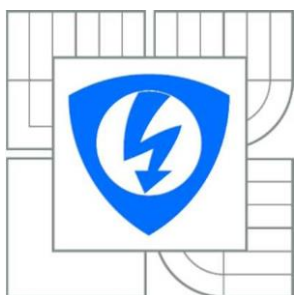




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

HODNOCENÍ SROZUMITELNOSTI TEXTU Z ELEKTROOKULOGRAMU

ELECTROOCULOGRAM BASED TEXT COMPREHENSIBILITY EVALUATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

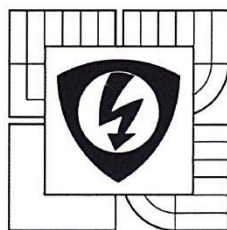
JAN NETOPIL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Oto Janoušek, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav biomedicínského inženýrství

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Biomedicínská technika a bioinformatika

Student: Jan Netopil

Ročník: 3

ID: 147525

Akademický rok: 2013/14

NÁZEV TÉMATU:

Hodnocení srozumitelnosti textu z elektrookulogramu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1) Proveďte literární rešerši v oblasti hodnocení elektrookulografického (EOG) signálu. Zaměřte se na sakády. 2) Navrhněte metodiku hodnocení sakád a trajektorie pohybu očí po předloze tvořené několika odlišně srozumitelnými texty. 3) Seznamte se s akvizičním systémem Biopac a navrhněte způsob záznamu EOG. 4) Zaznamenejte EOG signál skupiny dobrovolníků a vytvořte databázi záznamů. 5) V programovém prostředí Matlab vytvořte aplikaci pro analýzu EOG. Aplikaci navrhněte s ohledem na její využití jako výukovou úlohu. 6) Vyhodnoťte změny EOG a parametrů sakád způsobené čtením nestejně srozumitelného textu (např. cizojazyčného), a výsledky statisticky zpracujte. Dále proveďte zpětnou identifikaci stupně náročnosti textu na základě získaných parametrů. 7) Proveďte diskusi získaných výsledků a srovnajte mezi sebou parametry EOG ve vztahu k jejich schopnosti detekovat úroveň srozumitelnosti textu. Na základě zhodnocení výsledků vytvořte ucelený návod k laboratorním cvičením věnujícím se hodnocení srozumitelnosti textu z EOG.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] PFLANZER, Richard, a kol. BIOPAC SYSTEM, Inc. Biopac student lab: Laboratory Manual. 1. vyd. Goleta, CA, 2007.

[2] HONZÍKOVÁ, Nataša. Biologie člověka, Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2003.

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 30.5.2014

Vedoucí práce: Ing. Oto Janoušek

Konzultanti bakalářské práce:



prof. Ing. Ivo Provažník, Ph.D.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá principy elektrookulografie (EOG) a měřením a využitím elektrookulografického signálu při hodnocení srozumitelnosti textu. V rámci práce je vysvětlena základní fyziologie a anatomie oka a typy očních pohybů. Jsou zde popsány detekovatelné prvky v EOG signálu při čtení, navrženo měření EOG pomocí systému Biopac a popsána metodika hodnocení záznamu při čtení různě srozumitelného textu. Pomocí vytvořené aplikace v Matlabu je realizována detekce jednotlivých prvků. Výsledná data jsou statisticky vyhodnocena a je provedena zpětná identifikace stupně náročnosti textu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Elektrookulografie, oční pohyby při čtení, detekce sakád a fixací, Biopac

ABSTRACT

This thesis deals with principles and measuring of electrooculography (EOG) and with electrooculography signal utilization for assessment of reading comprehension. The basic physiology and anatomy of the eye, types of eye movement and identifiable elements in EOG during reading are described in thesis. Methodology of electrooculogram-based text comprehensibility evaluation is described and verified by recording of EOG of ten volunteers using Biopac system. Detection of identifiable elements is implemented by Matlab. The last steps of process are statistical evaluation of data and revers identification of text complexity.

KEYWORDS

Electrooculography, eye movements in reading, fixations and saccades identification, Biopac

Netopil, J. *Hodnocení srozumitelnosti textu z elektrookulogramu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav biomedicínského inženýrství, 2014. 48 s., 10 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Oto Janoušek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Hodnocení srozumitelnosti textu z elektrookulogramu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Otu Janouškovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Seznam obrázků	ix
Seznam tabulek	x
Úvod	1
1 Anatomie a fyziologie oka	2
1.1 Oční koule.....	2
1.1.1 Sítnice	3
1.2 Okohybné svaly	4
2 Oční pohyby, čtení, dyslexie	5
2.1 Směry očních pohybů	5
2.2 Typy očních pohybů	6
2.2.1 Fixační oční pohyby.....	6
2.2.2 Sakády.....	6
2.2.3 Plynulé sledovací oční pohyby	7
2.2.4 Vestibulární a optokinetické oční pohyby	7
2.2.5 Vergence	7
2.3 Oko v procesu čtení	8
2.3.1 Oční pohyby při čtení	8
2.3.2 Percepční rozpětí.....	8
2.3.3 Parafoveální zpracování čtenářské informace	8
2.3.4 Okulomotorické modely	9
2.3.5 Individuální rozdíly v očních pohybech při čtení	9
2.4 Dyslexie	9
3 Elektrookulografie	11
3.1 Princip EOG.....	11
3.1.1 Standardy dle ISCEV	12

3.2	EOG signál.....	13
3.2.1	Detekovatelné prvky v EOG.....	13
4	Zpracování signálu EOG	16
4.1	Odstranění šumu	16
4.2	Detekce fixací	16
4.2.1	I-VT algoritmus	16
4.2.2	I-DT algoritmus	17
4.3	Detekce sakád	17
5	Měření EOG systémem biopac	19
5.1	Elektrody.....	20
5.2	Nastavení softwaru BSL PRO	20
5.3	Podmínky měření	23
6	Metodika měření srozumitelnosti textu	24
7	Popis vytvořeného programu	27
7.1	Zpracování signálu a popis algoritmů.....	27
7.2	Popis GUI rozhraní	29
8	Naměřená data	32
9	Statistické vyhodnocení naměřených dat	35
9.1	Výkon čtení jednoduchého, složitého a anglického textu.....	36
9.2	Statistické hodnocení parametrů jednoduchého a složitého textu	37
9.2.1	Průměrný počet fixací na řádek	37
9.2.2	Průměrný počet regresí na řádek	37
9.2.3	Průměrná délka trvání fixací.....	38
9.2.4	Poměr S/T	38
9.3	Statistické hodnocení parametrů jednoduchého a anglického textu	39
9.3.1	Průměrný počet fixací na řádek	39

9.3.2	Průměrný počet regresí na řádek	39
9.3.3	Průměrná délka trvání fixací.....	39
9.3.4	Poměr S/T	40
9.4	Složitý text při prvním a druhém čtení	40
10	Zpětná identifikace srozumitelnosti textu	42
10.1	Identifikace dle průměrného počtu fixací na řádek	42
10.2	Identifikace dle průměrného počtu regresí na řádek.....	43
11	Vyhodnocení výsledků	45
12	Závěr	47
	Literatura	49
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	51
	Seznam příloh	52

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1:	Horizontální řez pravým okem. AP - přední pól; PP - zadní pól; VA - optická osa [2].....	2
Obr. 2.1	Šest okohybných svalů zabezpečujících šest hlavních poloh pohledu. [2].....	5
Obr. 3.1	Princip EOG [14]	11
Obr. 3.2	Parametry sakadického pohybu [8].....	13
Obr. 3.3	Příklad detekovatelných prvků v EOG (signál po mediánové filtraci) : fixace(f), dopředné sakády v rámci řádku (s), sakády při přeskoku na další řádek (S), regrese v rámci řádku (r), regrese při přeskoku na předcházející řádek (R), mrkání (b)	15
Obr. 5.1	Umístění elektrod pro snímání horizontálního a vertikálního EOG při pohybu očí [20].....	20
Obr. 5.2	Okno s nastavením akvizice.....	22
Obr. 5.3	Okna s nastavením kanálů a parametrů kanálu.....	22
Obr. 7.1	Blokové schéma zpracování a analýzy signálu.....	29
Obr. 7.2:	Načtení a výběr úseku signálu, zadání počtu řádků čteného textu	29
Obr. 7.3:	Nastavení filtrace horizontálního a vertikálního záznamu EOG	30
Obr. 7.4:	Výchozí nastavení detekce fixací, velkých sakád a regresí.....	30
Obr. 7.5:	Zobrazení signálu a výsledná analýza.....	31
Obr. 7.6	Vytvořená aplikace v Matlabu, celkový pohled	31
Obr. 8.1:	Šum způsobující dvojitou detekci sakády při použití I-VT algoritmu (označeno černými šipkami)	33
Obr. 9.1:	Graf normality dat pro průměrný počet fixací na řádek u jednoduchého textu.....	35
Obr. 9.2:	Graf normality dat pro poměr S/T u jednoduchého textu	36
Obr. A.12.1	Vrstvy v stínici.....	56

SEZNAM TABULEK

Tab. 5.1: Parametry akviziční jednotky MP35 [20]	19
Tab. 8.1: Rychlost čtení a výkon jednotlivých osob	32
Tab. 8.2: Počty a parametry prvků při čtení jednoduchého a složitého textu	33
Tab. 8.3: Počty a parametry prvků při čtení složitého a anglického textu	34
Tab. 8.4: Počty a parametry prvků při čtení anglického textu	34
Tab. 10.1: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý a složitý text), vybraný parametr – průměrný počet fixací na řádek.....	42
Tab. 10.2: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý a anglický text), vybraný parametr – průměrný počet fixací na řádek.....	43
Tab. 10.3: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý, složitý a anglický text), vybraný parametr – průměrný počet fixací na řádek.....	43
Tab. 10.4: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý a složitý text), vybraný parametr – průměrný počet regresí na řádek.....	44
Tab. 10.5: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý a anglický text), vybraný parametr – průměrný počet regresí na řádek.....	44
Tab. 10.6: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý, složitý a anglický text), vybraný parametr – průměrný počet regresí na řádek.....	44

ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je seznámit se s metodou a principy měření klidového potenciálu mezi sítnicí a rohovkou v lidském oku – elektrookulografií (EOG), nastudovat možnosti využití EOG záznamu při čtení a následně vytvořit metodiku pro hodnocení čtení rozdílně srozumitelného textu. Dílčími cíli práce jsou také návrh způsobu měření systémem Biopac, záznam EOG deseti dobrovolníků při čtení několika textů a vytvoření aplikace v programovém prostředí Matlab. Ze zpracovaných dat je nutné dále provést statistické vyhodnocení a navrhnout zpětnou identifikaci stupně náročnosti textu.

Nejprve je kvůli komplexnosti celé problematiky představena anatomie a fyziologie oka, kde jsou popsány především takové části a funkce oka, které se k elektrookulografii a čtení textů přímo vztahují.

V další kapitole věnující se očním pohybům a čtení jsou podrobněji popsány pohyby uplatňující se při běžném sledování scény a čtení. K těm nejdůležitějším patří sakády, jejichž úkolem nasměrovat oko rychle do oblasti zájmu, kde dojde k fixaci. Při čtení se rozlišují dopředné sakády a regrese. Rozdíly v očních pohybech záleží na vyspělosti čtenáře, obtížnosti čteného textu a odchylkách (dyslexie atd.).

Kapitola Elektrookulografie se věnuje principu EOG a pojednává o standardech, které by měly být při měření dodrženy. Dále jsou v kapitole podrobně popsány parametry detekovatelných prvků v EOG záznamu. Zpracování samotného signálu je nastíněno v další kapitole, kde jsou ukázány základní algoritmy detekcí fixací, sakád a také možnosti odstranění šumu ze signálu. Další dvě kapitoly se věnují měření EOG signálu pomocí systému Biopac, nastavení kanálů a akvizice v softwaru BSL PRO, podmínkám měření a samotné metodice hodnocení srozumitelnosti textu.

V následujících částech práce je popsána samotná realizace detekčních algoritmů v programovém prostředí Matlab a popis vytvořené aplikace. Poslední kapitoly obsahují statistické vyhodnocení získaných dat a ucelený rozbor zpětné identifikace náročnosti textu.

V závěru práce jsou okomentovány jednotlivé výsledky.

1 ANATOMIE A FYZIOLOGIE OKA

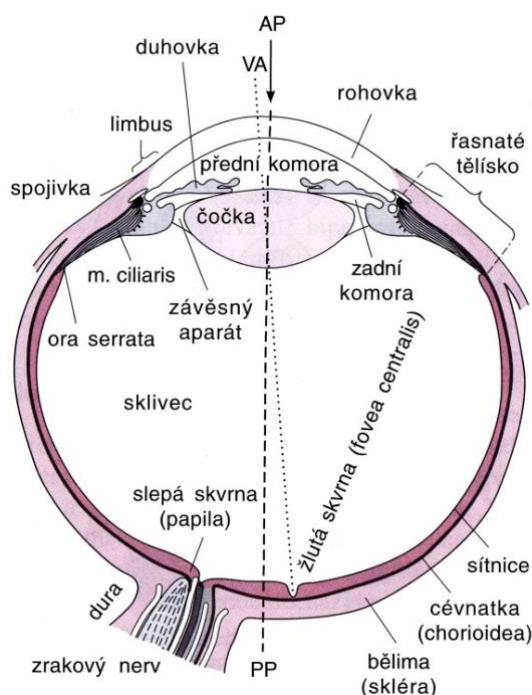
Pro pochopení principu elektrookulografie a procesu čtení bude nejdříve stručně uvedena anatomie a fyziologie oka se zaměřením na popis sítnice (retina) a okoohybných svalů.

Oko je složitý orgán, který umožňuje vnímání světla, barev a zprostředkovává vnímání velkého množství informací o okolním prostředí. Je umístěno v očníci a je tvořeno oční koulí a přídatnými očními orgány. Z přídatných očních orgánů (okoohybné svaly, vazivový aparát očníce, víčka, spojivka, ústrojí slzné) budou vzhledem k řešené problematice popsány pouze okoohybné svaly.

1.1 Oční koule

Oční koule má přibližně kulovitý tvar o průměru asi 23 mm (vertikální a příčný rozměr) a 25 mm (předozadní průměr). Na oční kouli rozlišujeme přední pól, který odpovídá vrcholu rohovky a zadní pól. Mediálně od zadního pólu vystupuje z oční koule zrakový nerv (slepá skvrna). Oba póly spojuje osa oční, která není totožná s optickou osou.

Oční koule je tvořena stěnou oční koule a obsahem oční koule. Stěna oční koule se skládá ze tří vrstev: zevní vazivové vrstvy, prostřední vrstvy a vnitřní vrstvy.



Obr. 1.1: Horizontální řez pravým okem. AP - přední pól; PP - zadní pól; VA - optická osa [2]

Zevní vazivová vrstva je tvořena bělimou (skléra), která přechází vpředu v průhlednou rohovku. Rohovka představuje vstupní oddíl optického prostředí oka a z hlediska lomivosti je jeho nejvýznamnější součástí. Rohovka má významnou regenerační schopnost.

Prostřední vrstvu tvoří cévnatka, nacházející se pod sklérou. Je to pigmentovaná vrstva, která obsahuje mnoho cév, vyživující struktury oka. Dále do prostřední vrstvy patří řasnaté tělísko a duhovka. Řasnaté tělísko obsahuje m. (musculus) ciliaris, který svou kontrakcí uvolňuje závěsný aparát čočky. Ta pak svou pružností mění tvar (akomodace). Duhovka má tvar frontálně uloženého kruhovitěho terčíku s centrálně uloženým otvorem (tvar mezikruží) a plní v oku úlohu světelné clony. Její stroma je tvořeno řídkým vazivem, ve kterém se nacházejí četné pigmentové buňky (zbarvení oka), síť cév a hladké svalové buňky regulující průměr pupily dle dopadající intenzity světla.

Vnitřní vrstvu tvoří sítnice, která je popsána dále.

Obsah oční koule představují průhledné a čiré struktury, které propouštějí světelné paprsky a lámou je tak, že dopadají na sítnici. K těmto strukturám řadíme čočku, sklivce, přední a zadní komoru oční vyplněnou komorovým mokem. [1] [2]

Oční struktury lze pozorovat na obrázku (Obr. 1.1).

1.1.1 Sítnice

Sítnice – vlastní světločivá vrstva oka – pokrývá vnitřní vrstvu oční koule až do přední části oka téměř k řasnatému tělísku. Výjimku tvoří místo, kde zrakový nerv opouští bulbus. Zde se nenachází žádné zrakové receptory, a proto je místo nazýváno slepou skvrnou.

Úkolem sítnice je přeměňovat světelnou energii viditelného spektra (vlnové délky 397 nm až 723 nm) na akční potenciály vláken zrakového nervu. Světelné paprsky dopadající na sítnici vyvolávají receptorové potenciály v tyčinkách a čípcích. Vzruchy vzniklé v sítnici se přenášejí do mozkové kůry, kde vyvolávají zrakový vjem. [2] [3]

Mikroskopická stavba sítnice je velmi složitá, tvoří ji 11 vrstev. Obsahuje světločivné elementy tyčinky a čípky, čtyři typy neuronů: bipolární buňky, gangliové buňky, horizontální buňky a amakrinní buňky. Vlastní světločivné elementy – čípky a tyčinky tvoří až předposlední vrstvu sítnice. Díky této složité struktuře je jen asi 10% intenzity světla dopadajícího do oka využito k vlastnímu podráždění fotoreceptorů.

Čípky, kterých je v sítnici lidského oka asi 7 milionů, slouží k vidění barev a rozlišení detailů. Maximální citlivost vykazují pro žlutozelené světlo o vlnové délce 555

nm. Jejich největší hustotu nacházíme naproti otvoru zornice, kde je sítnice mírně prohloubena – místo žluté skvrny (fovea centralis). Je to místo nejvyšší zrakové ostrosti. Zde jsou ostatní vrstvy sítnice silně zredukovány a sítnice je tvořena prakticky jen vrstvou čípků a pigmentovým listem. Pokud je pozornost upoutávána nějakým předmětem, pohybují se oči obvykle tak, aby světelné paprsky z něho vycházející dopadaly právě na žlutou skvrnu.

