox1.Size.Width;
if (secondBack.X + secondBack.Width <= 0)
    secondBack.X = pictureBox1.Size.Width;

```

Ukázka kódu 9.3: Realizace plynulosti pozadí

10 Uživatelské testování EEG zařízení

Aplikace byly v rámci bakalářské práce vyzkoušeny na několika osobách. Převážně se jednalo o studenty či studentky vysoké školy. Při testování lidí s EEG zařízením se měření setkává s různými rušivými artefakty a jevy, které mohou mít malý, ale i značný vliv na výsledek měření.

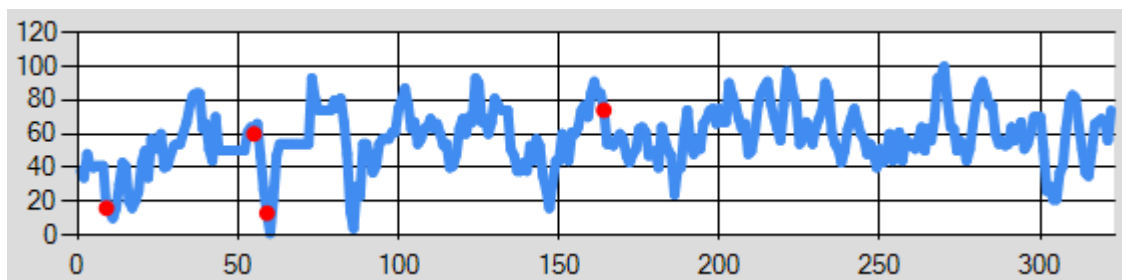
10.1 Artefakty a jejich dopad na měření

Za rušivé artefakty jsou považovány předměty, které mohou signál rušit či jej značně oslabit, což způsobí, že ze zařízení nelze získat požadované hodnoty. Jako příklad lze uvést náušnice. Pokud měla žena náušnici, nejenže se na ušní lalůček špatně připínal snímač, ale kovová náušnice navíc signál rušila tak, že aplikace nebyla schopná ze zařízení získat požadovaný signál. Tyto artefakty je nutné před měřením odstranit.

10.2 Rušivé jevy a jejich dopad na měření

Rušivé jevy, které mohou změnit naměřené hodnoty, se rozdělují na vnější a vnitřní. Mezi vnitřní rušivé jevy, které mohou zkreslovat signál, patří například různé poruchy, stres či frustrace a do vnějších jevů, které signál ovlivňují, patří různé zvuky z okolí, přítomnost nějaké osoby a mnoho dalšího. Při měření je nutné s těmito jevy počítat, neboť by mohly značně ovlivnit výsledný posudek. Je velmi nežádoucí vyvodit z měření nějaký rozhodující posudek na člověka, či EEG zařízení (např. v případě jeho validace) bez toho, aniž by se braly v úvahu tyto jevy. Pro měření je nutné znát případné poruchy subjektu a pokusit se co nejvíce omezit rušivé jevy ať už vnitřní, či vnější.

Příklad zkreslení výsledného signálu lze vidět na obrázku 10.1, kde je průběh soustředění při plnění otázek validační aplikace. U posledních dvou otázek (přibližně od 60. vteřiny) si lze všimnout výkyvů v soustředění. Při počítání trojúhelníku subjekt stále kontroloval spočítané trojúhelníky s možnými odpověďmi, což jej mírně rušilo. Po přechodu na poslední otázku (od poslední červené tečky) se u testovaného subjektu projevovala mírná frustrace, kdy nebyl schopen najít rozdíly, a proto jeho soustředění kolísalo.



Obrázek 10.1: Příklad výsledku validační aplikace

10.3 Testovací vzorek a validace

Subjekty uvedené v tabulce 10.1 testovaly EEG zařízení pomocí validační aplikace, jejíž popis a funkce jsou popsány v kapitole 8 – Validační aplikace. Průběhy jsou seskupeny v příloze C pro muže a v příloze D pro ženy.

Tabulka 10.1: Testované subjekty

Testovaný Subjekt	Povolání
Tomáš Bartušek	Student VŠ – obor IT
Pavel Bárta	Student VŠ – obor IT
Jan Houžvička	Student VŠ – obor IT
Milan Čáslavský	Student VŠ – obor stavební architektura
Michal Bednář	Policista
Dana Jablonská	Sekretářka
Barbora Kohoutová	Studentka VŠ – obor IT
Anna Zahálková	Studentka VŠ – obor ekonomika
Andrea Slavíčková	Studentka VŠ – obor ekonomika

Subjekt 1

První testovaný subjekt je student vysoké školy. Při první otázce měl hladinu soustředění ustálenou kolem hodnoty 40 (průměrná hodnota soustředění u první otázky pro všechny subjekty). Mírné snížení nastalo při dopočítání oken a hledání správné odpovědi. Při počítání příkladu (otázka č. 2) se jeho soustředění postupně s mírným kolísáním zvyšovalo. Po přechodu na třetí otázku, kde je vyobrazena dívka ve spodním prádle, jeho soustředění okamžitě spadlo, což bylo očekáváno. U počítání trojúhelníků v obrazci subjekt mírně rušila neustálá změna zraku mezi obrázkem a odpověďmi. Jak je zmíněno výše u posledního obrázku, kde se hledají rozdíly již docházelo k mírné frustraci, což vyústilo v kolísání křivky soustředění. U subjektu nejsou známy žádné poruchy chování, či soustředění, které by mohly mít na výsledek vliv.

Subjekt 2

Druhý subjekt nevykazoval příliš soustředění při počítání oken v první otázce. U druhé otázky se křivka držela kolem hodnoty 40. Stejně jako u předchozího subjektu, i zde kleslo soustředění při plnění 3. otázky (obrázek dívky ve spodním prádle). Uživatel v průběhu testu vykazoval průměrné soustředění. Nedocházelo u něj k příliš velkým výkyvům, ani se míra soustředění nedržela v krajních hodnotách. Ani u tohoto uživatele nejsou známy žádné poruchy soustředění.

Subjekt 3

Třetí testovaný muž je rovněž studentem VŠ. U počítání příkladu vykazoval velké výkyvy v soustředění. Patrně proto, že test prováděl v rušném prostředí studentského respiria a příklad se snažil vypočítat z hlavy. Poté přešel na přepsání příkladu na papír a teprve poté se začal více soustředit. I u tohoto uživatele došlo ke značnému poklesu soustředění při přechodu na 3. otázku (dívka ve spodním prádle). Následně křivka několik vteřin vykazovala hodnotu 0. Buďto byl student příliš rozhozen obrázkem dívky a opravdu se nesoustředil, nebo aplikace nebyla schopna několik vteřin přečíst data ze zařízení a metoda *getValue* vracela poslední naměřenou hodnotu, kterou byla 0. Po několika vteřinách signál opět zesílil. Student se ovšem v rušném prostředí nedokázal příliš soustředit na otázky, a proto se křivka držela v nižších hodnotách, kolem hodnoty 40.

Subjekt 4

U 4. subjektu jsou známé problémy se soustředěním již od mladého věku (neustálé vyrušování ve škole apod.), což je vidět i na celkovém průběhu křivky, která neustále kolísá. Lze tedy naměřené hodnoty ze zařízení považovat za správné, neboť tento člověk se nedokáže dlouho soustředit na jednu věc. Při druhé otázce si opisoval příklad na papír, na což zařízení reagovalo nízkou hodnotou soustředění. Poté co začal počítat, šla křivka postupně nahoru. Opět došlo ke snížení soustředění při řešení třetí otázky a následovalo silné kolísání křivky při posledních dvou otázkách, které mohou mít za následek právě mírné poruchy soustředění.

Subjekt 5

Subjekt 5 již není student, ale pracující člověk – policista. Při prvních dvou otázkách nevykazoval příliš velké soustředění. U třetí otázky (obrázek dívky) jeho soustředění na rozdíl od předchozích mužských subjektů (subjekty 1-4) nekleslo. Zde není možné přesně určit, jestli to bylo způsobeno tím, že nad ním stála partnerka, nebo že se jedná o policistu, který již charakterem povolání pohlíží na lidi z jiného úhlu. Následně zařízení vykazovalo téměř nezměněnou vysokou míru soustředění s mírnými odchylkami.

Subjekt 6

První testovanou ženou byla sekretářka. Při testování byla v klidném prostředí. Při prvních dvou otázkách (počítání oken a řešení rovnice) vykazovala průměrné hodnoty soustředění. Při třetí otázce (dívka ve spodním prádle) se projevilo jiné myšlení žen. Konkrétně tu žena prokázala větší cit pro barvy, než mají muži. Zatímco muži se shodli na modré barvě, která byla mezi odpověďmi, tato žena po konci testu sdělila, že hledala mezi odpověďmi barvu tyrkysovou, což

jí značně rozhodilo a projevilo se to na poklesu křivky ve 25. vteřině. Až poté zvolila modrou barvu jako odpověď. Počítání trojúhelníků po chvíli přeskočila. Při hledání rozdílů se u ní podobně jako u prvního subjektu projevovala mírná frustrace, protože nemohla dlouho najít poslední dva rozdíly.

Subjekt 7

Dalším testovaným subjektem byla studentka informačních technologií. Na začátku aplikace se nemohla soustředit, když ji při testu sledovali spolužáci. Proto je poprosila, jestli by nemohli z místnosti odejít. To se projevilo na době a velkým výkyvům soustředění při zpracování první otázky. Druhou otázku zpracovávala na papíře, což mohlo mít za následek prvotní kolísání křivky v nižších hodnotách. Poté již měla křivka stoupající tendenci. U třetího obrázku podobně jako výše zmíněná sekretářka projevila odlišné ženské myšlení. Při přečtení otázky ji rozhodil fakt, že žena na sobě nemá spodní prádlo, ale plavky, a proto o otázce přemýšlela jinak, než se původně zamýšlelo. Poslední výrazné kolísání je dáno tím, že se do místnosti vrátili spolužáci, což ji rozhodilo. Poté se vrátila zpět k hledání rozdílů a následně jí cíleně vyrušili, takže křivka prudce spadla. Toto vyrušování však přináší pro měření cenné údaje.