Tyčinek je v sítnici kolem 120 miliónů a slouží k vidění za snížené intenzity světla. Jsou nejcitlivější na zelenomodré světlo o vlnové délce 507 nm. Jejich maximální hustota je v okruhu asi 20° od žluté skvrny. [2] [4]

1.2 Okohybné svaly

Pohyb oka zajišťuje šest extraokulárních svalů. Jsou to štíhlé stuhovité svaly začínající většinou společnou šlachou, která je ke stěně očnice připevněna v orbitálním apexu. Okohybné svaly dělíme na svaly přímé a svaly šikmé.

Přímé svaly oční koule jsou čtyři – m. rectus superior, medialis, inferior a lateralis. Tyto svaly začínají ve společném šlachovitém kruhu v orbitálním apexu a upínají se do skléry.

Svaly šikmé rozlišujeme na dva – m. obliquus superior a inferior. Musculus obliquus superior začíná na klínové kosti v zadní části mediální stěny orbity a prochází dopředu přes trochleu (vláknitou smyčku připomínající kladku na horním mediálním konci stěny orbity) a upíná se na horním povrchu oka. Musculus obliquus inferior nemá trochleu, začíná v přední části mediální orbitální stěny a upíná se na dolním povrchu oka. [1] [5]

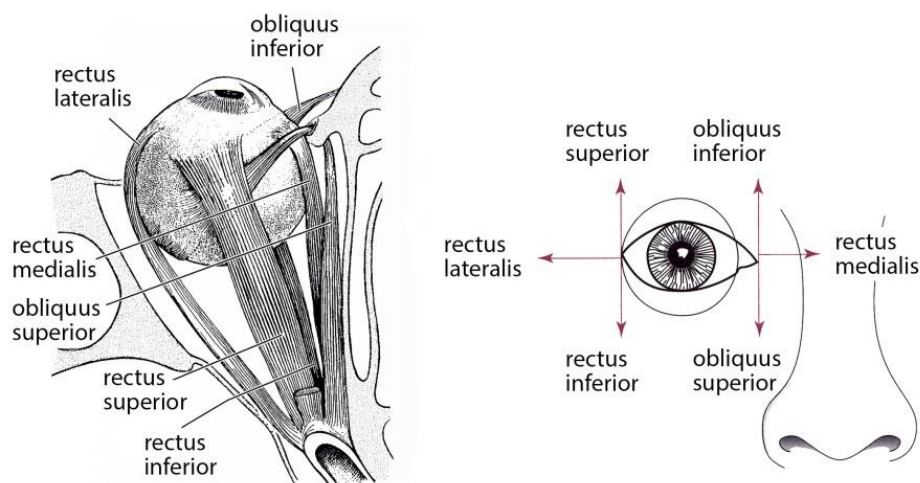
Umístění okohybných svalů v orbitě lze pozorovat na Obr. 2.1.

2 OČNÍ POHYBY, ČTENÍ, DYSLEXIE

K pohybu očí a zornic dochází takřka neustále, většinou aniž bychom si to uvědomovali. Pohyby okoohybných svalů nám především zajišťují polohu oční koule takovou, aby bylo zajištěno promítání scény do žluté skvrny. Bez správné souhry svalů bychom jen stěží mohli sledovat objekty v běžném životě. Číst běžný text by bylo v tomto případě takřka nemožné.

2.1 Směry očních pohybů

Pohyby zprostředkované extraokulárními svaly závisí na směru, ve kterém se sval napíná vzhledem k hlavní ose oka. Rozlišujeme několik pohybů oka. Při addukci (pohyb oka horizontálně směrem k nosu) se uplatňuje rectus medialis a při abdukci (oko se pohybuje horizontálně temporálním směrem) rectus lateralis. Šikmé svaly stáčí bulbus mediálně, a proto jejich činnost závisí na poloze oka. Při addukci (oko stočeno nazálně) se pohled nahoru uskutečňuje pomocí obliquus inferior a pohled dolů pomocí obliquus superior, přičemž horní a dolní přímé svaly působí na otáčení bulbu. V případě abdukce (oko stočeno temporálně) se pohled nahoru uskutečňuje pomocí rectus superior a pohled dolů pomocí rectus inferior a rotaci nyní provádějí šikmé svaly. Pohyby svalů za popsaných podmínek jsou na obrázku (Obr. 2.1). Jelikož značná část zorného pole je binokulární, je zřejmé, že pohyby obou očí musí být vysoce koordinovány, mají – li obrazy vždy dopadat do odpovídajících bodů obou sítnic tak přesně, aby nevznikla diplopie [2]. Abnormality pohybu zornic a očí jsou často varovnými příznaky patologického procesu v oblasti mozkového kmene nebo hlavových nervů a je nutno je pozorně vyšetřit [5].



Obr. 2.1: Šest okoohybných svalů zabezpečujících šest hlavních poloh pohledu. [2]

2.2 Typy očních pohybů

Rozlišujeme řadu očních pohybů, které záleží na tom, co a jak chceme pozorovat. Jiné oční pohyby máme pro pohybující se předměty, kde záleží i na tom jak rychle se předmět pohybuje, jiné pro předměty, které zůstávají v jednom a též místě.

Oční pohyby můžeme rozdělit na konjugované a diskonjugované. U konjugovaných, ke kterým řadíme pohyby fixační, sakadické, plynulé sledovací a vestibulárně – optokinetické, se oči pohybují ve stejném směru vzhledem k objektu (např. čtení), u diskonjugovaných v opačném směru (např. přibližující se objekt). [6]

2.2.1 Fixační oční pohyby

Pokud sledujeme pevný bod, nezůstává naše oko zcela bez pohybu. Můžeme rozlišit tři druhy fixačních očních pohybů, které nejsou ovladatelné vůlí: tremor, drift a mikrosakády.

Pro tremor (třes, chvění) je charakteristická vysoká frekvence (až 100 Hz) a malá maximální výchylka (jednotky nebo desítky úhlových sekund). Tremor jednoho a druhého oka nejsou v korelaci – každé oko se chvěje jinak. Tremor nasedá na drift a mikrosakády.

Drift (unášivý oční pohyb) se vyznačuje nízkou proměnlivou frekvencí (do 0,5 Hz) s většími maximálními výchylkami než u tremoru (řádově několik úhlových minut). Opět jako u tremoru není drift v korelaci s druhým okem.

Mikrosakády mají frekvenci 1–2 pohyby za sekundu s maximální výchylkou několika úhlových minut. Vyznačují se vysokou rychlostí (až stovky úhlových minut za sekundu) a vzájemnou spřažeností – pohyb jednoho oka se podobá co do pohybu směru, velikosti, rychlosti a reakčnímu času druhého oka. To odpovídá mikrosakádám řízeným z jednoho centra. [6]

2.2.2 Sakády

Sakády jsou nejrychlejší z očních pohybů (rychlost u velkých sakád až 700°/s). Jejich funkcí je zachytit rychle se pohybující objekt a jeho obraz promítnout na foveu.

Sakády mají tzv. balistickou povahu, tj. pokud jsou iniciovány, nemohou být již ve svém průběhu modifikovány, staženy zpět či usměrněny a vykonají celý pohyb, který jim byl naprogramován. Zejména to platí o časovém úseku 50–80 ms, který předchází vlastnímu sakadickému pohybu a v němž je obtížné modifikovat budoucí sakádu novou informací. Tento interval se proto značí jako refrakterní perioda. [16]

Vysoké rychlosti sakád by měly způsobovat rozmazání obrazů okolního světa. Ve

skutečnosti k tomu nedochází díky tzv. sakadické supresi. Jedná se o potlačení rozmazání či oprostění od deformace obrazů. Jakým způsobem dochází k supresi je vysvětleno dvěma mechanizmy. Jedním je centrální anestezie, kdy při spuštění sakády dá mozek příkaz, aby vizuální systém ignoroval všechny podněty působící po dobu sakády a to pomocí zvýšení vizuálního prahu. Jelikož při čtení textu (vysoké kontrasty) by tato teorie nedostačovala a text by byl rozmazaný, byl odvozen další mechanismus – vizuální maskování. Vizuální informace získaná před sakádou a po ní maskuje informaci, která do vizuálního systému, tj oka, vstupuje během sakády.

Sakadický systém kontroluje výsledek své činnosti, tj. dosažení objektu a jeho foveaci. Pokud nalezne chybu, objekt není foveován, vypočte novou tzv. korektivní sakádu. Tzv. podstřelení bývá běžné u velkých sakád (maximální výchylka $> 15^\circ$), přestřelení pak u malých sakád. Systém je schopen učit se a přizpůsobovat se změnám ve vizuálním poli a to pomocí dostatečného opakování pohybu objektu. Tento proces probíhá nevědomě. [6]

2.2.3 Plynulé sledovací oční pohyby

Jsou to pohyby, které nám umožňují kontinuálně, hladce sledovat objekty v našem vizuálním poli. Nenacházíme zde tedy na rozdíl od sakád fáze rychlých skoků a fixací. Aby se jednalo o plynulý sledovací pohyb, musí se pozorovaný objekt pohybovat pouze určitou rychlostí a to řádově 20–30°/s. Plynulé sledovací oční pohyby ve srovnání se sakádami reagují na podnět rychleji, jejich latence se pohybuje okolo 130 ms. Též jako u sakád je zde pozorována adaptační schopnost učit se. [6] [17]

2.2.4 Vestibulární a optokinetické oční pohyby

Tyto druhy očních pohybů patří k reflexům a jsou řízeny z nižších úrovní mozku. Slouží k udržení obrazu pozorovaného objektu na fovey během pohybů hlavy, které jsou v přirozených podmínkách běžné. Například pohneme-li hlavou o 7° doleva, naše oči se musí pohnout o 7° doprava, abychom objekt udrželi na fovey. Latence těchto pohybů je nízká – kolem 10–15 ms. [6] [17]

2.2.5 Vergence

Vergence patří k disjugovaným očním pohybům a umožňují nám obraz objektu vnímat jako jeden útvar. Podmětem k aktivaci je tzv. dispartita – situace, kdy obraz jednoho a téhož objektu dopadá v našich očích na výrazně odlišná místa na sítnici. V případě nefunkčnosti těchto pohybů dochází ke dvojímu vidění. Vergence jsou pomalé 12°/s, s latencí 200 ms a podléhají volní kontrole. [6] [16]

2.3 Oko v procesu čtení

2.3.1 Oční pohyby při čtení

Fixace v procesu čtení je stav, ve kterém je oko v klidu a čtenář je schopný udržet krátký časový okamžik pozorovaný obraz části textu na sítnici ve žluté skvrně a přijímat informaci. Přičemž výraz v klidu je relativní, jelikož oko vykonává řadu nepatrných pohybů (mikrosakády, drift, tremor – viz předchozí kapitola). [6] [9]

Sakády při čtení slouží k přenesení oka do fixačního bodu, v němž je text foveován. Velikost sakády (spolu s počtem fixací na řádek) je závislá na věku, vyspělosti čtenáře, obtížnosti textu a také na parafoveálním zpracování čtenářské informace (viz dále). Nejčastěji se pohybuje v rozmezí 1–15 písmen. Při čtení rozlišujeme dopředné sakády, orientované ve směru čtení a zpětné sakády, které nazýváme regresemi. [6] [7]

Regrese mohou být projevem obtíží s jazykovým zpracováním textu (např. neporozumění obsahu), obtížemi s percepčním zpracováním textu (např. záměny písmen) i obtížemi plynoucími ze samotných očních pohybů. U regresí delších než 10 písmen soudíme zpravidla o tom, že čtenář neporozuměl předchozímu textu. Počet regresí při běžném čtení se pohybuje okolo 10 – 20 % všech sakád, přičemž jejich frekvence je závislá mj. na obtížnosti textu. Regrese se nejčastěji vyskytují v rámci jednoho a téhož řádku, avšak někdy se mohou vyskytnout i při přechodu na předcházející řádek. Některé sakády, jak již bylo zmíněno, přestřelují či podstřelují fixační bod a musí být korigovány pomocí korektivních sakád. [6] [7]

Při čtení se mimo sakády a fixace uplatňují také vergence, jejichž funkcí je zajistit, abychom viděli text jako jeden obraz. Jejich další funkcí je korigovat jemné odchylky při přesunu očí z jednoho řádku na druhý, kdy jsou rychlosti očí rozdílné. [6]

2.3.2 Percepční rozpětí

Percepční rozpětí u čtení je dáno množstvím informace, kterou čtenář může získat během fixace. Je vyjádřeno obvykle počtem písmen a je asymetrické. Při čtení zleva doprava vnímáme nalevo od fixačního bodu 3-4 písmena, napravo až 15 písmen. Percepční rozpětí lze ovlivnit tréninkem.

2.3.3 Parafoveální zpracování čtenářské informace

Nejostřejší vidění na sítnici je v místě fovey. S rostoucí vzdáleností od jejího středu k periférii prudce klesá schopnost identifikovat písmena. Dle toho lze vizuálního pole při běžném čtení rozdělit do tří sektorů. Jedná se o foveální sektor s rozmezím cca 2°

vizuálního úhlu, dále parafoveální prostor v rozmezí $\pm 5^\circ$ na každou stranu fixace a periferní sektor obklopující parafoveální prostor.

V krajní části parafoveálního pole čerpáme informace o délce slova a jeho tvaru, nejsme ale schopni identifikovat význam slova. Sémantizaci obrazového tvaru slova provádíme teprve v těsném sousedství foveálního pole a v samotném foveálním poli. [6] [7]

2.3.4 Okulomotorické modely

Okulomotorické modely řeší základní vztahy mezi očními pohyby a čtením. Čtení dle tohoto modelu zahrnuje dva procesy, proces skenovací, který dodává vizuální informaci a proces jazykové analýzy (báze dostupné vizuální informace). Skenovací systém se snaží určit optimální pozici fixace dle jednoduchého vizuálního klíče (délka a ohraničení slova). Optimální pozice je spojena s nejkratším časem potřebným k zpracování slova. Nejčastěji je to střed slova, nebo mírně vlevo od středu. Pokud se to podaří, nastupuje proces jazykové analýzy. Jelikož různá slova mají různou optimální fixační pozici, musí většinou čtenář hledat další bod (refixace), z něhož by mohl zpracování slova dokončit. V praxi sakadický systém pracuje tak, že vyprodukuje dvě sakády a následné fixace. První fixace testuje hrubou vizuální informaci bez jazykových procesů, předností je rychlost v reagování. Sakadický systém dle toho pak naprogramuje další sakády, u kterých při optimální fixaci vstupuje do hry vyšší jazykový faktor. [6] [7]

2.3.5 Individuální rozdíly v očních pohybech při čtení

Oční pohyby záleží na vyspělosti čtenáře, kdy dobří čtenáři dělají ve srovnání s horšími kratší fixace, delší sakády a méně regresí. Zjevné rozdíly jsou také v závislosti na obtížnosti čteného textu. Při stoupající obtížnosti se prodlužují doby fixace, zkracuje se velikost sakád a zvyšuje podíl regresí. Klesá také tempo čtení. Typografické vlastnosti písma (tvar, velikost) mají na oční pohyby relativně menší vliv ve srovnání s obtížností textu a vyspělostí čtenáře. Oční pohyby se také mění, pokud čteme text nahlas a potichu. Při čtení nahlas mají oční pohyby tendenci řídit se tempem řeči, takže fixace jsou delší a četnější.

2.4 Dyslexie

Dyslexií rozumíme specifickou poruchu učení neurobiologického původu, která je charakterizována obtížemi se správným či plynulým rozpoznáním slova, špatným pravopisem a dekodovacími schopnostmi. Tyto obtíže jsou typickým následkem

deficitu ve fonologické složce jazyka, který je často neočekávaný ve vztahu k ostatním poznávacím schopnostem a k podmínkám efektivní výuky ve třídě. Mezi sekundární následky mohou patřit problémy s porozuměním čteného textu a omezené čtenářské zkušenosti, které brání růstu slovní zásoby a základních znalostí. [10]

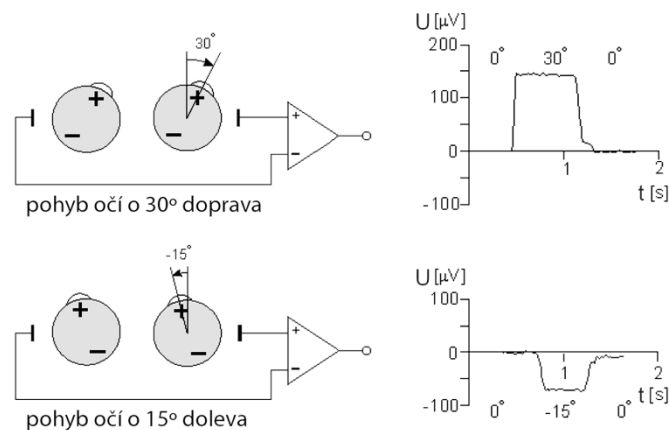
3 ELEKTROOKULOGRAFIE

Elektrookulografie je metoda pro měření klidového potenciálu mezi sítnicí a rohovkou v lidském oku. Umožňuje nám snímat signál, který vzniká při pohybu očí. Výsledný záznam elektrické aktivity nazýváme elektrookulogramem. Uplatnění metody nalzáme v oftalmologii při měření funkce pigmentu epitelu sítnice, neurologii, v diagnostice poruch čtení (dyslexie), poruch spánku (identifikace fáze REM) a při konstrukcích inovativních pomůcek, které umožňují manipulovat různými zařízeními (kursor na počítači, invalidní vozíček, robotická ruka).