Subjekt 8

U dalšího subjektu hrál velkou roli silný energetický nápoj, který předtím dívka vypila. Před měřením sdělila, že se cítí mírně hyperaktivní. Pravděpodobně proto má křivka velmi kolísavý průběh. Při počítání příkladu, který počítala bez papíru, si nepřečetla celou otázku a ihned začala počítat. Teprve poté, co jí nevycházel výsledek si řádně přečetla zadání a začala počítat znovu, což jí i značně znervóznilo. Při hledání rozdílů podobně jako subjekty 1 a 6 projevovalea mírnou frustraci z hledání posledního rozdílu. V konečném průběhu křivky aplikace nedokázala přečíst příchozí data, a proto několik vteřin vykazovala stejnou hodnotu. Právě toto je výsledek metody *readPacket* (vizte podkapitola 5.3), která zajistí vrácení poslední správně naměřené hodnoty ze zařízení. Nakonec se signál přerušil úplně.

Subjekt 9

Posledním subjektem byla rovněž studentka fakulty ekonomicko-správní (stejně jako předchozí subjekt 8). Během chvíle vypočítala jednoduchou rovnici a přešla na další otázku. Stejně jako u předchozích žen (subjekty 6 a 7) jí nerozhodila u 3. otázky samotná dívka, ale položená otázka, či možná nabídka odpovědí. U počítání trojúhelníků neprojevovala vysoké soustředění, psala si dílčí výsledky na papír a křivka tak měla klesající tendenci. Naopak při hledání rozdílů se začala více soustředit. Její soustředění bylo téměř po celou dobu hledání ustálené.

Shrnutí

Při testování se projevíly některé společné vlastnosti charakteristické jak pro muže, tak pro ženy. Například se jednalo o nízké soustředění v první otázce, malé soustředění při opisování příkladu na papír, či kolísavý průběh u posledních dvou otázek. Naopak největší rozdíl mezi myšlením mužů a žen byl zachycen v otázce č. 3 (vizte kapitola 8.2). Podle průběhů křivky soustředění (přílohy C a D) bylo zachyceno snížení soustředění u mužů i u žen, ale mělo zcela jiný průběh a jiné důvody. Zatímco u mužů soustředění okamžitě kleslo při samotném zobrazení dívky v plavkách (s výjimkou 5. subjektu, vizte kapitola 10.3), dívky zde projevíly zcela jiné myšlení. Místo zodpovězení jednoduché otázky řešily její zadání a odpovědi, které se neshodují s obrázkem. Samotná dívka je nerozhodila, ale znervóznilo je například, že dívka nemá spodní prádlo, ale plavky, a že mezi odpověďmi není tyrkysová barva.

Za zmínku stojí i kolísavé soustředění u dívky (subjekt 7), která se nemohla soustředit, když nebyla v místnosti sama. To se projevilo hlavně na začátku (než lidé odešli) a na konci (když se vrátili) měření.

Případová studie nemá dostatečné množství testovaných subjektů proto, aby mohla být považována za náhradu regulérního výzkumu, kde může být testovaných subjektů desítky, až stovky a obecně tak nelze určit přesnost zařízení i když zařízení na jisté vzruchy a změny mozkové činnosti reaguje. Naměřené hodnoty, opakující se jevy a samotné charakteristiky jednotlivých průběhů ukazují, že samotný test byl z hlediska rozsahu případové studie úspěšný. Cílem této studie nebylo dělat výzkum reakcí, ale pouze ověřit funkčnost EEG zařízení. Z měření vyplynula následující fakta. Prvním faktem je, že se z uvedených výsledků validační aplikace podařilo prokázat, že zařízení funguje správně. Druhým faktem je, že nelze z počtu měření určit, jaká je přesnost měření. K tomu by bylo potřeba zvýšit rozsah případové studie a případně výsledky vzít a porovnat s výsledky z profesionálního EEG zařízení, které má mnohem přesnější metody měření a používá se ve zdravotnictví.

10.4 Interpretace výsledků ze všech aplikací

Při testování na subjektech docházelo k různým rozdílům v schopnosti soustředit se, ať už se jednalo o zkušenějšího uživatele či začátečníka nebo o muže a ženu. Níže uvedené poznatky jsou posbírané v rámci všech aplikací, tedy i her SnakeEEG a Space adventure.

Muži × ženy

Testováním aplikací v rámci této práce se prokázal rozdíl mezi myšlením mužů a žen, kteří se dosud s EEG zařízením nikdy neseťkali a neměli tak možnost trénovat mozek pomocí

biofeedbackových aplikací. Pravděpodobně to je dáno tím, že muži a ženy mají rozdílné způsoby myšlení, které jsou dány evolučním vývojem již od pravěku. Muži se soustředili převážně na jednu věc, naopak ženy byly schopné se soustředit na více věcí najednou. Tento rozdíl se nejvíce prokázal u aplikace Space adventure, při výběru hraní podle soustředění. Muži, kteří si zařízení zkoušeli prvně měli z počátku problém se soustředit, aby raketa vyjela výše, ale poté si drželi výši soustředění na vyšší úrovni, kde většinou setrvali a nebyli příliš schopni řádně řídit raketu. Naopak ženy po krátkém tréninku byly schopnější se myšlenkami přesouvat i do nižších pozic herního okna a vyhýbat se tak lépe nežádoucím objektům, a naopak sbírat žádoucí objekty, tedy dokázaly lépe vlastními myšlenkami raketu řídit. Jejich rozdílný způsob myšlení se projevil i u validační aplikace, konkrétně ve třetí otázce s dívkou. Muže dívka pochopitelně rozhodila, což je na průbězích vidět. Ženy nad touto otázkou více přemýšlely. Řešily například to, že dívka nemá spodní prádlo, ale plavky, tedy že je otázka špatně zadaná nebo se projevil jejich větší cit pro barvy a v odpovědích místo modré hledaly barvu tyrkysovou.

Zkušení × začátečníci

Delší práce s EEG zařízením (tj. vytvoření uživatelské zkušenosti se zařízením) má za výsledek to, že jedinec má lépe vytrénovaný mozek a dokáže jej lépe ovládat a lépe si srovnávat myšlenky. To se opět prokázalo, když se porovnály výsledky mezi trénovaným uživatelem a uživatelem, který dosud nic takového nezkoušel. Pro začátečníky hraje velkou roli i fakt, zda nemají nějakou poruchu soustředění (např. ADHD), dosavadní způsob života, či jejich povaha. Zde poté nastávají velké rozdíly mezi tím, jak rychle dokáží svůj mozek ovládnout a začít se soustředit. Například člověku, který má dlouhodobě stresující a náročnou práci trvalo mnohem déle, aby se aspoň trochu dokázal soustředit a urovnat myšlenky (myšleno tak, aby mu hodnoty soustředění nekolísaly, ale ustálily se kolem nějaké hodnoty). U zkušenějších jedinců byly tyto počáteční faktory potlačeny a mezi jednotlivci nebyl takový rozdíl, ať už měli rozdílnou povahu, či rozdílný způsob života. Tento fakt dokazuje, že lidé s rozdílnou povahou, chováním a stylem života mohou dosahovat stejných přívětivých výsledků, pokud na sobě budou pracovat a budou trénovat.

Závěr

Práce s EEG zařízením mi přinesla mnoho poznatků o lidském mozku a mohl jsem tak prohloubit své předchozí znalosti díky zájmu o lidskou psychologii. Dále jsem se také naučil lépe pracovat s aplikacemi s grafickým jádrem a s programovacím jazykem C#, se kterým jsem do té doby neměl žádné zkušenosti.

V teoretické části jsou popsány bioelektrické signály EKG a EEG a jejich využití, dále principy zpracování EEG signálů, zapojení elektrod i konstrukční řešení lékařských EEG zařízení. Dále jsou popsány mozkové vlny, jakých dosahují frekvencí a k čemu slouží.

V části praktické bylo mým úkolem vytvoření aplikací demonstrujících využití EEG signálů v praxi, který jsem splnil. Vytvořil jsem tzv. biofeedbackové aplikace neboli aplikace se zpětnou biologickou vazbou, což jsou aplikace, které umožňují trénink mozku. Jsou navrženy tak, aby byl mozek trénován zábavnou formou, protože to je nejefektivnější způsob, jak si mozek něco pamatuje a jak to využije v dalších krocích, což si mnoho lidí vůbec neuvědomuje.

Aby mozek pracoval efektivně, je nutné jej stále trénovat. Teprve po tréninku lze dosahovat lepších výsledků. Podobně tomu je i u sportu, kde se taky člověk nestane mistrem v dané kategorii bez dlouhodobého tréninku.

Validační aplikace byla otestována na několika uživateli. Jednalo se o 9 lidí, kteří si vyzkoušeli jednoduchý test. Výsledky tohoto měření jsou interpretovány v kapitole 10.

Myslím si, že využívání EEG signálů a poznatků o mozku má v lidském světě velikou budoucnost. Je to dosud neprobádaný obor, ve kterém je ještě mnoho cest, které jsou lidem neznámé, a které je nutné poznat. Cest, které vedou k možnostem léčby různých poruch u lidí, kde klasická konvenční medicína selhala. Nejen z tohoto důvodu bych tak rád zdokonaloval znalosti o lidském mozku a v případě IT oboru se vydal tímto směrem.

Použité zdroje

- [1] RAMACHANDRAN, V. S. *Mozek a jeho tajemství, aneb, Pátrání neurovědčů po tom, co nás činí lidmi*. Praha: Dybbuk, 2013. ISBN 978-80-7438-080-8.
- [2] MACKOVÁ, Pavlína. *EKG biofeedback*. Brno, 2012 [cit. 2017-03-23]. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Jiří Sekora. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/12014>
- [3] ROZMAN, Jiří. *Elektronické přístroje v lékařství*. Praha: Academia, 2006. Česká matice technická (Academia). ISBN 80-200-1308-3.