3.1 Princip EOG

Oko si lze představit jako dipól s kladným pólem vpředu na rohovce (cornea) a záporným v oblasti sítnice (retina). Díky tomu je mezi rohovkou a sítnicí (zcela přesně Bruchovou membránou na zadní straně oka) corneo-retinální potenciál, který se pohybuje mezi 0,4 a 1 mV. Potenciál není generován excitabilní tkání, ale spíše je přisuzován zvýšenému metabolismu v oblasti retiny. Pokud kolem oka vhodně umístíme na kůži elektrody (viz dále měření pomocí Biopacu), můžeme tento potenciál zaznamenat. [12]

Napětí na elektrodách se mění v závislosti se vzdáleností rohovky od elektrody. Pokud se například oči pohybují z centrální polohy doprava, rohovka se přiblíží k pravé elektrodě, kde následně dojde ke vzrůstu kladného napětí. Pokud se oči pohybují doleva, zaznamenáme opak. Čím je výchylka oka od centrální pozice větší, tím je také větší změna na elektrodách. V rozsahu $\pm 30^\circ$ se jedná o téměř lineární závislost. Pohyb očí lze pomocí EOG zaznamenat ve dvou základních osách. V horizontálním směru se rozsah výchylky očí pohybuje okolo 70° , ve vertikálním pak 90° . Pomocí analýzy těchto změn, můžeme sledovat oční pohyby [11] [12]. Princip je na obrázku (Obr. 3.1).



Obr. 3.1: Princip EOG [14]

Corneo-retinální potenciál je závislý na intenzitě osvětlení sítnice. Ve tmě během 8 – 10 minut dochází k poklesu. Pokud je sítnice následně osvětlena, dochází za 60 – 70 sekund k dalšímu snížení (the fast oscillation – FO), po kterém následuje během 7 – 14 minut pomalý vzestup (light response). Tento úkaz vychází z iontových změn permeability basální membrány v pigmentovém epitelu sítnice. Na popsanych změnách bývá založeno hodnocení klinického EOG, kdy se měří velikost potenciálu ve tmě (dark trough) a po osvětlení (light peak). Velikosti light peak a dark trough se pak dávají do poměru, který se nazývá Ardenův koeficient. Pokud je koeficient menší než 1,5, je obvykle označován jako abnormálně malý, v případě vyšší hodnoty než 2.0 jej hodnotíme jako normální. Mezi 2.0 a 1.5 leží hraniční hodnoty. [13]

V případě onemocnění pigmentového epitelu sítnice a fotoreceptorové vrstvy v sítnici bývá ovlivněn především light peak. Pomocí EOG lze zjistit řadu onemocnění, dokonce s vyšší výtěžností než u ERG. Jedná se o následující choroby: Amaurosis congenita of Leber, Chloroquine retinopathy, Siderosis retinae, Diabetic retinopathy, Flecked retina syndrome a Vitelliruptive (vitelline) macular degeneration. [13] [15]

Z uvedených změn v EOG při různé intenzitě osvětlení vyplývá, že během měření bude muset být dodržena podmínka konstantního osvětlení.

3.1.1 Standardy dle ISCEV

Dle ISCEV standardu pro EOG, musí být při měření dodržena řada podmínek. Jedná se o aplikování kapek pro maximální rozšíření zornic, aby měly zornice během měření stále stejný průměr. Pokud není možné rozšíření zornic, nebo je nežádoucí, mělo by být dodrženo konstantní osvětlení sítnice pomocí zvýšení adaptivního světla. [13]

Elektrody by měly být nepolarizovatelné, aplikovány na očištěnou a odmaštěnou pokožku a správně rozmístěny. Elektrody jsou svodovými kabely připojeny k zesilovači. Impedance mezi párem elektrod by při měření neměla být větší než 5 k Ω .

Pro zesilovače používané v medicíně je požadováno, aby byly elektricky izolované. Kvůli omezení možného kolísání nulové izolinie by se mělo použít střídavého zesilovače s filtrem typu horní propust s mezní frekvencí 0,1 Hz. Též by měl být použit filtr dolní propusti s mezní frekvencí 30 Hz.

Preadaptační fáze má být v stabilních světelných podmínkách tak dlouho, jak jen je to možné (ideálně hodinu) a pro všechny vyšetřované stejná. V dark fázi má být úplná tma. Osvětlení v light fázi má být rovnoměrné, bílé barvy (wolframové, halogenové, LED či fluorescentní světlo), s hodnotou 100cd/m². Dále jsou zde nároky na dvě fixovaná stimulující červená světla (tzv. Grandzfeldův talíř) s rozmístěním 15 stupňů nalevo a vpravo od centrované polohy. [13]

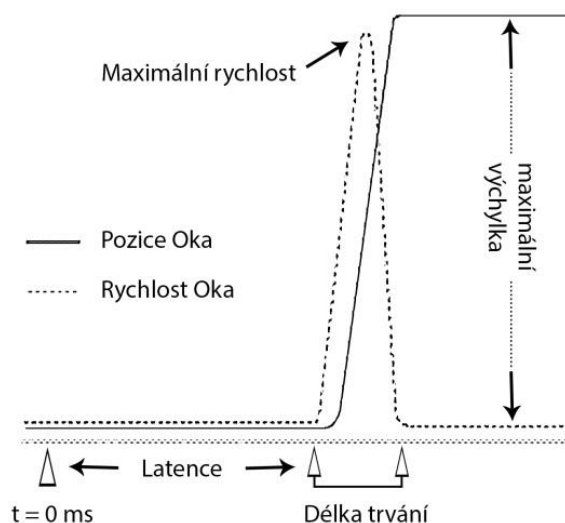
3.2 EOG signál

Za předpokladů, které byly uvedeny, získáme pomocí dvou párů elektrod umístěných na opačných stranách oka a přidané referenční elektrodě dvě složky signálu. EOG_h signál, který odpovídá horizontálnímu pohybu očí a EOG_v , odpovídající vertikálnímu pohybu očí. Okamžitá výchylka v signálu je rovna stálému corneo-retinálnímu potenciálu. Její celkový rozsah se pohybuje v rozmezí 0.4 – 1.0 mV. Ve vztahu k očním pohybům je pro signál typická změna výchylky potenciálu o 5 – 20 μ V na jeden úhlový stupeň. Přesnost měření u EOG je ale obvykle více jak $\pm 2^\circ$. Užitečná frekvence EOG leží mezi 0 Hz a 30 Hz [12].

3.2.1 Detekovatelné prvky v EOG

V záznamu EOG lze identifikovat sakády, s nimi spojené fixace a mrkání. Základní popis byl uveden v přechozích kapitolách, nyní se zaměříme na jejich parametry v EOG záznamu.

U **sakád** určujeme maximální výchylku, maximální rychlost, délku trvání a latenci (Obr. 3.2).



Obr. 3.2: Parametry sakadického pohybu [8]

Maximální výchylka představuje velikost sakády a je obvykle měřená v úhlových stupních nebo vteřinách. U člověka se setkáváme s velikostí až desítek stupňů.

Maximální rychlostí rozumíme nejvyšší rychlost dosaženou během sakády. Profily rychlosti bývají obvykle pro malé a střední sakády symetrické. Během sakády pozorujeme prudký nárůst rychlosti na maximum, kterého je dosaženo těsně před středem sakády, následuje pokles až ke konečnému místu sakády.

Délka trvání je doba celé sakády, kterou lze zjistit jednoduše z profilu rychlosti. Záleží na velikosti sakády – pro sakádu typickou pro čtení (od 2°) je to okolo 30 ms zatímco sakáda pro vnímání scény (5°) trvá 40–50ms.

Latenci rozumíme interval mezi podmětem a začátkem sakády. Bývá za běžných okolností 180–200 ms. Z EOG záznamu latenci určit nedokážeme. [6] [7] [8]

Jedinečným rysem sakád je invariantní poměr mezi maximální rychlostí a výchylkou. Tento poměr nazýváme „hlavní sekvence“ a je užíván jako hlavní identifikační znak sakád u neznámého pohybu očí. Platí čím delší je sakadický pohyb, tím vyšší je jeho maximální rychlost. Velké sakády (80°) dosahují rychlosti až 700°/s. Rychlost není kontrolována vůlí.

U zdravého člověka lze popsat vztah mezi maximální výchylkou a délkou trvání sakády. Jedná se přibližně o lineární závislost kde a je maximální výchylka sakády ve stupních a d je délka jejího trvání v milisekundách. Vztah mezi výchylkou a délkou sakády uvádí rovnice (3.1). [6] [8]

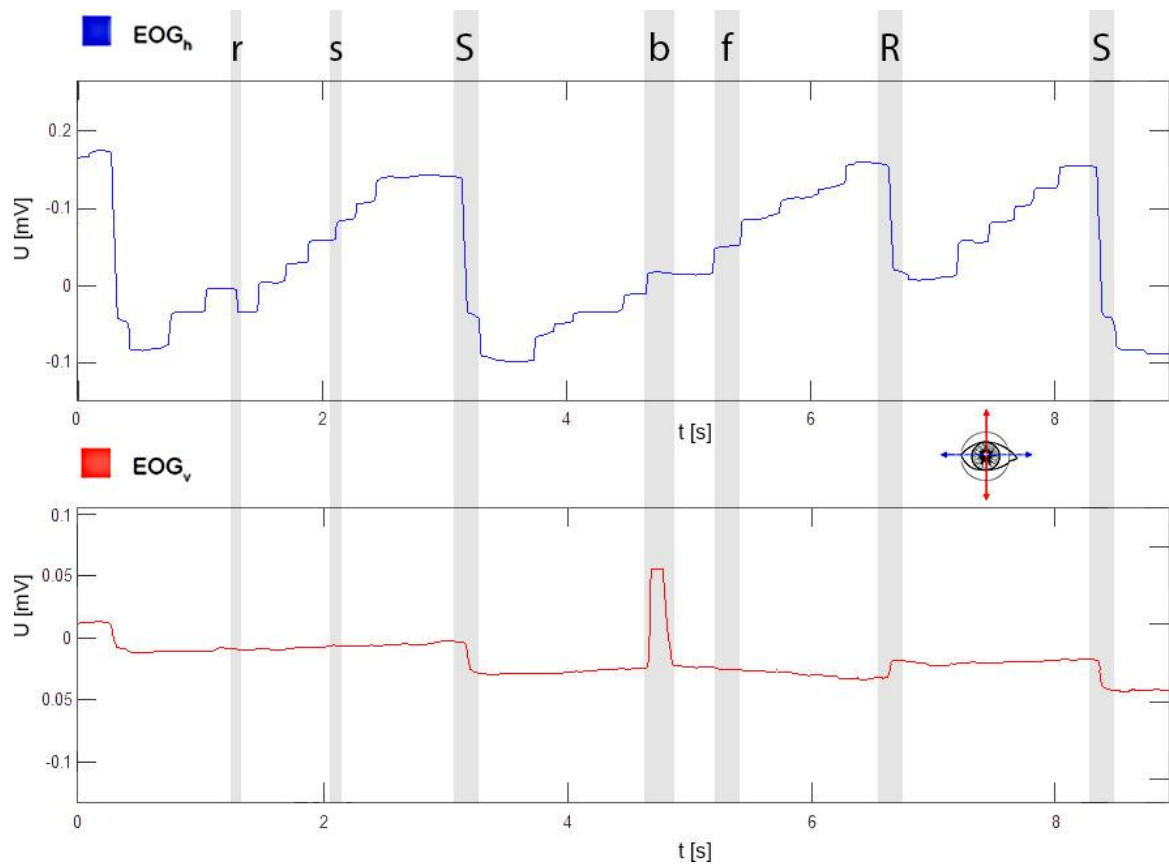
$$d = 2,2 a + 21 \quad (3.1)$$

U **fixací** určujeme především jejich délku trvání. Ta se skládá z času potřebného k předběžnému zhlédnutí textu a z času potřebného k jeho předběžnému pochopení. Pokud čteme český text, délka jedné fixace se pohybuje okolo 200 – 400 ms při zachycení 7 – 9 písmen. Experimenty se došlo k tomu, že fixace zaujímají 90% celkového času při čtení. [6] [9]

Mrkání je velmi krátce trvající pohyb víček reflexního a spontánního původu. Účelem je rozetření slzného filmu, odstraňování nečistot nebo pomoc při výměně slzného filmu. Průměrný počet mrknutí se pohybuje v rozmezí 12 – 19 mrknutí za minutu v závislosti na okolních podmínkách. Frekvence záleží na vlhkosti, teplotě, jasu, psychické aktivitě, pracovní zátěži a únavě. Průměrné trvání mrknutí se pohybuje mezi 100 – 400 ms. [11]

Na Obr. 3.3 jsou vyznačené popsané prvky v EOG. V rámci čtení jednoho řádku českého či anglického textu, které probíhá zleva doprava, lze na EOG_h záznamu pozorovat fixace (výchylka potenciálu se téměř nemění), ohraničené malými dopřednými (malá kladná rychlá změna výchylky) či zpětnými sakádami – regresemi (malá rychlá záporná změna výchylky). Při přeskoku na následující nebo předcházející řádek pozorujeme velkou sakádu (rychlá záporná změna výchylky).

Přeskok (sakádu) mezi řádky lze také pozorovat na záznamu EOG_v, kde změna výchylky je dána tím, jestli se čtenář vrací na předchozí řádky (kladná hodnota) nebo pokračuje ve čtení textu na následující řádek (záporná hodnota). Mrkání je na EOG_v reprezentováno výraznými píky.



Obr. 3.3: Příklad detekovatelných prvků v EOG (signál po mediánové filtraci): fixace(f), dopředné sakády v rámci řádku (s), sakády při přeskočení na další řádek (S), regrese v rámci řádku (r), regrese při přeskočení na předcházející řádek (R), mrkání (b)

4 ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU EOG

Zpracování signálu EOG zahrnuje především odstranění šumu vhodným filtrem a detekci fixací a sakád pomocí různých algoritmů.

4.1 Odstranění šumu

EOG signál bývá znehodnocený šumem, který pochází z několika zdrojů. Těmi mohou být indukovaná napětí z rozvodné sítě, měřících obvodů, elektrod nebo svodů. Příčinou zašumění signálu mohou být také myopotenciály (EMG) a špatný kontakt mezi elektrodou a kůží (pot, maz).

EOG je náhodný signál (je neperiodický), což znemožňuje použití algoritmů pro odstranění šumu, které využívají znalosti struktury a časového průběhu signálu. Aby bylo možné provádět správnou detekci jednotlivých prvků, je nutné dodržet řadu podmínek. Musí být zachována strmost hran v signálu (kvůli detekci sakád a mrkání). Z důvodu rozlišení mezi různými typy a směry sakadických pohybů by taktéž neměla být ovlivněna amplituda signálu. Použité filtry nesmí vytvářet artefakty v signálu, které by byly nesprávně detekčními algoritmy vyhodnoceny jako sakády nebo mrkání.

Pro odstranění šumu existuje řada metod. Patří k nim filtrace dolní propustí, filtrace založená na vlnkové transformaci a mediánový filtr. Nejvhodnější se jeví mediánový filtr, který zachovává u sakadických pohybů strmé hrany v signálu, nezkrsluje amplitudy a nepřidává žádné artefakty. Pro správnou filtraci je důležité nastavit velikost okna dostatečně krátkou na to, aby neodstranila důležité části, jako je například mrkání. Mediánový filtr odstraňuje impulsy o šířce menší než polovina velikosti okna. Například pro signál se vzorkovací frekvencí 128 Hz je vhodná velikost okna délky 150ms, což odpovídá velikosti 19 vzorků. [11]

4.2 Detekce fixací

4.2.1 I-VT algoritmus

Z hlediska pochopení a realizace patří I-VT (velocity-threshold identification) algoritmus k těm jednodušším. Je založen na faktu, že okamžitá rychlost pohybu oka při fixaci je výrazně menší (tj. $< 100^\circ/\text{s}$) než u sakád (tj. $> 300^\circ/\text{s}$).

Algoritmus začíná výpočtem okamžité rychlosti pohybu oka v každém bodě záznamu a to jako vzdálenosti mezi aktuálním bodem a následujícím (nebo předchozím) bodem. I-VT pak klasifikuje každý bod jako fixaci nebo sakádu dle zvoleného prahu

rychlosti. V případě že je rychlost bodu menší než práh, stává se bod fixací, v případě že je větší, tak sakádou. Následně jsou body označené jako fixace sloučeny do skupin a jsou vyřazeny body reprezentující sakády. Skupiny fixací jsou nakonec vyjádřeny vektorem (x, y, t, d) , kde střed fixace o souřadnicích (x, y) je vypočítán jako těžiště všech bodů fixace, t označuje čas začátku fixace a d dobu jejího trvání. [18]

Upravený I-VT algoritmus je použit při odstranění mrkání a při detekci jednotlivých sakád v kapitole 7.1.

4.2.2 I-DT algoritmus

Na rozdíl od I-VT algoritmu, který rozděluje sakády a fixace podle rychlostí, vychází I-DT (Dispersion-Threshold Identification) algoritmus z toho, že fixační body mají tendenci se shlukovat. Algoritmus začíná posouváním okna o délce 100 – 200 ms v záznamu, přičemž délka okna je volena s ohledem na minimální délku trvání fixace (100 ms). V každém kroku je počítán rozptyl D , který je určen jako součet rozdílů minimálních a maximálních hodnot x a y dle rovnice (7.2), kde x odpovídá vzorkům v EOG_h a y v EOG_v záznamu.

$$D = [\max(x) - \min(x)] + [\max(y) - \min(y)] \quad (4.1)$$

Rozptyl je porovnáván s nastaveným prahem. V případě že je vypočítané D větší, vzorky v okně nerepresentují fixaci a celé okno se posouvá o jeden bod doprava. Pokud je hodnota rozptylu menší než práh, jsou vzorky v okně brány jako fixace. Délka okna se pak zvětší o jeden vzorek napravo (bez posuvu). Okno se zvětšuje do té doby, dokud není překročen práh. Následně se pak vezme maximální délka okna, která je brána jako fixace a jsou vypočítány souřadnice jejího středu jako těžiště všech bodů v okně. Následně jsou uloženy krajní hodnoty okna (fixace). Z krajních hodnot je vypočítána délka trvání fixací. Nové okno se pak vytvoří za posledním bodem této fixace. Proces probíhá do té doby, dokud není dosaženo konce signálu. [18]

Upraveného I-DT algoritmu se používá při detekci fixací a velkých sakád v kapitole 7.1.

4.3 Detekce sakád

Detekci sakád lze při čtení pojmut jako doplňkovou úlohu. Pokud pomocí algoritmu I-VT nebo I-DT zjistíme v záznamu body, které klasifikujeme jako fixace, měly by ostatní body patřit sakádám. To lze použít v případě, pokud nepotřebujeme dále zjišťovat parametry jednotlivých sakád.