- [4] Elektrokardiografie. *WikiSkripta* [online]. 14. 12. 2016 [cit. 2017-03-17]. ISSN 1804-6517. Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Elektrokardiografie>
- [5] KOPŘIVOVÁ, Jana, Martin BRUNOVSKÝ, Ján PRAŠKO a Jiří HORÁČEK. EEG biofeedback a jeho využití v klinické praxi. *Psychiatrie: časopis pro moderní psychiatrii*. 2008, roč. 12, č. 1, s. 10–12. ISSN 1211-7579. Dostupné z: <http://eeg-feedback.cz/koprivova.pdf>
- [6] Neurofeedback. *Therapy Centre* [online]. Praha: Eva Martincová, 2. 2. 2015 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://www.therapy-centre.eu/kategorie/terapie/neurofeedback/>
- [7] POLÁK, Radek. *Měření EEG signálu pomocí digitalizační měřící karty*. Brno, 2009 [cit. 2017-03-23]. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky. Vedoucí práce Radim Kolář. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/1051>
- [8] Elektroencefalografie. *WikiSkripta* [online]. 10. 1. 2016 [cit. 2017-03-17]. ISSN 1804-6517. Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Elektroencefalografie>
- [9] HUŠEK, Miroslav, Pavel PYRIH et al. *Fourierova transformace*. 2017 [Online]. Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze. [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://matematika.cuni.cz/dl/analyza/37-fou/lekce37-fou-pmax.pdf>
- [10] QEEG – Brain mapping. *Brain Dynamics* [online]. Cape Town: Brain Dynamics, 2017 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://www.braindynamics.co.za/assessments/brain-mapping.html>
- [11] TruScan32. *Alien technik* [online]. Velký Dřevíč: Alien technik, 2015 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://www.alien.cz/truscanEEG.html>