Prvním krokem u algoritmu pro detekci sakád je podobně jako u I-VT nalezení

míst, které překračují práh stanovené okamžité rychlosti. Tím získáme několik spojitých intervalů reprezentující sakády, ve kterých hledáme první maximum, které odpovídá vrcholu rychlosti sakády. Před nebo za tímto maximem poté hledáme body, kde rychlost poklesne pod určitý práh, který stanovíme pomocí procentuální maximální rychlosti sakády. Hledání končí při nalezení tohoto bodu, nebo při dosažení hranice časového okna, ve kterém probíhá hledání. Okno je použito za účelem zvýšení robustnosti algoritmu. Vlivem šumu nebo artefaktů by totiž mohlo dojít k tomu, že k poklesu pod zvolený práh nedojde.

V dalším kroku, kdy máme nalezeny hraniční body sakády je zkontrolováno, zda je splněna minimální délka trvání sakády. Tím se omezí detekce falešně pozitivních sakád, které mohou vznikat opět šumem či artefakty.

5 MĚŘENÍ EOG SYSTÉMEM BIOPAC

Pro naměření signálu EOG skupiny dobrovolníků je zvolen systém Biopac Student Lab PRO, který zahrnuje hardwarové a softwarové řešení pro získávání biologických signálů. Jako akviziční hardwarová jednotka je použit model MP35, který je pomocí USB adaptéru spojen s počítačem. BSL PRO software umožňuje zobrazovat, editovat data a umožňuje nastavování akvizice, výpočtů v reálném čase (jako je například digitální filtrace), po-akviziční transformace (například FFT) a obsahuje souborový manažer, umožňující ukládání, kopírování a tisk dat. Systém BSL má atest jako zdravotnický prostředek na elektrickou bezpečnost. [20]

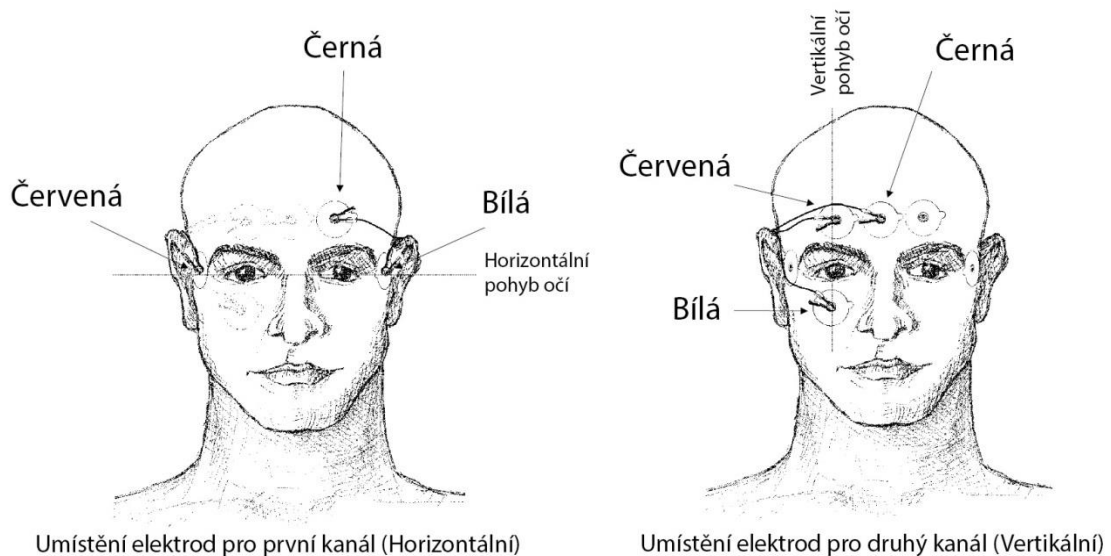
Hardwarová akviziční jednotka MP35 obsahuje mikroprocesor pro řízení akvizice a komunikaci s počítačem. Umožňuje vstupní analogový signál zesílit, provést základní filtrace a digitalizaci signálu. K jednotce můžeme připojit elektrody, snímače, které převádějí fyzický signál na elektrický a jiná vstupní/výstupní zařízení, jako například přepínač nebo sluchátka. V Tab. 5.1 jsou uvedeny základní parametry MP35. [20]

Tab. 5.1: Parametry akviziční jednotky MP35 [20]

Analogové vstupy, počet kanálů	4 izolované (přední panel CH 1- CH 4), 2 neizolované (přídavné)	ochrana vstupu; limit proudu	$\pm 1 \text{ mA/V}$
Vzorkovací frekvence Maximum Minimum	100k vzorků/sekunda 1 vzorek/sekunda	Rozdíl vstupních impedancí (mezi Vin+ a Vin-)	$2\text{M}\Omega$
A/D rozlišení (před digitální filtrace)	24 bitů	Filtry (automatické nebo nastavitelné uživatelem)	3 dvou-pólové IIR digitální filtry na každý kanál
Poměr signál/šum	> 90 dB	Společný mód vstupní impedance (mezi Vin+/Vin- a GND) DC / AC (50/60 Hz)	$11 \text{ M}\Omega / 1,000 \text{ M}\Omega$
Napěťové rozlišení závislé na zesílení	od 1.192 mikrovoltů/bit (zesílení 10) do 0.024 nanovoltů /bit (zesílení 50,000)	Rozsah zesílení (automatické nebo nastavitelné uživatelem)	10-50,000
Rozsah vstupního napětí závislého na zesílení	od 400 mikrovoltů do 2.0 voltů p-p	Propojení s počítačem	USB 2

5.1 Elektrody

Pro měření EOG signálu se v univerzitních učebnách používají elektrody typu Ag-AgCl obsahující kontaktní gel a dvě sady vodičů SS2L. Elektrody se lepí na očištěnou pokožku (testovaná osoba si před nalepením umyje obličej) a to dle obrázku (Obr. 5.1). Elektrody se před nalepením zastříhnou, aby lépe kopírovaly nerovný povrch obličeje. Před samotným měřením je vhodné počkat alespoň pět minut pro ustálení iontové rovnováhy. Kanál 1 slouží pro snímání horizontálního pohybu očí a kanál 2 pro vertikální složku pohybu. Konektory se připojí do odpovídajících vstupů vypnuté akviziční jednotky MP35. [20]



Obr. 5.1: Umístění elektrod pro snímání horizontálního a vertikálního EOG při pohybu očí [20]

5.2 Nastavení softwaru BSL PRO

Po připojení konektorů je zapnuta jednotka MP35 a spuštěn software BSL PRO. Zde je nutné pro měření signálu EOG především zvolit správné kanály, nastavit jejich parametry a akvizici. Pro nastavení kanálů se používá položka „Set up channels“, která se nachází pod záložkou MP35. Okno „Set up channels“ je rozděleno do tří sekcí, analogových vstupních kanálů, digitálních vstupních kanálů a výpočetních kanálů.

Pro měření se volí dva analogové vstupní kanály a u každého se vybere pomocí tlačítka „presets“ z menu položka EOG (0.05 – 35Hz) a zatrhne se „Acquire Data, Plot on Screen a Enable Value Display“. Nyní jsou nastaveny základní parametry kanálů (předdefinované filtry, zesílení) pro snímání EOG. Ty se ale ještě upraví pomocí tlačítka „View/Change Parameters“.

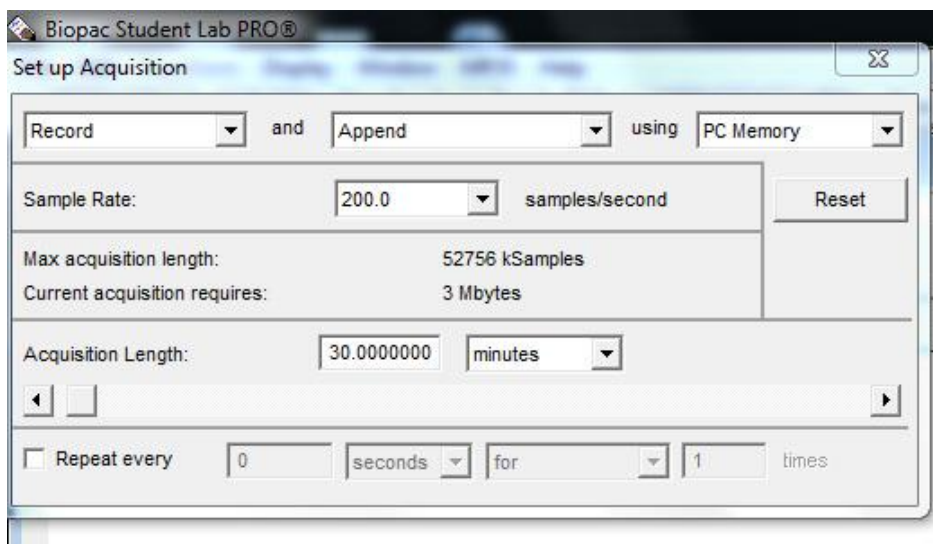
V novém okně „*Input Channel Parameters*“ se nachází nastavení digitálních filtrů, kde se přednastavení ponechá a také hardwarové nastavení. V hardwarovém nastavení se zvolí zesílení x100 a offset se ponechá na 0 mV. Dále se zde nachází dva režimy snímání, AC a DC.

Pomocí režimu AC (alternative current – střídavý proud) se zaznamenávají pouze takové výchylky při pohybu očí, kdy dochází ke změně elektrické aktivity. To znamená, že pokud se pohne oko například doleva a zůstane takto natočeno, na horizontálním EOG se objeví výchylka, která ale postupně klesá k nule, jelikož potenciál mezi snímacími elektrodami se nemění. V tomto režimu se dá díky stálému směřování výchylek k nule zvolit daleko větší zesílení, což vede také k mírně většímu rozlišení. Režim se dá použít pro snímání EOG při čtení ale není vhodný pro sledování trajektorie očí.

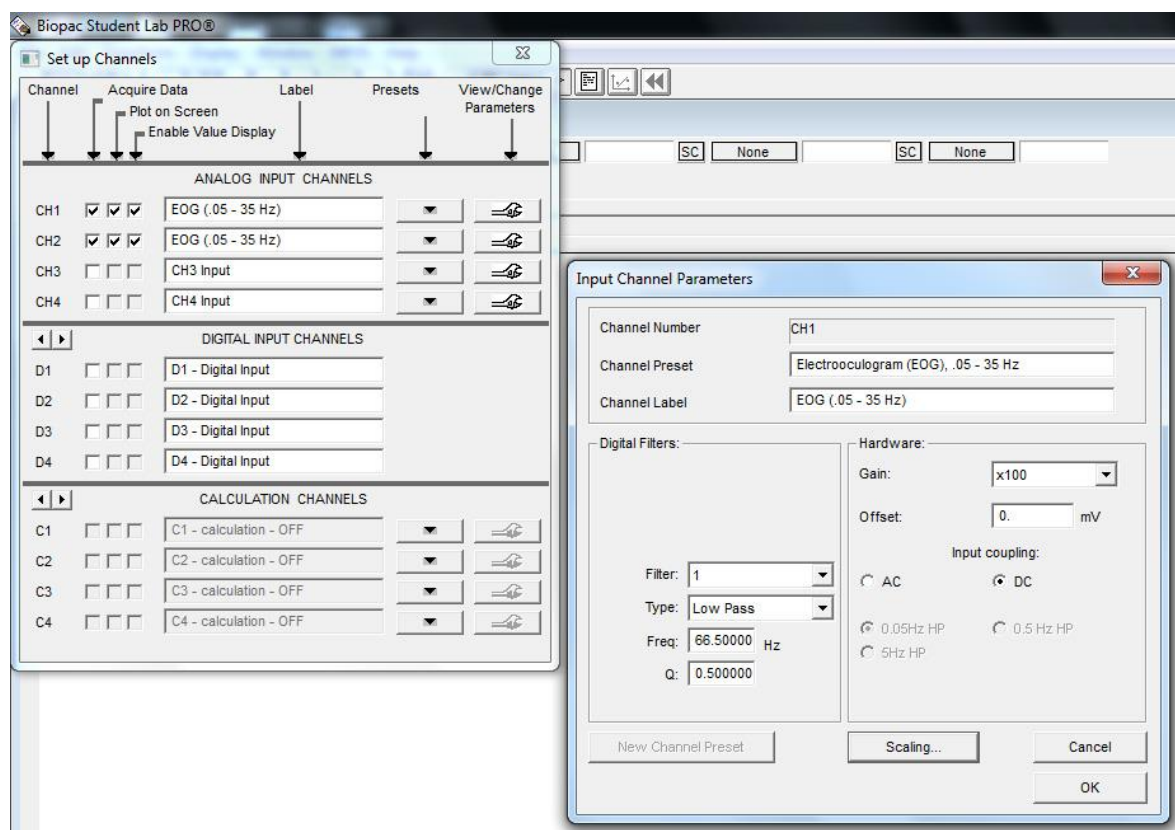
Naproti tomu režim DC (direct current – stejnosměrný proud) dokáže zaznamenat aktuální polohu oka (stálý potenciál mezi měřicími elektrodami). Znamená to tedy, že pokud je oko natočeno do nějakého směru a setrvává v něm, naměřená výchylka/hodnota se nemění a má stále stejnou velikost. Nevýhodou režimu je, že se objeví poměrně výrazné kolísání nulové izoliny (drift) signálu, což je způsobeno především elektrochemickými procesy na rozhraní elektroda-kůže (do 0,8 Hz), dýcháním (do 0,5 Hz) a pomalými pohyby měřené osoby (do 2 Hz). Z tohoto důvodu nelze zvolit tak vysoké zesílení jako u AC. Hardwarové filtry k odstranění driftu nejsou v tomto režimu dostupné. Režim se hodí pro sledování trajektorie očí i čtení. Je volen v této práci, jelikož se mimo získání základních parametrů čtení počítá i se zobrazením jejich trajektorie ve čteném textu.

Pro nastavení akvizice se používá položka „*Set up acquisition*“, která se nachází opět pod záložkou MP35. Zde se nastavuje vzorkovací frekvence, která je v této práci volena na 200 Hz s ohledem na frekvenční pásmo EOG které nás zajímá. Dále je zvolena potřebná délka akvizice na 30 minut.

Jednotlivá nastavení akvizice a kanálů, která byla zvolena v této práci, jsou patrná z obrázků (Obr. 5.2, Obr. 5.3).



Obr. 5.2: Okno s nastavením akvizice



Obr. 5.3: Okna s nastavením kanálů a parametrů kanálu

5.3 Podmínky měření

Pro správnou validitu dat a možnost statistického zhodnocení je nutné zachovávat při každém měření stejné podmínky.

Jelikož při změně osvětlení dochází také ke změnám potenciálu mezi rohovkou a sítnicí, měla by být během měření stálá intenzita osvětlení oka. To je částečně dosaženo pomocí nastavení stejného jasu u všech dobrovolníků a to během celého měření. Dále je nutné brát v potaz osvětlení místnosti. V ideálním případě by měření mělo probíhat ve stejnou denní dobu se stejnými světelnými podmínkami. Stálých světelných podmínek je částečně dosaženo pomocí maximálně rozsvícených světel a zatažených žaluzií.

Před nalepením elektrod si každý dobrovolník umyje obličej. Posadí se pohodlně na židli a jsou mu nalepeny upravené elektrody dle uvedeného schématu (Obr. 5.1). Vzdálenost monitoru od očí je při každém měření stejná (35 cm). V základní poloze očí se dívá dobrovolník do středu monitoru. V takovéto poloze je následně hlava zafixována pomocí podepření brady rukama. V místnosti je klid, aby se dobrovolník mohl maximálně soustředit na čtení.

Před začátkem měření je měřená osoba náležitě poučena o způsobu měření. Je jí předložen jednoduchý text, s pomocí něhož se seznámí s tím, co jí bude čekat. Poskytne o sobě základní informace. Pokud je zjištěna odchylka ve čtení (například dyslexie), nemůže se měření zúčastnit a je vyřazena. Při čtení textu je fixovaná hlava, nedochází k pohybu mimických svalů, rtů a čtení textu s vokalizací. Tím by byl záznam znehodnocen. Před a po každém přečteném textu je nutné třikrát zamrkat, aby byl vymezen záznam, který nás zajímá.

6 METODIKA MĚŘENÍ SROZUMITELNOSTI TEXTU

Pro měření srozumitelnosti textu z EOG jsou vybrány dva české rozdílně složité texty a jeden anglický text. Texty čte pokusná osoba s nalepenými elektrodami z monitoru za podmínek a nastavení systému uvedeného v předchozí kapitole. Každý text zabírá necelou jednu stranu (není nutno posouvat obraz na obrazovce), má stejné formátování, velikost písma je nastavena na 14, řádkování na 1,5 a je zvoleno bezpatkové písmo Calibri. Formát písma a vzdálenost od monitoru je zvolena s přihlédnutím na rozlišitelnost prvků v EOG. Měřená osoba též musí mít co největší komfort a písmo se jí musí číst z monitoru stejně dobře, jako za běžných podmínek.

Cílem čtení textu je dosažení co možná největšího porozumění a rychlosti, neboli co nejvyššího výkonu. Za každým textem je test porozumění, kde musí dobrovolník shrnout, o čem četl a odpovědět na několik otázek, které jsou procentuálně ohodnoceny. Ze záznamu je zjištěna doba čtení v sekundách a vypočítána rychlost čtení V v počtu slov/min jednoduše vztahem (6.1) [9].

$$V = \frac{\text{počet slov} \cdot 60}{\text{doba čtení v sekundách}} \quad (6.1)$$

Výkon čtení P se pak dá vyjádřit vztahem (6.2) jako [9]:

$$P = \frac{V \cdot \text{míra prozumění}}{100} \quad (6.2)$$

Před samotným čtením měřená osoba sdělí základní informace jako je věk, povolání a dosažené vzdělání, vyspělost čtenáře (kolik knížek přečte za rok), zda je přítomna dyslexie, dalekozrakost či jiné odchylky. Též je třeba znát momentální psychický stav a délku spánku, které by čtení mohly výrazněji ovlivnit. Další užitečnou informací je volená strategie čtení.

Rozlišujeme strategii pečlivou a riskantní. Pečlivá se vyznačuje vnitroslovní taktikou očních pohybů charakterizovanou častými refixacemi, malými sakadickými pohyby, progresivními i regresivními, v rámci jednoho a téhož slova. Čtenář se snaží na první čtení maximálně porozumět textu. V případě riskantní strategie čtenář text sakadicky progresivně „přelétává“. Pokud však textu neporozumí, je riskantní strategie často nahrazena dočasně za pečlivou. Projeví se to velkou regresí (návratem k problematickému místu). Čtenář je při riskantní strategii zvyklý si nejdříve udělat

určitý přehled a dokonalého porozumění se snaží dosáhnout až na druhé či třetí přečtení. [6]

Měření začíná čtením jednoduchého textu – krátké bajky. Neočekává se, že by měřená osoba měla s tímto druhem textu při čtení problém. Rychlost čtení nenáročné zábavné četby se pohybuje průměrně okolo 230 slov/min s porozuměním alespoň 60 %. Na EOG záznamu se očekává minimum regresních pohybů v rámci jednoho řádku, téměř žádné regrese mezi řádky, malý počet fixací na řádek (5 - 10), kratší čas fixací (0,2 – 0,4 s). To v důsledku znamená velké sakády na jeden řádek, a vyšší možnost výskytu korektivních sakád. Text se čte pouze jednou, signál je ohraničen jako u každého dalšího textu pomocí zamrknání před začátkem a po konci čtení. Následuje test porozumění.

Dalším textem je poměrně náročný popis horniny Kvarcitu. Rychlost čtení se předpokládá na 75 – 135 slov/min, s průměrným porozuměním 40 %. Očekává se na rozdíl od jednoduchého textu výrazně vyšší počet regresních pohybů v rámci jednoho řádku, výskyt regresí mezi řádky, velké množství fixací na řádek s delším trváním (i více než 1 s). To znamená i daleko více spřažených sakád. Po přečtení opět následuje test porozumění a to bez zpětné vazby, jestli odpovědi jsou správné. Jelikož se předpokládá malé porozumění, text se čte dvakrát. Při druhém čtení se očekává vyhledávání informací, které nebyly zodpovězeny v otázkách. Na EOG záznamu by se v tomto případě mělo objevit několik řádků, které budou přečteny rychle s málo fixacemi. Části, které budou přečteny pečlivě (kvůli dohledání informací), budou pravděpodobně obsahovat opět velké množství fixací s delším trváním a zvýšený počet regresních pohybů.

Posledním textem je anglický článek o diagnóze Alzheimerovy choroby ze sítnice. Článek pochází z BBC. Jedná se o jednoduchou až středně těžkou náročnost, která by neměla činit studentům s úrovní angličtiny B2 velké potíže (převážná část měřených osob je z oboru BTBIO a B2 se na VUT bere jako úspěšně složený předmět XAN4). O požadované úrovni angličtiny alespoň B2 bude měřená osoba předem informována. I přes to bude před čtením nejdříve ukázán slovníček, který obsahuje klíčová slova ke článku. Rychlost čtení a míra porozumění bude záviset především na znalostech anglického jazyka měřené osoby. Průměrně se očekává vyšší rychlost i porozumění než v předchozím těžkém textu. Výskyt regresí, zvýšený počet fixací na řádek a jejich delší doba trvání bude především na místech, které budou činit čtenáři potíže a to z toho důvodu, že se bude jednat nejspíše o neznámé slovíčko nebo obtížně přeložitelný větný celek. Z toho důvodu se čeká v těchto místech i zvýšená míra přeskoků mezi řádky. Na konci článku se opět nachází test porozumění. Jelikož je pravděpodobné, že by

porozumění mohlo být nižší jak 50%, text se čte i napodruhé. Při druhém čtení bude opět docházet k vyhledávání informací, na které čtenář nevěděl odpovědi, což se projeví podobně jako u těžkého textu na záznamu EOG. Pokud bychom předpokládali naprostou znalost anglického jazyka, EOG záznam by se pravděpodobně příliš nelišil od záznamu u jednoduchého textu.

Obecně bude tedy v každém článku počítána rychlost čtení a výkon. Bude zjištěn počet fixací na každý řádek, jejich délka trvání, s tím související i velikost a počet dopředných sakád a regresních sakád v rámci stejného řádku. Dále se bude počítat počet regresních návratů mezi řádky. Statisticky se zhodnotí rozdíly mezi těmito třemi texty.

7 POPIS VYTVOŘENÉHO PROGRAMU

V programovém prostředí Matlab byla vytvořena aplikace pro analýzu dat EOG, která byla získána naměřením deseti dobrovolníků pomocí systému Biopac za uvedených podmínek a metodiky v předchozích kapitolách. Program byl vytvořen s ohledem na schopnosti detekčních algoritmů detekovat jednotlivé prvky a jejich parametry v horizontálním a vertikálním záznamu EOG.

7.1 Zpracování signálu a popis algoritmů

Zpracování a analýza dat je prováděna především z horizontálního záznamu EOG, jelikož vertikální záznam EOG má k detekci užitečných prvků v záznamu jen doplňkový charakter.

Pro správnou funkci detekčních algoritmů je vhodné nejdříve ze signálu odstranit šum. Nejprve je odstraněna nízkofrekvenční složka – drift pomocí filtru typu horní propust s mezní frekvencí 0,05 Hz. Následuje odstranění vysokofrekvenční složky pomocí mediánového filtru. Jako vhodná délka okna se pro použitou vzorkovací frekvenci 200 Hz jeví 150ms (30 vzorků).

Před samotnou detekcí prvků je nutné ještě provést odstranění mrkání a to z vertikálního záznamu EOG. Mrkání se v záznamu jeví jako vysoké píky, které by znemožnily správnou detekční schopnost algoritmu pro velké sakády. Základem pro odstranění mrkání je upravený I-VT algoritmus. Začíná se výpočtem rozdílu aktuálního vzorku a vzorku posunutého o šest vzorků ve směru časové osy (oproti aktuálnímu a sousednímu v původním algoritmu). Úprava je nutná z důvodů větší robustnosti algoritmu a dle vizuální kontroly ve všech signálech dává nejlepší výsledky. V případě, že je překročen nastavený práh rozdílu, náleží bod k mrknutí. Tyto body jsou poté sloučeny do skupin. Skupiny splňující minimální nastavenou délku jsou označeny jako vzestupné či sestupné intervaly mrknutí. Následně se intervaly mezi sebou porovnávají a zjistí se krajní body mrknutí. Intervaly patřící k jednomu mrknutí musí splňovat následující podmínky: (a) první interval má kladnou derivaci a následující zápornou, (b) rozdíl maximální a minimální hodnoty v intervalech musí být větší než nastavený práh, (c) vzdálenost dvou intervalů musí být menší než nastavený druhý práh. Ze signálu je pak mrknutí odstraněno pomocí provedení interpolace kubickým splajnem. Pro interpolaci jsou brány části signálu ležící v bezprostřední blízkosti od detekovaného levého a pravého bodu mrknutí.

V takto zpracovaném signálu je možné následně detekovat fixace nebo sakády.

Fixace se detekují pomocí již zmíněného I-DT algoritmu. Ten je mírně poupraven a použit pouze pro horizontální záznam EOG. V každém kroku je tedy počítán rozptyl D , který je určen jako součet rozdílů minimálních a maximálních hodnot x dle rovnice (7.2), kde x odpovídá hodnotám vzorků v EOG_h.

$$D = [\max(x) - \min(x)] \quad (7.1)$$

Dále algoritmus probíhá stejně, jak byl popsán v kapitole 4.2. Výstupem algoritmu jsou krajní body fixací. Z krajních bodů je počítána délka trvání fixací. Průměrná délka trvání fixací se pak počítá jako suma délek trvání dělená počtem fixací. Jako sakády jsou automaticky brány všechny části signálu, které se vyskytují mezi fixacemi.

Pro lepší detekci sakád a to především parametru délky trvání sakády lze použít algoritmu I-VT. V algoritmu je počítán rozdíl aktuálního a sousedního vzorku. Pokud je rozdíl větší než nastavený práh, je bod brán jako sakadický. Sakadické body jsou následně sloučeny do intervalů. Intervaly splňující minimální délku sakády jsou označeny jako skutečné sakády. Výstupem algoritmu jsou krajní body fixací (přepočítaných z krajních bodů sakád), ze kterých se počítá délka trvání sakád. Jako fixace jsou tedy automaticky brány všechny části signálu, které se vyskytují mezi sakádami.

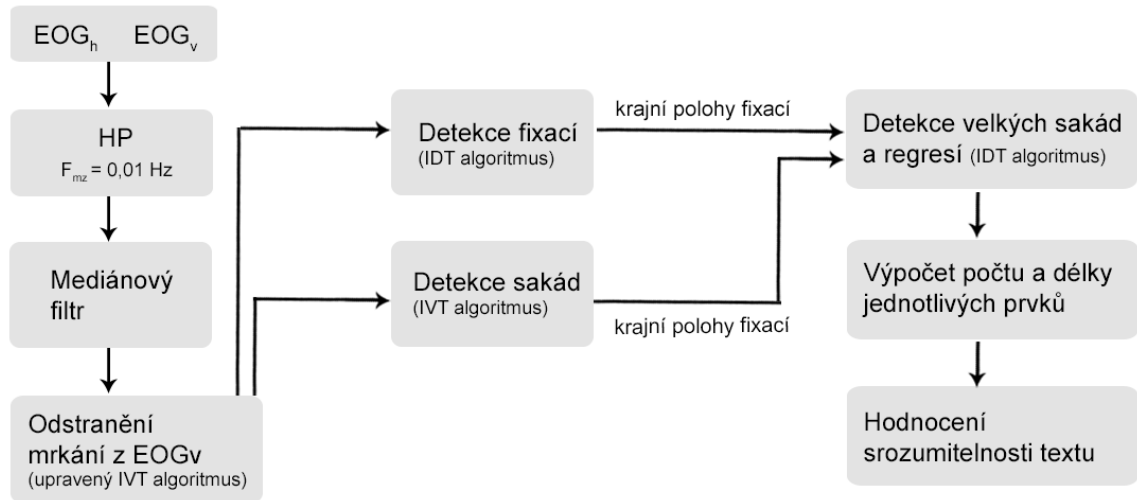
Dále se provádí detekce velkých sakád a regresí. Velké sakády (přeskoky mezi řádky) se detekují následujícím způsobem. Jsou procházeny všechny sakády mezi fixacemi, okno vždy prezentuje maximální délku sakády (úsek signálu mezi uloženými pravými a levými krajními polohami fixací) a jsou zjištěny maximální a minimální hodnoty. Následně je podobně jako u fixací zjištěn rozptyl dle rovnice (7.2), kde x odpovídá hodnotám vzorků v EOG_h a y hodnotám vzorků v EOG_v záznamu.

$$D = [\max(x) - \min(x)] + [\max(y) - \min(y)] \quad (7.2)$$

Pokud rozptyl přesáhne hraniční hodnotu, je úsek signálu brán jako velká sakáda a tedy jako přeskok z jednoho řádku na druhý. Polohy velkých fixací jsou následně uloženy. Malým regresím v rámci řádku pak odpovídají úseky pod hraniční hodnotou rozptylu a zároveň splňující podmínku záporné derivace mezi krajními body okna. Zbytek odpovídá malým dopředným sakádám. Počty fixací a regresí na jeden řádek jsou zjištěny jednoduše porovnáním poloh s velkými sakádami a zařazením do odpovídajících řádků. Průměrný počet fixací a regresí na řádek je pak dán sumou všech prvků (fixací nebo regresí) dělenou celkový počtem detekovaných velkých sakád. Pokud je uživatelem zadána hodnota počtu řádků v textu, pak je suma dělena skutečným počtem řádků v textu. Detekované velké sakády se také používají pro výpočet parametru S/T, což je poměr počtu velkých sakád (S) a skutečného počtu řádků čteného

textu (T).

Z počtu jednotlivých prvků a jejich parametrů se provede hodnocení srozumitelnosti textu. Blokové schéma zpracování a analýzy signálu lze pozorovat na obrázku (Obr. 7.1).

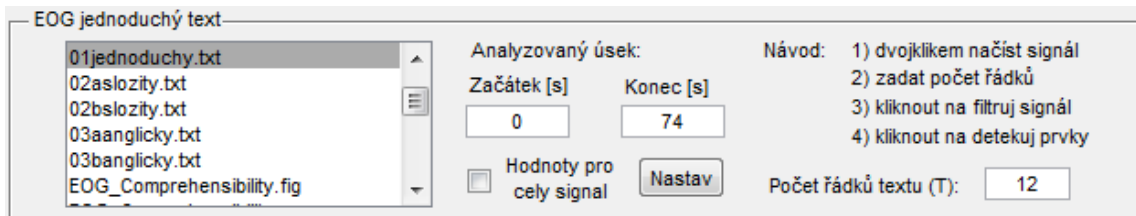


Obr. 7.1: Blokové schéma zpracování a analýzy signálu

7.2 Popis GUI rozhraní

Rozhraní programu se skládá ze dvou bloků určených pro analýzu srozumitelnosti čteného textu. V každém bloku lze načíst rozdílný signál, provést jeho filtraci, detekci parametrů a výslednou analýzu. Dva rozdílně srozumitelné texty lze tedy ihned mezi sebou jednoduše porovnat.

První část bloku zobrazená na Obr. 7.2 obsahuje načtení signálu, které se provádí dvojklikem na vybranou položku databáze. Výběr úseku signálu pro analýzu lze jednoduše provést pomocí počátečních a koncových bodů v sekundách. Pro správný výpočet poměru S/T je dále nutné zadat počet řádků čteného textu.



Obr. 7.2: Načtení a výběr úseku signálu, zadání počtů řádků čteného textu

Druhá část, která je pro oba bloky stejná, obsahuje nastavení filtrace a detekce

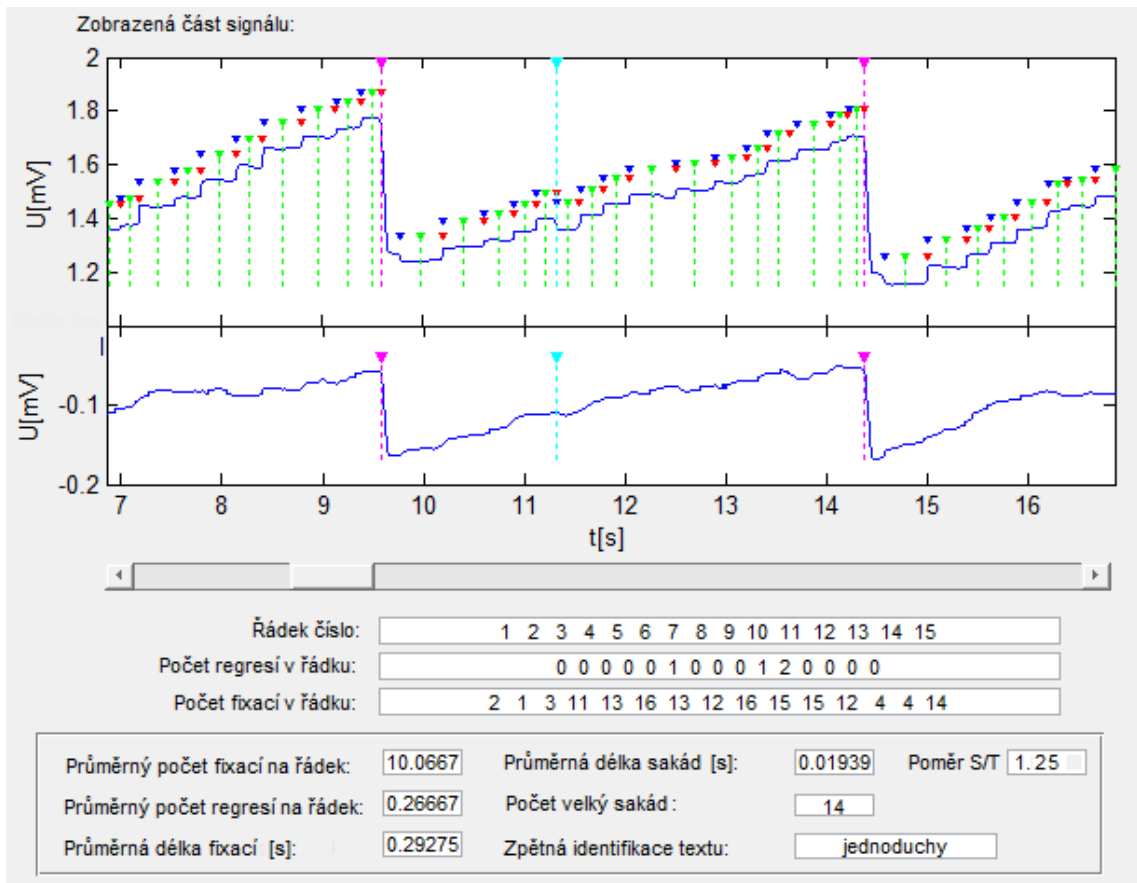
parametrů. Při filtraci horizontální i vertikální složky je možné nastavovat mezní frekvenci horní propusti a délku okna mediánového filtru. Taktéž je možné zvolit algoritmus pro odstranění mrkání. Nastavení filtrace je vidět na Obr. 7.3.