- [12] EEG DTI – w32. *Amirex Medical* [online]. Brno: Amirex Medical, 2012 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://www.amirex.eu/eeg-pristroje/eeg-dti-w32-272.htm>
- [13] Mindwave mobile. *Neurosky: Body and Mind. Quantified* [online]. San Jose: Neurosky, 2017 [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <https://store.neurosky.com/pages/mindwave>
- [14] ČINKA, Libor. *Ovládněte svůj mozek: poslední kniha o mozku a zrychleném učení, kterou budete potřebovat*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0022-3

- [15] What are Brain Waves (Theta, Delta, Alpha, Beta brain waves)? What is brainwave entrainment? *HubPages* [online]. Berkeley: HubPages, December 18, 2013 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <https://hubpages.com/education/What-are-Brain-Waves-Theta-Delta-Alpha-Beta-brain-waves-What-is-brainwave-entrainment>
- [16] Nalad'te váš mozek: Binaurální zvukové vlny. *EMozek.cz* [online]. 2015 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://www.emozek.cz/2014/08/naladte-vas-mozek-binauralni-zvukove.html>
- [17] SHARP, John. *Microsoft Visual C# 2010: krok za krokem*. Brno: Computer Press, 2010. Krok za krokem (Computer Press). ISBN 978-80-251-3147-3.
- [18] STEELE, Nick. MindeScape. *GitHub* [online]. San Francisco: GitHub, 21 Mar 2012 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <https://github.com/nicksteele/MindeScape/blob/master/Assets/Plugins/ThinkGear.cs>
- [19] WOUTERS, Michiel. Create a simple snake game with C#. *Youtube* [online] San Bruno: Google. 11. 2. 2014 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=i6W-aGhlq7M&t=1519s>
- [20] Scooby Doo and Shaggy. *World of Smash Bros Lawl Wiki* [online]. 2016 [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: http://smashbroslawlorigins.wikia.com/wiki/Scooby_Doo_and_Shaggy
- [21] Arianny Celeste Gets Pitchy On Instagram. *Goldene Stadt: Community centric blog about lifestyle* [online]. June 13, 2016 [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <http://goldenestadt.com/arianny-celeste-gets-pitchy-on-instagram/>
- [22] Nebula Wallpaper HD. *Eskipaper* [online]. 2017 [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: http://eskipaper.com/nebula-wallpaper-hd-25.html#gal_post_44024_nebula-wallpaper-hd-25.jpg
- [23] 5 Types Of Brain Waves Frequencies: Gamma, Beta, Alpha, Theta, Delta. *Mental Health Daily: Mental Health Blog* [online]. April 15, 2014 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://mentalhealhdaily.com/2014/04/15/5-types-of-brain-waves-frequencies-gamma-beta-alpha-theta-delta/>

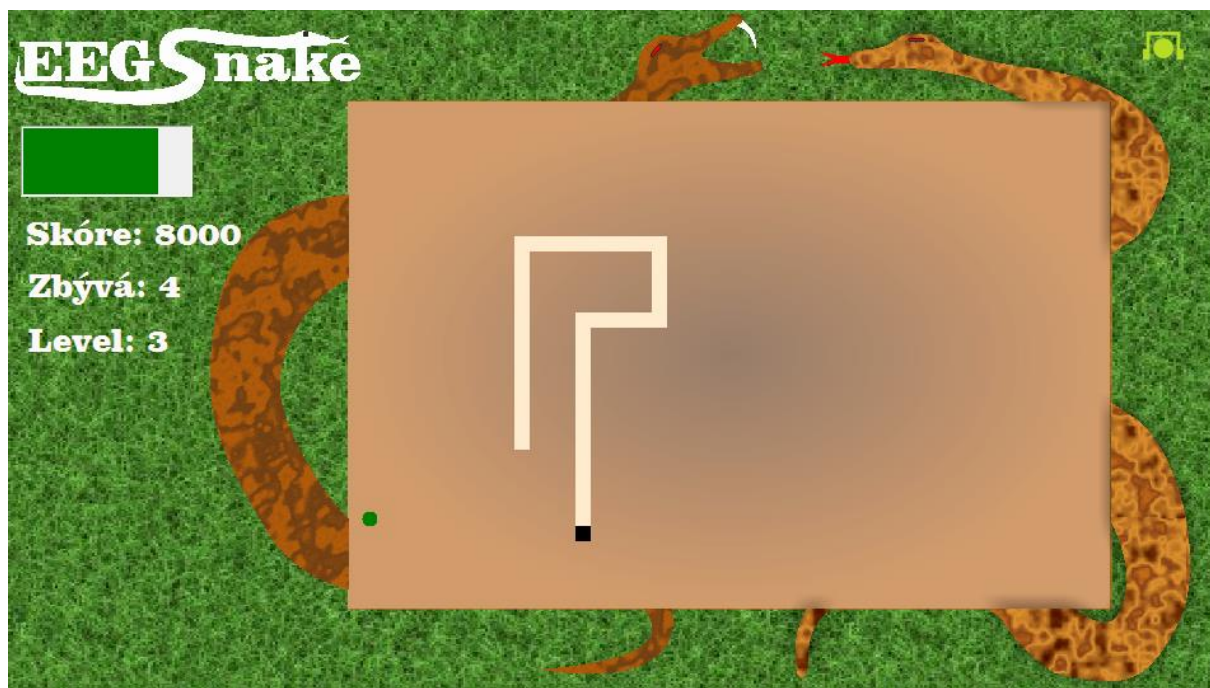
Přílohy

Příloha A – Přehled typů mozkových vln.....	57
Příloha B – Hra SnakeEEG.....	58
Příloha C – Výsledky validační aplikace – muži.....	59
Příloha D – Výsledky validační aplikace – ženy.....	60
Příloha E – Hra Space adventure.....	61
Příloha F – Disk CD.....	62

Příloha A – Přehled typů mozkových vln⁹

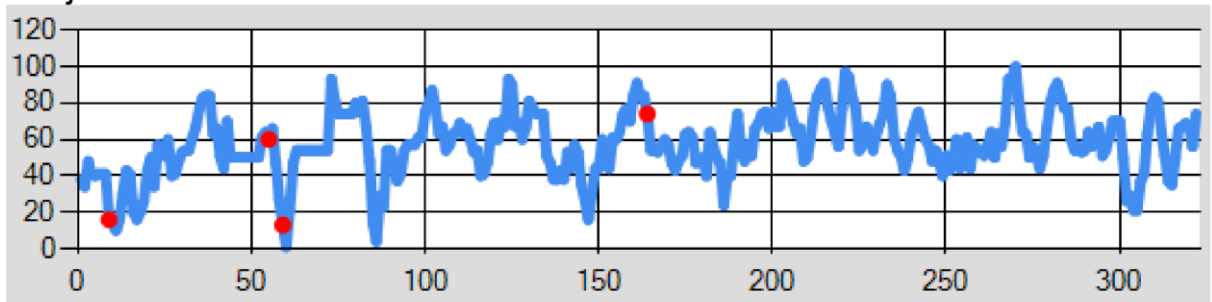
Pásmo	Frekvence	Příliš málo	Optimálně	Příliš mnoho
Alfa	7–13 Hz	úzkost, vysoký stres, nespavost	relaxace	snění, neschopnost se soustředit, příliš uvolněná mysl