Obr. 7.3: Nastavení filtrace horizontálního a vertikálního záznamu EOG

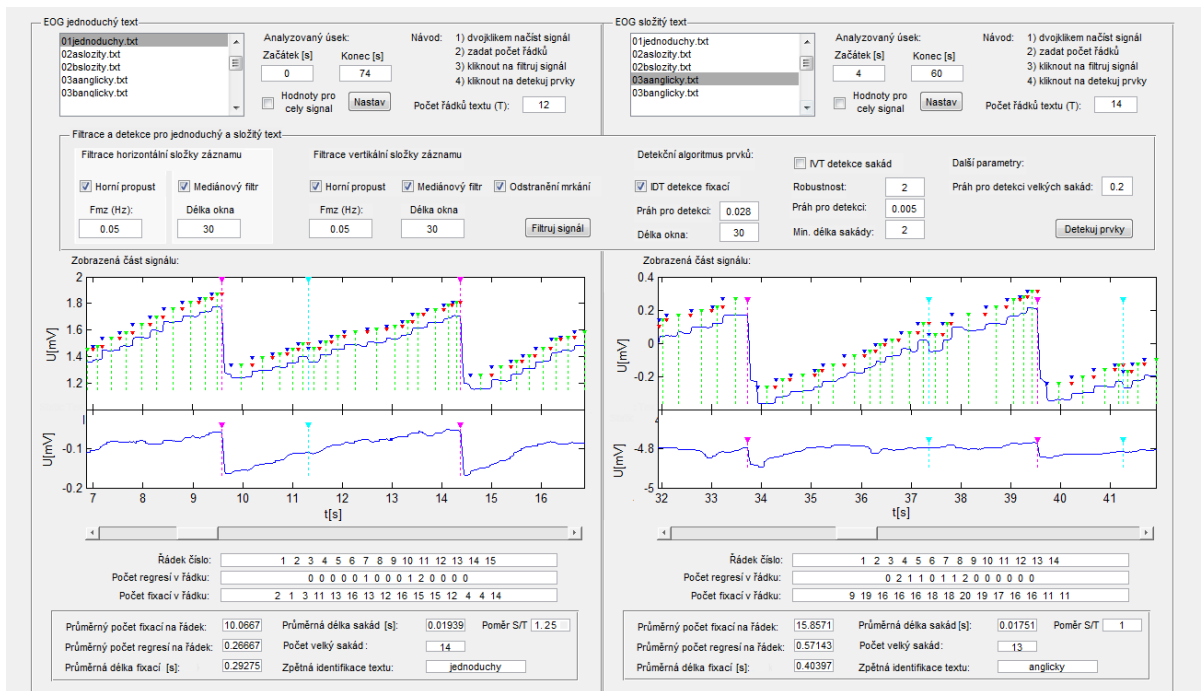
Pro detekci fixací (sakád) lze volit algoritmus I-DT nebo I-VT. Pokud je zvolen I-DT algoritmus, je možné nastavit práh, který se porovnává s vypočítaným rozptylem a počáteční délku okna ve vzorcích (viz I-DT algoritmus). V případě volby I-VT algoritmu se nastavuje robustnost, práh pro detekci a minimální délka sakády. Robustnost v tomto případě vyjadřuje, kolikrát vzorek za aktuálním vzorkem se bere pro výpočet rozdílu. Dalším parametrem je nastavení prahu pro detekci velkých sakád, který nám určí, zda bude analyzovaná sakáda velkou sakádou a nebo regresí. Nastavení výchozích parametrů bylo optimalizováno vizuální kontrolou ve všech signálech, s cílem dosáhnout co nejpřesnější detekce s co nejmenším počtem chyb. Výchozí nastavení detekcí se nachází na Obr. 7.4.

Obr. 7.4: Výchozí nastavení detekce fixací, velkých sakád a regresí

Poslední částí v bloku je zobrazení signálu a výsledná analýza, jak ukazuje Obr. 7.5. Po načtení signálu se zobrazí část horizontální a vertikální složky EOG signálu. Po filtraci se zobrazí vyfiltrovaný signál a po kliknutí na tlačítko *detekuj prvky* se v signálu objeví jednotlivé značky, odpovídající detekovaným prvkům. Modré značky v horizontálním záznamu označují začátek fixace, zelené střed fixace a červené konec fixace. Velké sakády jsou na horizontálním i vertikálním záznamu vyznačeny růžovou značkou a regrese azurovou značkou. Výsledky analýzy se nachází pod oběma grafy. Celé grafické rozhraní je zobrazeno na Obr. 7.6.



Obr. 7.5: Zobrazení signálu a výsledná analýza



Obr. 7.6: Ukázka vytvořené aplikace v Matlabu, celkový pohled

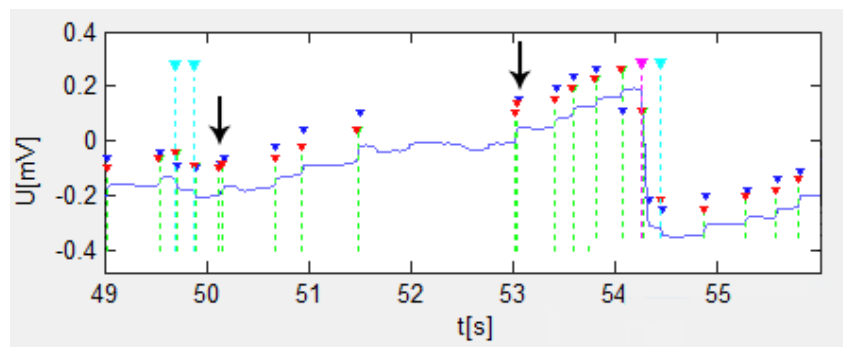
8 NAMĚŘENÁ DATA

Z naměřených dat byla u jednotlivých osob nejdříve stanovena rychlost čtení V (slov/min) (6.1) a výkon čtení dle vztahu (6.2). Pro výpočet bylo nutné znát jednotlivý počet slov v textech. Jednoduchý text obsahoval 141 slov, složitý 167 a anglický text 169 slov. Porozumění bylo stanoveno pomocí testů v závěru textu. Vypočtené hodnoty se nachází v tabulce (Tab. 8.1).

Tab. 8.1: Rychlost čtení a výkon jednotlivých osob

Osoba	Jednoduchý text		Složitý text první čtení		Složitý text druhé čtení		Anglický text první čtení		Anglický text druhé čtení	
	rychlost	výkon	rychlost	výkon	rychlost	výkon	rychlost	výkon	rychlost	výkon
Marcela	200,83	200,83	134,78	47,17	172,00	154,80	161,33	129,06	176,92	159,23
Karel	183,65	156,11	113,32	45,33	148,79	119,03	110,06	60,53	124,04	93,03
Kristýna	261,19	261,19	140,97	56,39	160,87	160,87	167,46	108,85	206,17	185,56
Vladimír	233,41	186,73	101,80	61,08	144,76	144,76	160,44	152,41	219,09	219,09
Tereza	196,31	157,05	149,16	82,04	158,17	134,44	118,44	94,75	118,56	118,56
Klára	184,39	175,17	144,52	65,03	141,97	141,97	108,16	64,90	107,98	86,38
Marek	215,13	193,62	119,58	53,81	144,77	101,34	116,11	104,50	121,01	114,96
Adam	141,37	127,23	74,27	63,13	115,87	115,87	46,05	36,84	63,25	56,92
Marta	197,46	177,71	118,93	83,25	173,28	173,28	96,85	87,16	208,47	208,47
Tomáš	118,32	94,66	77,68	77,68	106,64	106,64	75,84	75,84	179,60	179,60
průměr	193,21	173,03	117,50	63,49	146,71	135,30	116,07	91,48	152,51	142,18

Pomocí vytvořeného programu byly dále zjištěny jednotlivé počty detekcí prvků a jejich parametry. Jednalo se o stanovení průměrného počtu fixací a regresí na řádek, průměrné délky trvání fixací a poměru celkového počtu detekovaných velkých sakád k počtu řádků v textu. Pro základní detekci fixací (sakád) byl zvolen algoritmus I-DT (s nastavenými výchozími hodnotami), jelikož vykazoval lepší detekční účinnost než algoritmus I-VT. Základním problémem I-VT algoritmu byla vícenásobná detekce jedné sakády vyskytující se při vyšším šumu v signálu, jak ilustruje Obr. 8.1.



Obr. 8.1: Šum způsobující dvojitou detekci sakády při použití I-VT algoritmu (označeno černými šipkami)

Parametry délka trvání sakády a její maximální rychlost nebylo možné pomocí navržených algoritmů přesně stanovit (neodpovídaly předpokládaným hodnotám). Je to dáno především malou rozlišovací schopností EOG a nedostatečně velkým poměrem signálu a šumu. Z tohoto důvodu nejsou parametry zařazeny do statistické analýzy.

Pomocí programu lze stanovit průměrný počet fixací a regresí dle počtu řádků v textu. Pokud není hodnota počtu řádků zadána (pro všechny analýzy v práci byla), provede program výpočet dle počtu detekovaných velkých sakád. Jednotlivé počty a parametry prvků jednoduchého, složitého a anglického textu jsou v následujících tabulkách (

Tab. 8.2) (Tab. 8.3) (Tab. 8.4).

Tab. 8.2: Počty a parametry prvků při čtení jednoduchého a složitého textu

Osoba	Jednoduchý text				Složitý text			
	fixací na řádek	regresí na řádek	Délka fixací [ms]	řádků: 12 poměr S/T	první čtení	řádků: 18	řádků: 18	řádků: 18
Marcela	12,72	0,63	261,3	1	14,66	1,46	259,35	1,06
Karel	11,75	0,42	299,75	1	12,38	0,28	387,2	1
Kristýna	10,45	0,181	244,95	1	12,11	0,5	289,9	1
Vladimír	9,142	0,285	348,85	1	16,17	2,44	307,7	1,82
Tereza	12,82	0,125	256,5	1	13,14	1,06	284,25	1,06
Klára	11,27	0,17	331,45	1	11,76	0,18	319,9	1
Marek	9,75	0,17	295	1,09	11,94	1	400,25	1
Adam	12,8	0,7	446,9	1	17,36	1,87	480,95	1,24
Marta	11,75	0,9	308,6	1,18	13,1	0,93	344,55	1,12
Tomáš	12,16	1,33	469,8	1,45	17,44	2	381,05	1,88
průměr	11,46	0,49	326,31	1,07	14,01	1,17	345,51	1,22

Tab. 8.3: Počty a parametry prvků při čtení složitějšího a anglického textu

Osoba	Složitý text Druhé čtení				řádků: 18	Anglický text první čtení				řádků: 14
	fixací na řádek	regresí na řádek	Délka fixací [ms]	poměr S/T	fixací na řádek	regresí na řádek	délka fixací [ms]	poměr S/T		
Marcela	12,08	1,11	247,8	1,06	15,92	1,53	256,15	1,08		
Karel	11	0,28	299,05	1,06	15,57	0,57	401,90	1,00		
Kristýna	11,27	0,66	267,70	1,00	13,14	0,29	290,95	1,00		
Vladimír	11,78	2,44	289,30	1,35	11,43	1,14	345,25	1,14		
Tereza	12,83	1,05	242,10	1,06	17,79	2,0	298,80	1,00		
Klára	12,25	0,82	293,45	1,29	15,33	0,83	427,25	1,23		
Marek	11,84	0,82	319,95	1,06	17,23	1,31	365,95	1,00		
Adam	14,25	1,35	347,05	1,18	32,44	3,86	534,65	1,38		
Marta	10,82	1,40	272,35	1,40	20,64	3,07	340,10	1,38		
Tomáš	15,87	2,15	307,50	1,59	22,49	2,15	384,75	2,38		
průměr	12,40	1,21	288,63	1,21	18,20	1,67	364,58	1,26		

Tab. 8.4: Počty a parametry prvků při čtení anglického textu

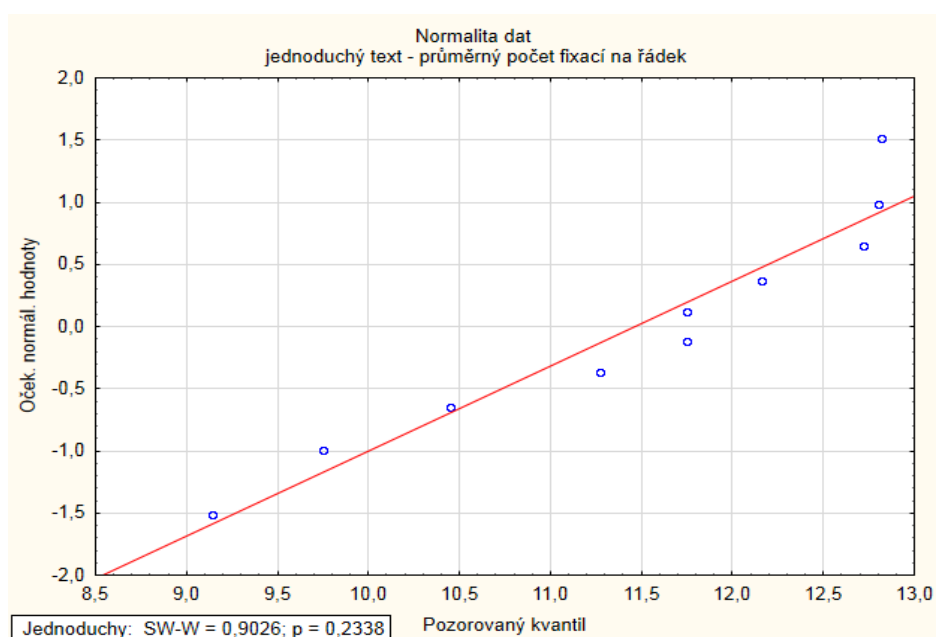
Osoba	Anglický text druhé čtení				řádků: 14
	fixací na řádek	regresí na řádek	délka fixací [ms]	poměr S/T	
Marcela	13,71	1,28	252	1,15	
Karel	14,21	0,43	354,8	1,08	
Kristýna	12,285	0,214	255,3	1,08	
Vladimír	10,76	0,81	294,55	1,15	
Tereza	18,714	2,5	285	1	
Klára	17,15	1,43	356,3	1,31	
Marek	18,54	1,81	340,65	1,08	
Adam	23,72	2,25	501	1,38	
Marta	10,79	0,86	273,95	1,15	
Tomáš	9,91	0,6	394,7	1,31	
průměr	14,98	1,22	330,83	1,17	

9 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT

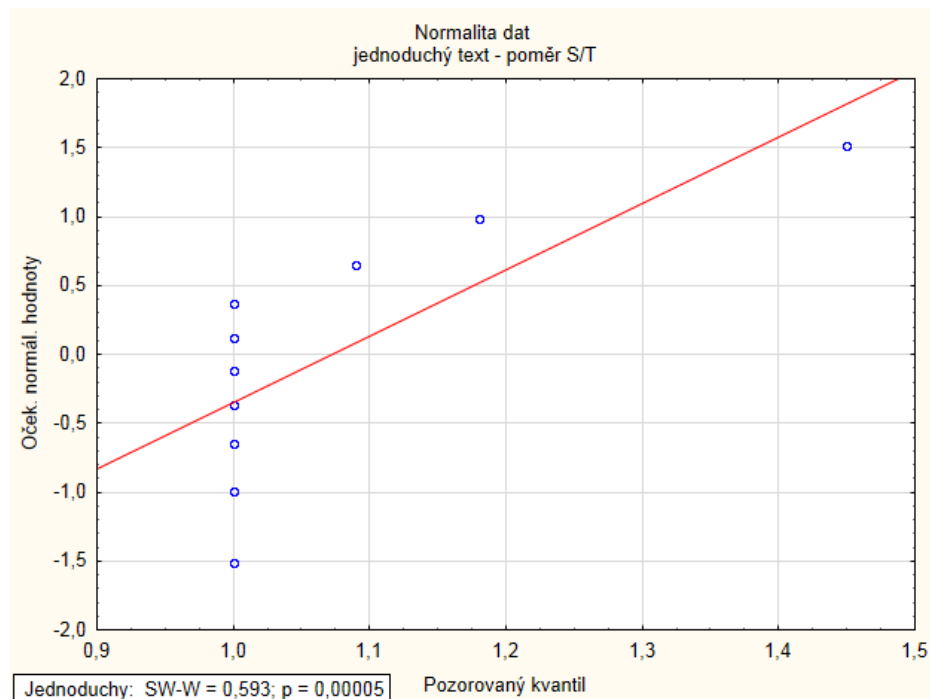
Před testováním statistických souborů, které obsahují jednotlivé parametry EOG, je nutné ověřit, zda existuje statisticky významný rozdíl mezi srozumitelností jednotlivých vybraných textů. Za vhodný znak vypovídající o náročnosti textu je možné zvolit dosažený výkon jednotlivých osob při čtení. V případě, že u tohoto znaku existuje statisticky významný rozdíl při čtení rozdílných textů, je možno přistoupit k dalším analýzám.

Pro správný výběr statistického testu je nutné nejprve otestovat normalitu dat a to pomocí Shapiro-Wilkova testu. Pokud mají data normální rozložení, lze využít parametrických testů. V případě nesplnění normality je možné za účelem dosažení normality provést transformaci dat. Jestliže data nemají stále normální rozložení, je použito neparametrické testování. Pro výběr párového či nepárového testu se provádí výpočet korelace mezi soubory dat (zjistí se míra závislosti mezi daty).

Normální rozložení mají všechny soubory se statistickým znakem průměrného počtu fixací a regresí na řádek, průměrné délky trvání fixací na řádek a také znakem vypočítaného výkonu. Příkladem normálního rozložení je soubor se znakem průměrných počtů fixací na řádek u jednoduchého textu (Obr. 9.1). Normalita dat nebyla splněna u souboru se znakem poměru S/T (Obr. 9.2).



Obr. 9.1: Graf normality dat pro průměrný počet fixací na řádek u jednoduchého textu



Obr. 9.2: Graf normality dat pro poměr S/T u jednoduchého textu

Párové testy jsou použity pro testování průměrné délky trvání fixací (složitý a anglický text, první a druhé čtení složitého a anglického textu) a také průměrného počtu fixací na řádek při prvním a druhém čtení složitého textu.

Významnost hypotézy se hodnotí dle získané tzv. p-hodnoty, která vyjadřuje pravděpodobnost, s jakou číselné realizace výběru podporují nulovou hypotézu, je-li pravdivá. P-hodnota se porovnává s hladinou významnosti (α), která se nejčastěji stanovuje na 0,05. Znamená to, že připouštíme 5% chybu testu (tedy, že zamítneme H_0 , ačkoliv ve skutečnosti platí).

P-hodnota se získá při testování hypotéz vhodně zvolenými statistickými testy. V této práci je pro testování použit program Statistica, v.12.

9.1 Výkon čtení jednoduchého, složitého a anglického textu

Pro stanovení, zda se srozumitelnost textů liší, či ne, provádíme statistickou analýzu mezi soubory se statistickým znakem vypočteného výkonu a to při čtení jednoduchého a složitého textu (první čtení) a také při čtení jednoduchého a anglického textu (první čtení).