Beta (low, střední, vysoká)	13–16 Hz 16–19 Hz 19–30 Hz	ADHD, snění, deprese, špatná poznání	soustředění, paměť, řešení problému vědomí	adrenalin, úzkost, vysoký vzrušení, stres
Gama	30 Hz a výše	není dosud známo	není dosud známo	není dosud známo
Delta	0,5–4 Hz	neschopnost omlazení těla či oživení mozku	imunitní systém, přírodní léčivé, hluboký / regenerační spánek	problémy učení, neschopnost myslet, těžká ADHD
Theta	4–7 Hz	úzkost, špatná emoční vědomí, stres	kreativita, emocionální spojení, intuice, relaxace	ADHD, deprese, hyperaktivita, impulzivita, nepozornost

⁹ Zdrojové informace pro tabulku dostupné z [23]

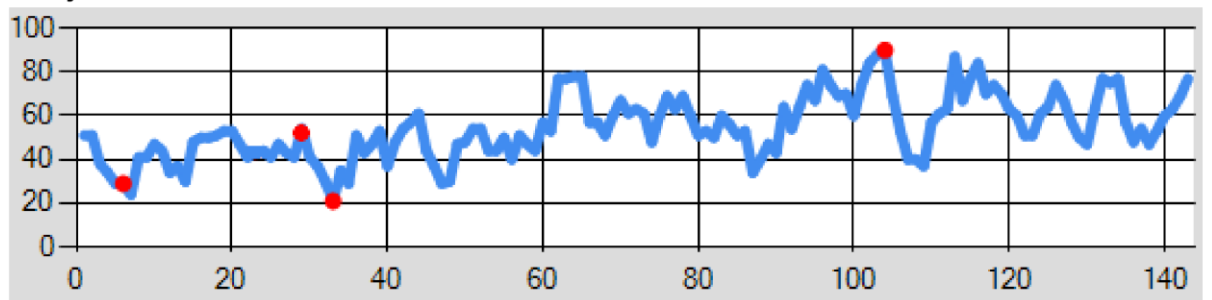


Příloha C – Výsledky validační aplikace – muži

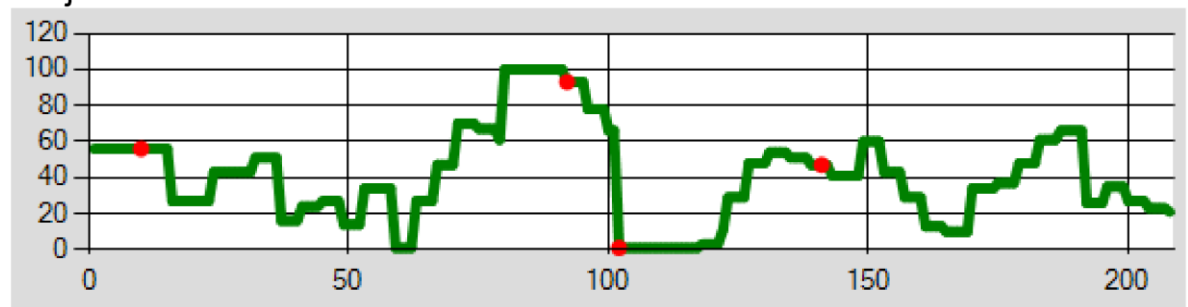
Subjekt 1



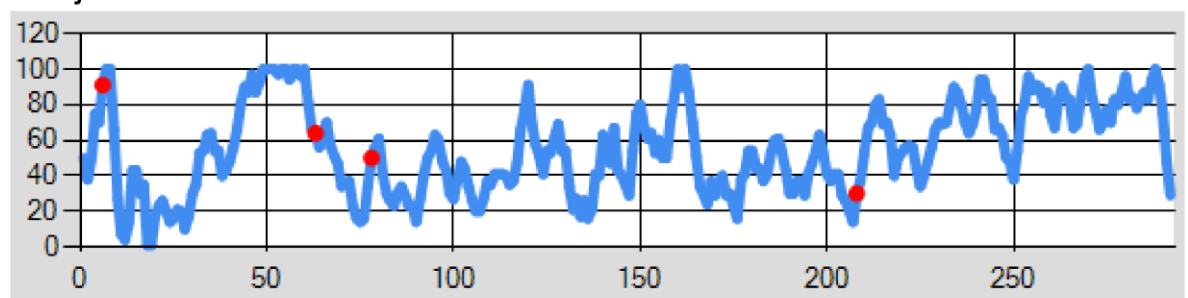
Subjekt 2



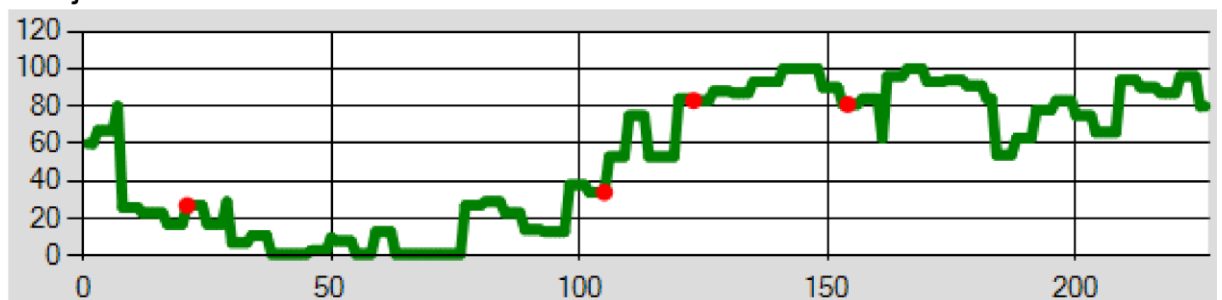
Subjekt 3



Subjekt 4

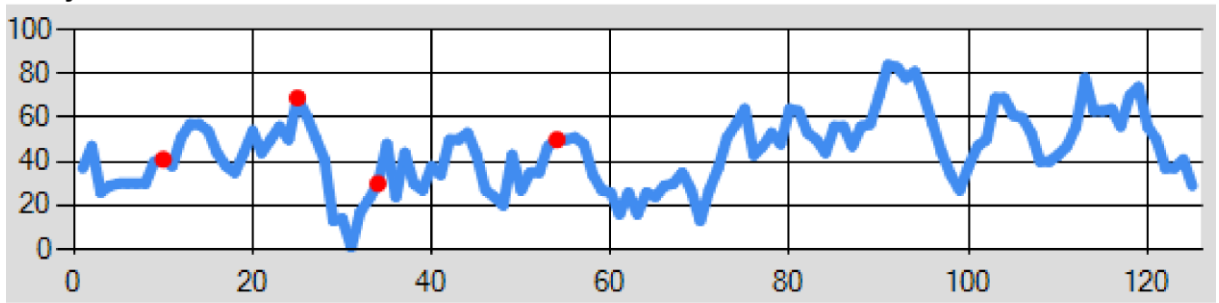


Subjekt 5

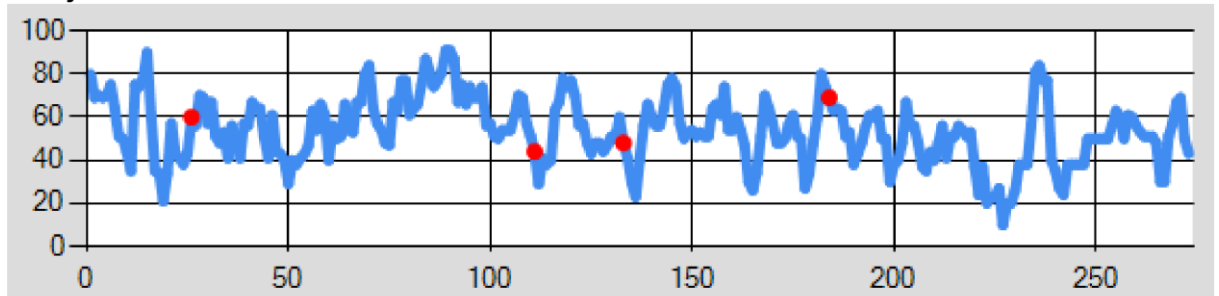


Příloha D – Výsledky validační aplikace – ženy

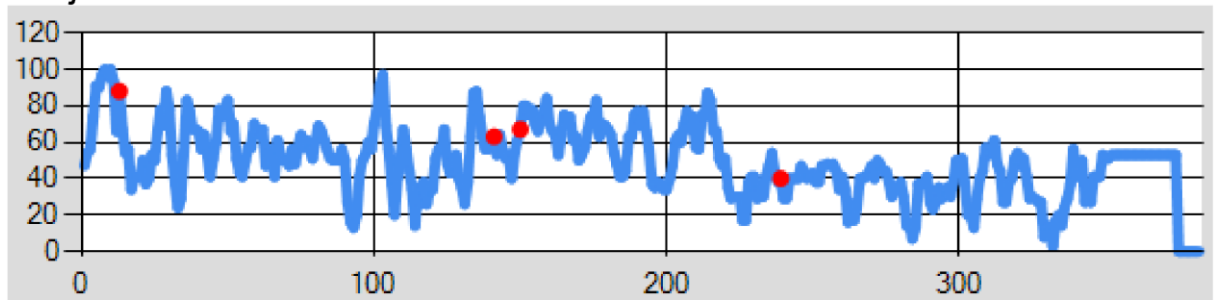
Subjekt 6



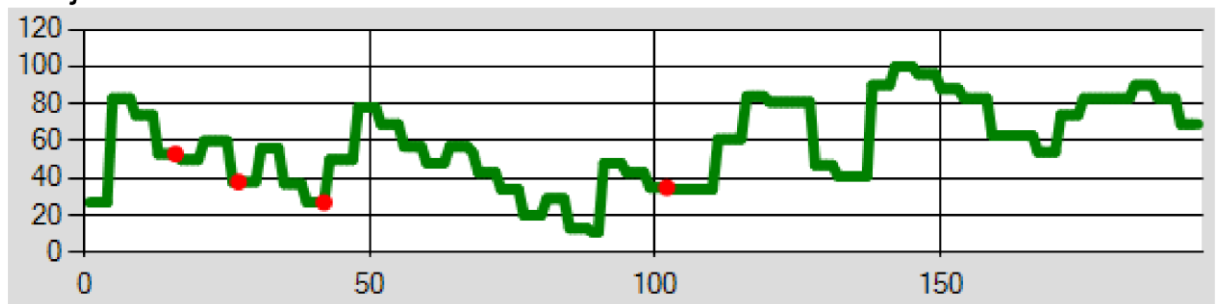
Subjekt 7



Subjekt 8



Subjekt 9





Příloha F – *Disk CD*

- Vlastní text práce – BednarR_NeuralniRozhrani_2017.pdf
- Zdrojové kódy k jednotlivým aplikacím – složka EEGApplications
 - Zdrojové kódy k aplikačnímu launcheru – složka AppsLauncher
 - Zdrojové kódy ke sdílené knihovně – složka EEGApplications
 - Zdrojové kódy k aplikaci SnakeEEG – složka SnakeEEG
 - Zdrojové kódy k aplikaci Space adventure – složka SpaceAdventure
 - Zdrojové kódy k validační aplikaci – složka ValidationApp
- Informace pro spouštění aplikací – soubor ReadMe.txt