Stanovíme nulovou (H_0) a alternativní hypotézu (H_A) pro jednotlivé soubory. Ověříme normalitu a korelaci mezi soubory a použijeme vhodný statistický test.

H_0 : Výkon při čtení jednoduchého a složitého textu se neliší

H_A : Výkon při čtení jednoduchého a složitého textu je rozdílný

Oba soubory mají normální rozložení, jsou bez významné korelace, je proto použit nepárový dvouvýběrový t-test. Jelikož není splněna homogenita rozptylu, musí být proveden test se samostatnými odhady rozptylů. Zjištěná p-hodnota je 0,000001 a proto zamítáme nulovou hypotézu a přijímáme alternativní.

Hypotézy pro soubory jednoduchého a anglického textu se znakem vypočítaného výkonu jsou následující.

H_0 : Výkon při čtení jednoduchého a anglického textu se neliší

H_A : Výkon při čtení jednoduchého a anglického textu je rozdílný

Normalita dat obou souborů je splněna, korelace není významná, homogenita rozptylů mezi soubory je dodržena. Je proto použit nepárový dvouvýběrový t-test s výslednou p-hodnotou 0,00023. Je tedy přijata alternativní hypotéza a nulová je zamítnuta.

9.2 Statistické hodnocení parametrů jednoduchého a složitého textu

9.2.1 Průměrný počet fixací na řádek

Zjišťujeme, zda je statisticky významný rozdíl mezi průměrnými počty fixací na řádek při čtení jednoduchého a složitého textu. Stanovíme nulovou a alternativní hypotézu.

H_0 : Průměrný počet fixací na řádek se u jednoduchého a složitého textu neliší.

H_A : Průměrný počet fixací na řádek je při čtení jednoduchého a složitého textu rozdílný

Pro testování je zvolen nepárový dvouvýběrový t-test, jelikož mají data normální rozložení a není zjištěna souvislost mezi soubory. Homogenita dat je splněna a výsledná p-hodnota vychází 0,0061. Můžeme tedy zamítnout nulovou hypotézu a přijat alternativní.

9.2.2 Průměrný počet regresí na řádek

Pro zjištění statistické významnosti mezi průměrnými počty regresí na řádek při čtení

jednoduchého a složitého textu nejprve stanovíme hypotézy.

H_0 : Průměrný počet regresí na řádek se u jednoduchého a složitého textu neliší.

H_A : Při čtení jednoduchého a složitého textu je průměrný počet regresí na řádek rozdílný

Opět je splněna normalita dat, korelace je nevýznamná. Data jsou homogenní a při použití nepárového dvouvýběrového t-testu vychází p-hodnota 0,022, což je dostatečně vysoká hodnota pro zamítnutí nulové hypotézy.

9.2.3 Průměrná délka trvání fixací

Následně je provedena statistická analýza mezi soubory při čtení jednoduché a složitého textu se znaky reprezentujícími průměrnou délku trvání fixací. Stanovíme nulovou a alternativní hypotézu.

H_0 : Průměrná délka trvání fixací se u jednoduchého a složitého textu neliší.

H_0 : Průměrná délka trvání fixací je u jednoduchého a složitého textu rozdílná.

Normalita dat je splněna. Mezi soubory je patrná jistá závislost, korelační koeficient má hodnotu 0,71. Proto je proveden párový i nepárový dvouvýběrový t-test. V obou případech není p-hodnota nižší než 0,05, nelze proto zamítnout nulovou hypotézu a přijmout alternativní.

9.2.4 Poměr S/T

Poslední statistickou analýzou při čtení jednoduchého a složitého textu je zjištění statistické významnosti znaku poměru S/T. Stanovíme nulovou a alternativní hypotézu.

H_0 : Poměr S/T se u jednoduchého a složitého textu neliší.

H_A : Poměr S/T je u jednoduchého a složitého textu rozdílný.

Obě skupiny nesplňují normalitu dat a korelace je nevýznamná. Z tohoto důvodu je použit nepárový Mann-Whitneyův U Test. P-hodnota vychází 0,23. Nulovou hypotézu tedy nelze zamítnout.

9.3 Statistické hodnocení parametrů jednoduchého a anglického textu

9.3.1 Průměrný počet fixací na řádek

Obdobně jako u jednoduchého a složitého textu se stanovuje statisticky významný rozdíl v souborech se znaky průměrného počtu fixací na řádek, nyní při čtení jednoduchého a anglického textu. Je určena nulová a alternativní hypotéza.

H₀: Průměrný počet fixací na řádek se u jednoduchého a složitého textu neliší.

H_A: Průměrný počet fixací na řádek je při čtení jednoduchého a složitého textu rozdílný

Je zvolen nepárový dvouvýběrový t-test z důvodu splnění normality a nevýznamné korelace. Není splněna homogenita rozptylu, je proto nutné provést test se samostatnými odhady rozptylů. P-hodnota je 0,0026, zamítáme tedy nulovou hypotézu a přijímáme alternativní.

9.3.2 Průměrný počet regresí na řádek

Pro statistické hodnocení souborů se znakem průměrného počtu regresí na řádek při čtení jednoduchého a anglického textu jsou stanoveny hypotézy.

H₀: Průměrný počet regresí na řádek se u jednoduchého a anglického textu neliší.

H_A: Při čtení jednoduchého a anglického textu je průměrný počet regresí na řádek rozdílný

Data mají normální rozložení, korelace není významná, je proto použit dvouvýběrový nepárový t-test. Zamítáme nulovou hypotézu, jelikož p-hodnota se rovná 0,0056.

9.3.3 Průměrná délka trvání fixací

Hledá se statistický rozdíl souborů se znakem průměrné délky fixací při čtení jednoduchého a anglického textu. Je určena nulová a alternativní hypotéza.

H₀: Průměrná délka trvání fixací se u jednoduchého a složitého textu neliší.

H_A: Průměrná délka trvání fixací je u jednoduchého a složitého textu rozdílná.

Je splněna normalita dat, korelační koeficient r vychází 0,73. Je proto použit dvouvýběrový párový i nepárový t-test. V případě nepárového t-testu je p-hodnota 0,289, u párového 0,065. Nulovou hypotézu tedy nelze zamítnout.

9.3.4 Poměr S/T

Poslední statistickou analýzou při čtení jednoduchého a anglického textu je zjištění statistické významnosti znaku poměru S/T. Stanovíme nulovou a alternativní hypotézu.

H_0 : Poměr S/T se u jednoduchého a složitého textu neliší.

H_A : Poměr S/T je u jednoduchého a složitého textu rozdílný.

Pro testování je zvolen nepárový Mann-Whitneyův U test, jelikož data nemají normální rozložení. Nelze zamítnout nulovou hypotézu, jelikož p-hodnota vychází 0,247.

9.4 Složitý text při prvním a druhém čtení

Hledáme statisticky významný rozdíl u souborů s parametry a počtem prvků při prvním a druhém čtení složitého textu a následně i anglického.

Statisticky významný rozdíl se nachází u souborů prvního a druhého čtení složitého textu se znakem průměrného počtu fixací. Data v obou souborech mají normální rozložení, souvislost dat mezi skupinami je patrná (korelační koeficient $r=0,75$). Vhodným testem může být párový t-test, pomocí kterého je zjištěna výsledná p-hodnota 0,00818. Lze tedy s ohledem na možnost chyby tvrdit, že průměrný počet fixací na řádek se při prvním a druhém čtení složitého textu statisticky liší.

Dále lze najít statisticky významný rozdíl u souborů prvního a druhého čtení složitého textu se znakem délky trvání fixace. Opět se jedná o normální rozložení dat s výraznou korelační hodnotou $r=0,93$. Výsledkem párového t-testu je p-hodnota 0,00132. Průměrná délka trvání fixace se tedy při prvním a druhém čtení složitého textu liší.

U anglického textu se statisticky významné jeví porovnání znaku délky trvání fixace v souborech prvního a druhého čtení. Data mají normální rozložení s významnou korelací ($r=0,95$). Je použit dvouvýběrový párový t-test, kde p-hodnota vychází 0,028. Průměrná délka trvání fixace se při prvním a druhém čtení anglického textu liší.

Pro zpětnou identifikaci srozumitelnosti textu je vhodné provést i statistickou analýzu při čtení složitého a anglického textu. Při testování znaku průměrného počtu fixací na řádek je normalita souborů hraniční ($p=0,054$) a korelace nevýznamná. Parametrickým dvouvýběrovým t-testem vychází p-hodnota 0,052 a neparametrickým 0,064. Statistická významnost je tedy hraniční. Při testování znaku průměrného počtu regresí na řádek parametrickým t-testem není opět při p-hodnotě 0,256 mezi soubory shledána statistická významnost.

Následující tabulky s výsledky alternativních hypotéz shrnují statistické analýzy (Tab. 9.1) (Tab. 9.2).

Tab. 9.1: Statistické analýzy jednotlivých znaků u jednoduchého, složitého a anglického textu

	Jednoduchý text			
	průměrný počet fixací na řádek	průměrný počet regresí na řádek	průměrná délka trvání fixací	poměr S/T
Složitý text	p=0,006 H _A přijata	p=0,022 H _A přijata	p=0,320 H _A zamítnuta	p=0,230 H _A zamítnuta
Anglický text	p=0,003 H _A přijata	p=0,005 H _A přijata	p=0,065 H _A zamítnuta	p=0,247 H _A zamítnuta

Tab. 9.2: Statistické analýzy jednotlivých znaků při první a druhém čtení složitého a anglického textu

	Složitý text – první čtení		Anglický text – první čtení
	průměrný počet fixací na řádek	průměrná délka trvání fixací	průměrná délka trvání fixací
Druhé čtení	p=0,00818 H _A přijata	p=0,00132 H _A přijata	p=0,028 H _A přijata

10 ZPĚTNÁ IDENTIFIKACE SROZUMITELNOSTI TEXTU

Pro zpětnou identifikaci stupně náročnosti textu je vhodné použít takové parametry, které mezi sebou vykazují při čtení různě srozumitelného textu statistickou významnost. Statisticky významnými znaky při čtení jednoduchého a složitého textu a také jednoduchého a anglického textu jsou průměrný počet fixací a regresí na řádek. S přihlédnutím k výsledkům statistiky je smysluplné identifikovat srozumitelnost textu pouze jako jednoduchý či složitý text, popřípadě jako jednoduchý nebo anglický text. V případě, že bychom chtěli pomocí vybraných parametrů srozumitelnost zařazovat do tří kategorií (jednoduchý, složitý a anglický text), měla by při čtení složitého a anglického textu být mezi parametry statistická významnost (což nebylo prokázáno).

10.1 Identifikace dle průměrného počtu fixací na řádek

Při vybraném parametru počtu fixací na řádek, nastavíme prahové hodnoty dle rozložení jednotlivých hodnot v souborech a také s přihlédnutím na dosažení co nejvyšší specificity a senzitivity.

Úspěšnost výsledného označení čteného textu za jednoduchý (ze souborů dat jednoduchého a složitého textu) a výslednou senzitivitu a specificitu lze pozorovat v kontingenční tabulce (Tab. 10.1).

Jednotlivé symboly používané v kontingenčních tabulkách jsou: TP – správně označený jednoduchý text, FP – falešně označený jednoduchý text, FN – falešně označený složitý/anglický text, TN – správně označený složitý/anglický text, S – Senzitivita ($TP / (TP + FN)$), N – Specificita ($TN / (FP + TN)$)

Tab. 10.1: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý a složitý text), vybraný parametr – průměrný počet fixací na řádek.

Měřený parametr:		Jednoduchý text	Složitý text	Suma
Průměrný počet fixací na řádek	Označeno jako jednoduchý text	TP=6	FP=2	8
Práh: 12	Označeno jako složitý text	FN=4	TN=8	12
		S=0,6	N=0,8	

Pro označení textu jako složitý vychází naopak senzitivita 0,8 a specificita 0,6.

Úspěšnost výsledného označení čteného textu za jednoduchý (ze souborů dat jednoduchého a anglického textu) a výslednou senzitivitu a specificitu lze pozorovat v tabulce (Tab. 10.2).

Tab. 10.2: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý a anglický text), vybraný parametr – průměrný počet fixací na řádek.

Měřený parametr:		Jednoduchý text	Anglický text	Suma
Průměrný počet fixací na řádek	Označeno jako jednoduchý text	TP=10	FP=1	11
Práh: 13	Označeno jako anglický text	FN=0	TN=9	9
		S=1	N=0,9	

Pro označení textu jako anglický vychází senzitivita 0,9 a specificita 1.

Anglický text lze považovat za složitý text (sloučí se soubory dat složitého a anglického textu). Kontingenční tabulka pro označení čteného textu za jednoduchý bude poté vypadat následovně (Tab. 10.3).

Tab. 10.3: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý, složitý a anglický text), vybraný parametr – průměrný počet fixací na řádek.

Měřený parametr:		Jednoduchý text	Složitý text	Suma
Průměrný počet fixací na řádek	Označeno jako jednoduchý text	TP=10	FP=5	15
Práh: 13	Označeno jako složitý text	FN=0	TN=15	15
		S=1	N=0,75	

Pro označení textu jako složitý vychází senzitivita 0,75 a specificita 1.

10.2 Identifikace dle průměrného počtu regresí na řádek

Identifikace srozumitelnosti textu dle parametru průměrného počtu regresí na řádek využívá opět souborů dat jednoduchého, složitého a anglického textu.

Pomocí kontingenční tabulky (Tab. 10.4) zjistíme, zda byl text správně označený za jednoduchý (soubory dat jednoduchého a složitého textu) a při jaké senzitivě a specificitě.

Tab. 10.4: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý a složitý text), vybraný parametr – průměrný počet regresí na řádek.

Měřený parametr:		Jednoduchý text	Složitý text	Suma
Průměrný počet regresí na řádek	Označeno jako jednoduchý text	TP=7	FP=2	9
Práh: 0,45	Označeno jako složitý text	FN=3	TN=8	11
		S=0,8	N=0,7	

Pro označení textu jako složitý vychází senzitivita 0,7 a specificita 0,8.

Kontingenční tabulka pro označení textu za jednoduchý ze souboru dat jednoduchého a anglického textu vypadá následovně (Tab. 10.5).

Tab. 10.5: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý a anglický text), vybraný parametr – průměrný počet regresí na řádek.

Měřený parametr:		Jednoduchý text	Anglický text	Suma
Průměrný počet regresí na řádek	Označeno jako jednoduchý text	TP=8	FP=2	10
Práh: 0,45	Označeno jako anglický text	FN=2	TN=8	10
		S=0,8	N=0,8	

Pro označení textu jako anglický vychází senzitivita 0,8 a specificita 0,8.

Pokud se anglický text považuje za složitý, je možné sloučit soubory dat anglického a složitého dohromady. Kontingenční tabulka pro označení čteného textu za jednoduchý bude poté vypadat následovně (Tab. 10.6).

Tab. 10.6: Kontingenční tabulka pro označení textu jako jednoduchý (soubor dat – jednoduchý, složitý a anglický text), vybraný parametr – průměrný počet regresí na řádek.

Měřený parametr:		Jednoduchý text	Složitý text	Suma
Průměrný počet regresí na řádek	Označeno jako jednoduchý text	TP=8	FP=5	13
Práh: 0,45	Označeno jako složitý text	FN=2	TN=15	17
		S=0,75	N=0,8	

Pro označení textu jako složitý vychází senzitivita 0,8 a specificita 0,75.

11 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Pomocí vytvořeného programu byly postupně zpracovány všechny naměřené signály a následně statisticky vyhodnoceny. Byla též provedena zpětná identifikace srozumitelnosti textu. Naměřené signály ve vertikální složce záznamu EOG vykazovaly špatnou rozlišovací schopnost a poměrně často velký šum. I přes veškeré snahy (přelepení elektrod, pečlivé očištění kůže atd.) nebyl vertikální záznam ve většině případů použitelný. Byly proto navrženy algoritmy založené především na zpracování horizontální složky záznamu. Pro detekci jednotlivých parametrů byly algoritmy použitelné i při vyšším šumu. Pro detekci fixací byl zvolen I-DT algoritmus, jelikož vykazoval větší robustnost. Signály byly vizuálně kontrolovány a výraznější chyby detekcí opraveny.

Statisticky analyzovány byly znaky výkon čtení, počet fixací na řádek, počet regresí na řádek, délka trvání fixací na řádek a poměr S/T u statistických souborů jednoduchého, složitého a anglického textu. Kvůli malé rozlišovací schopnosti EOG nebylo možno zjistit odpovídající parametry sakád a následně je statisticky zpracovat.

Jelikož existuje statistická významnost ve výkonu čtení mezi texty, bylo možné v analýze pokračovat. Nejdříve byly vybrány soubory dat při čtení jednoduchého a složitého textu. U znaku průměrného počtu fixací na řádek byl statisticky významný rozdíl při p-hodnotě 0,0061. Průměrný počet regresí vykazoval statistickou významnost také a to při p-hodnotě 0,022. Další znaky statisticky významné nebyly. Dále byly zvoleny pro analýzu soubory dat jednoduchého a anglického textu. Statisticky významný byl znak průměrného počtu fixací na řádek s p-hodnotou 0,0026 a znak průměrného počtu regresí na řádek s p-hodnotou 0,0056. Průměrný počet fixací na řádek se tedy jeví pro posouzení srozumitelnosti textu jako nejvhodnější.

Statisticky hodnoceny byly také soubory dat složitého textu při prvním a druhém čtení. Statisticky významná p-hodnota 0,00818 byla zjištěna u znaku průměrného počtu fixací a p-hodnota 0,00132 u znaku průměrné délky trvání fixace. Při vybraném souboru anglického textu při prvním a druhém čtení byl statisticky významný rozdíl nalezen jen u znaku délky trvání fixace a to s p-hodnotou 0,028. Průměrná délka trvání fixací je při hodnocení rozdílu prvního a druhého čtení složitého textu vhodnější parametr a pro anglický text je to jediný použitelný parametr.

Jelikož bylo změřeno pouze deset lidí, mohlo dojít s vyšší pravděpodobností k statistickým chybám I. druhu (kdy je nulová hypotéza nesprávně zamítnuta) nebo II. druhu (nulovou hypotézu nezamítáme, ale ve skutečnosti neplatí).

Pro zpětnou identifikaci textu byly použity pouze statisticky významné znaky. Aby bylo možné neznámý text zařadit, musely být u parametrů nastaveny vhodné prahy a to s ohledem na rozložení hodnot a s cílem dosáhnout co nejvyšší senzitivity a specifity. Pro zařazení byly voleny skupiny textů: jednoduchý a složitý text, jednoduchý a anglický text, jednoduchý a složitý text (obsahující i anglický text).

Pokud se prováděla zpětná identifikace textu dle průměrného počtu fixací na řádek, nejpřesněji bylo provedeno označení neznámých textů jako jednoduchý (ze skupiny textu jednoduchého a anglického) se senzitivitou 1 a specifitou 0,9. V přesnosti dále následovala klasifikace jednoduchého a složitého (obsahujícího i anglický text) se senzitivitou 1 a specifitou 0,75 a jako poslední byl výběr ze skupiny jednoduchého a složitého se senzitivitou 0,8 a specifitou 0,6.

V případě zpětné identifikace textu dle průměrného počtu regresí na řádek bylo nejpřesněji provedeno označení neznámých textů jako jednoduchý opět u skupin jednoduchého a anglického textu se senzitivitou 0,8 a specifitou 0,8. V přesnosti dále následoval výběr ze skupin jednoduchého a složitého (obsahujícího i anglický text) se senzitivitou 0,75 a specifitou 0,8 a jako poslední byl výběr ze skupiny jednoduchého a složitého se senzitivitou 0,8 a specifitou 0,7. Je patrné, že se úspěšnost identifikace příliš neliší.

Úspěšnost zpětné identifikace mezi jednoduchým a anglickým textem dle parametru průměrného počtu fixací na řádek je poměrně vysoká. Uplatnění by bylo možné najít například při automatické identifikaci textu za účelem nabídnutí překladu z anglického jazyka.

12 ZÁVĚR

Cílem práce bylo seznámit se s elektrookulografií (EOG) a navrhnout metodiku hodnocení a měření EOG při čtení různě srozumitelných textů a naměřit záznam deseti dobrovolníků. Dále také vytvořit aplikaci pro analýzu dat v programovém prostředí Matlab, statisticky vyhodnotit detekované parametry a provést zpětnou identifikaci stupně náročnosti textu.

Způsob záznamu EOG dobrovolníků byl navržen vzhledem k povaze signálu EOG, možnostem detekovat klíčové prvky a parametry v záznamu jako jsou sakády, fixace, regrese, pohyby mezi řádky a možnosti zobrazení trajektorie pohybu očí v textu. Bylo také nutné přihlídnout k tomu, aby se čtení navržených textů z monitoru co možná nejvíce přibližovalo přirozenému způsobu čtení v obvyklých podmínkách, včetně vzdálenosti očí od předlohy a běžné velikosti písma. Z toho důvodu nemohla být například zvolena větší velikost písma nebo kratší vzdálenost očí od monitoru, i když by to zvýšilo rozlišení jednotlivých prvků v EOG záznamu. Z důvodu možnosti vykreslení trajektorie pohybu očí byl také zvolen v softwaru *BSL Pro* režim stejnosměrné akvizice, což ale vnáší do signálu poměrně nepříjemné kolísání nulové izoliny. To bylo částečně kompenzováno dostatečným časem mezi nalepením elektrod a začátkem měření pro ustálení iontové rovnováhy mezi elektrodou a kůží. Záznam byl vizuálně zkontrolován na přítomnost šumu a signály znehodnocené šumem byly nahrazeny.

Texty byly navrženy tak, aby z pouhého přečtení a zjištění rychlosti čtení, porozumění a následném stanoveném výkonu byl patrný výrazný rozdíl mezi jednoduchým a náročným textem. Očekávalo se, že rozdílnost bude na první pohled patrná i na EOG záznamu a to při změně výskytu počtu fixací, velikosti sakád a regresí na jeden řádek. To se také potvrdilo.

V programovém prostředí Matlab byla vytvořena aplikace pro analýzu jednotlivých záznamů. Výrazné kolísání nulové izoliny neumožnilo vykreslení trajektorie pohybu očí a z toho důvodu bylo odstraněno pomocí filtru typu horní propust. Vysokofrekvenční rušení bylo odstraněno mediánovým filtrem. Pro správnou funkčnost algoritmů detekující fixace (sakády) bylo také provedeno odstranění mrkání z vertikálního záznamu EOG. Algoritmy prováděly detekci především v horizontální složce záznamu. Detekce byla poměrně úspěšná a bylo možné naměřená data dále analyzovat. Vhodnými parametry pro určení srozumitelnosti textu byly průměrné počty fixací a regresí na řádek. V závěru se provedla zpětná identifikace textu, kde vyšla nejlepší senzitivita a specifická při klasifikaci jednoduchého a anglického textu pomocí průměrné délky fixace na řádek.

Na základě zhodnocení výsledků byl vytvořen ucelený návod k laboratornímu cvičení věnujícímu se hodnocení srozumitelnosti textu z EOG, který se nachází v příloze.

LITERATURA

- [1] DOKLÁDAL, Milan a Libor PÁČ. *Anatomie člověka*. 2. nezměň. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2002, 285 s. ISBN 80-210-3027-5.
- [2] GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vyd. Praha: Galén, c2005, xx, 890 s. ISBN 80-726-2311-7.
- [3] SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS. *Atlas fyziologie člověka*. 6. přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2004, XII, 435 s. ISBN 80-247-0630-X.
- [4] HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001, 381 s. ISBN 80-902-8961-4.
- [5] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 978-802-4711-638.
- [6] JOŠT, Jiří. *Oční pohyby, čtení a dyslexie*. 1. vyd. Praha: Fortuna, 2009, 173 s. ISBN 978-80-7373-055-0.
- [7] RAYNER, K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological bulletin*, Vol. 124, No. 3. (November 1998), pp. 372-422
- [8] KNOX, P. C. The parameters of eye movement [cit. 2011-11-18] Dostupné z WWW: <http://www.liv.ac.uk/~pcknox/teaching/Eymovs/params.htm>
- [9] PAPIK, Richard. *Naučte se číst!*. Praha: Grada, 1992. ISBN 80-854-2493-2.
- [10] BARTOŇOVÁ, Miroslava. *Kapitoly ze specifických poruch učení*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 2004, 128 s. ISBN 80-210-3613-3.
- [11] BULLING, Andreas, Jamie A WARD, Hans GELLERSEN a Gerhard TRÖSTER. Eye Movement Analysis for Activity Recognition Using Electrooculography. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. vol. 33, issue 4, s. 741-753. Dostupné z WWW: <http://dms.ife.ee.ethz.ch/index.php/attachments/single/697>
- [12] BULLING Andreas, WARD Jamie A., GELLERSEN Hans and TRÖSTER Gerhard. Robust Recognition of Reading activity in transit using wearable electrooculography. Dostupné z WWW: <http://eprints.lancs.ac.uk/13046/1/BWGT08pervasive.pdf>
- [13] BROWN, Malcolm, Michael MARMOR, VAEGAN, Eberhard ZRENNER, Mitchell BRIGELL a Michael BACH. ISCEV Standard for Clinical Electro-oculography (EOG) 2006. *Documenta Ophthalmologica*. 2006, vol. 113, issue 3, s. 205-212. Dostupné z WWW: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1820752/pdf/10633_2006_Article_9030.pdf
- [14] ŠVANDOVÁ Ivana. Studijní materiál Bioelektrické jevy a jejich měření
- [15] ALEX E. Krill. The electroretinogram and electro-oculogram: Clinical applications [cit.

- 1970]
- [16] CIUFFREDA, Kenneth J a Barry TANNEN. *Eye movement basics for the clinician*. St. Louis: Mosby, c1995, xi, 266 p. ISBN 08-016-6843-3.
- [17] LEIGH, R a David S ZEE. *The neurology of eye movements*. 4th ed. New York: Oxford University Press, 2006, x, 762 p. ISBN 978-019-5300-901.
- [18] DUCHOWSKI, Andrew T, Keith S KARN a John W SENDERS. *Proceedings: Eye Tracking Research*. New York: Association for Computing Machinery, c2000, 147 p. ISBN 15-811-3280-8.
- [19] D. W. PITTMAN. *Physiology Lessons for use with the Biopac Student Lab, Manual*. BIOPAC Systems
- [20] *Biopac Student Lab PRO® Software and MP35/30 Hardware Manual*. BIOPAC Systems, Inc. 2004

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

EOG	elektrookulogram
I-VT	velocity-threshold identification – algoritmus prahování rychlosti
I-DT	dispersion-threshold identification – algoritmus prahování rozptylu
BSL	Biopac Student Lab
AC	alternative current – střídavý proud
DC	direct current – stejnosměrný proud
m.	musculus – sval
H_0	nulová hypotéz
H_A	alternativní hypotéza
TP	správně označený jednoduchý text (true positive)
FP	falešně označený jednoduchý text (false positive)
FN	falešně označený složitý/anglický text (false negative)
TN	správně označený složitý/anglický text (true negative)
S	senzitivita
N	specificita

SEZNAM PŘÍLOH

A	Předkládané Texty ke čtení	53
A.1	Jednoduchý text ke čtení.....	53
A.2	Složitý text ke čtení.....	54
A.3	Anglický text ke čtení	55
B	Návod pro laboratorní cvičení	57
C	Obsah CD	62

A PŘEDKLÁDANÉ TEXTY KE ČTENÍ

A.1 Jednoduchý text ke čtení

Jelen a lev

U lesní studánky stál jelen. Pozoroval svůj obraz na hladině. Obdivoval své paroží. Bylo mohutné a rozvětvené, zdobilo mu hlavu jako dub zdobí jeho koruna. Ale v zrcadle studánky spatřil i své nohy. A za ty se hanbil a styděl. Byly hubené a tenké jako vrbové proutky. To jelena tak rozlítostnilo, že zapomněl na opatrnost. A právě v té chvíli se ke studánce připlížil lev za kořistí. Jelen se dal na útěk. Paroží ho tížilo, ale lehké nohy ho nesly jako vítr. Na holé planině získal jelen náskok a snad by se i zachránil. Kdyby planina nekončila lesem. V hustém hvozdě se jelen zapletl parohy do větví stromů. Stačil si jenom pomyslet, jaký byl hlupák. Obdivoval jsem své parohy, které mne teď zradily, a hanil jsem nohy, které mne chtěly zachránit!

Mocný přítel mnohdy selže, zatímco slabý pomůže.

Test porozumění:

- 1) Napište v bodech nebo větách o čem je povídka (4 – 6 bodů nebo 2 - 4 věty), (30 %)
- 2) Kde jelen stál, když pozoroval svůj obraz na hladině? (20%)
 - a) U řeky
 - b) U rybníka
 - c) U jezírka
 - d) U studánky
- 3) Za co se jelen hanbil a styděl? (20%)
- 4) Jak to dopadlo a jaké je ponaučení? (30%)

A.2 Složitý text ke čtení

Kvarcity (křemence)

Kvarcity jsou velmi odolné horniny tvořené hlavně křemenem, často s menší příměsí dalších minerálů, např. živců, slídy, pyritu či magnetitu. Nejčastěji bývají bílé nebo světle zbarvené. Vznikají regionální metamorfózou pískovců a podobných hornin (např. slepenců), při které dochází k rekrystalizaci křemenných zrn, jejich růstu a zaklesnutí do sebe, takže vznikne neobyčejně pevná a křehká hornina. Rekrystalizace obvykle vede ke smazání původních sedimentárních struktur a ke zničení případných zkamenělin pouze při nízkém stupni metamorfózy mohou být některé struktury a obrysy fosilií zachovány. Při troše nepozornosti je lze napohled zaměnit s mramory, kvarcity jsou ale mnohem tvrdší. Následkem vysoké mechanické i chemické odolnosti kvarcity často tvoří v krajině výrazné tvary, hlavně hřbety. Ze stejných důvodů se erodované kvarcité úlomky (klasty) zachovávají v sedimentech déle než úlomky většiny ostatních hornin. Křehkost kvarcitů se projevuje vznikem hojných puklin, které mohou sloužit jako přírodní dráhy mineralizovaných roztoků. Název kvarcit se často používá i pro sedimentární horniny vzniklé stmelím křemenných písků tmelem stejného složení; pro odlišení se často hovoří o ortokvarcitech.

Test porozumění:

- 5) Napište v bodech nebo větách o čem je text (4 – 6 bodů nebo 2 - 4 věty), (30 %)
- 6) Z čeho se skládají kvarcity? (10%)
 - a) Jsou tvořené především slídou s příměsí pyritu, magnetitu a živců
 - b) Hlavní složkou je magnetit a křemen, příměsí jsou pyrit a živce
 - c) Jsou tvořené hlavně křemenem s příměsí živců, slídy, pyritu a magnetitu
 - d) Hlavní složkou jsou slepence s příměsí křemene a dalších minerálů
- 7) Jakou barvu mají kvarcity? (10%)
- 8) Jak vznikají? (20%)

- 9) Je tvrdší mramor nebo kvarcit? (10%)
10) Čím se projevuje křehkost kvarcitů? (20%)

A.3 Anglický text ke čtení

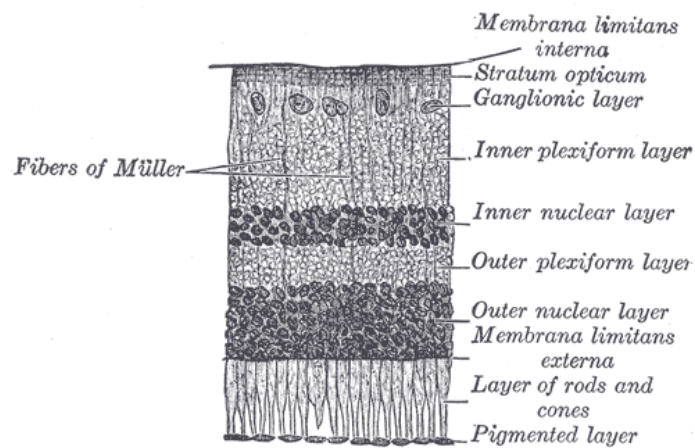
Eye cells could help diagnose Alzheimer's disease

Changes to specific cells in the retina could help diagnose and track the progression of Alzheimer's disease, scientists say. A team found genetically engineered mice with Alzheimer's lost thickness in this layer of eye cells. As the retina is a direct extension of the brain, they say the loss of retinal neurons could be related to the loss of brain cells in Alzheimer's. The team believes this work could one day lead to opticians being able to detect Alzheimer's in a regular eye check, if they had the right tools. Alterations in the same retinal cells could also help detect glaucoma - which causes blindness. Dr Turner and colleagues looked at the thickness of the retina in an area that had not previously been investigated. This included the inner nuclear layer and the ganglionic layer. The ganglionic layer had almost halved in size and the inner nuclear layer had decreased by more than a third.

By Melissa Hogenboom, Science reporter, BBC New

Test porozumění textu:

- 11) Napište v bodech nebo větách o čem je text (4 – 6 bodů nebo 2 – 4 věty), (30%)
- 12) Jaký vztah vypořezovali vědci mezi Alzheimerovou chorobou a buňkami sítnice? (20%)
- 13) U koho/čeho tento vztah pozorovali? (10%)
- 14) O jaké oblasti/vrstvy se v sítnici jedná? Nápopěda na obrázku (20%)
- 15) Podobné změny v buňkách sítnice mohou sloužit k diagnóze jaké choroby? (10%)
- 16) Kdo by mohl v budoucnu jednoduše vyšetřit Alzheimerovu chorobu? (10%)



Obr. A.12.1 Vrstvy v sítnici

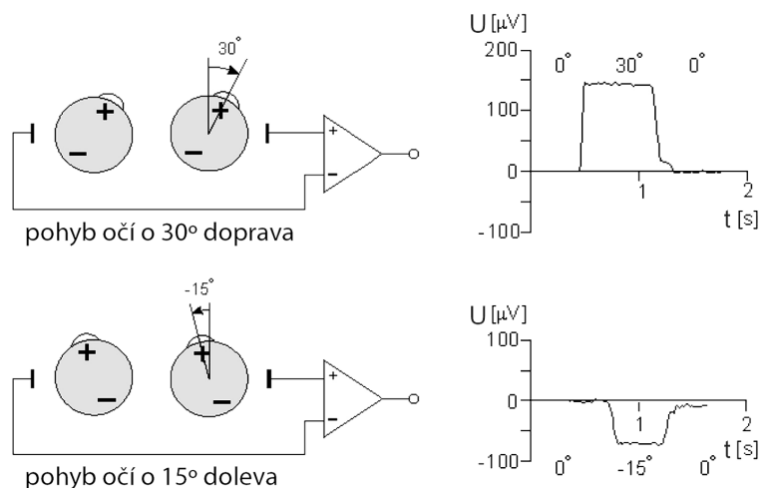
B NÁVOD PRO LABORATORNÍ CVIČENÍ

Teorie:

Elektrookulografie (EOG) je metoda pro měření klidového potenciálu mezi sítnicí a rohovkou lidského oka. Umožňuje snímat signál, který vzniká při pohybu očí. Uplatnění metody lze nalézt nejen v oftalmologii při měření funkce pigmentu epitelu sítnice, v neurologii, při diagnostice poruch spánku, ale také při čtení textu. V elektrookulogramu zaznamenaném při procesu čtení lze detekovat prvky, které odpovídají jednotlivým očním pohybům. Následnou analýzou těchto prvků je možné stanovit obtížnost čteného textu.

Oko si lze představit jako dipól s kladným pólem vpředu na rohovce (cornea) a záporným v oblasti sítnice (retina). Díky tomu je mezi rohovkou a sítnicí corneo-retinální potenciál, který se pohybuje mezi 0,4 a 1 mV. Pokud kolem oka vhodně umístíme na kůži elektrody, můžeme tento potenciál zaznamenat.

Napětí na elektrodách se mění v závislosti se vzdáleností rohovky od elektrody. Pokud se například oči pohybují z centrální polohy doprava, rohovka se přiblíží k pravé elektrodě, kde následně dojde ke vzrůstu kladného napětí. Pokud se oči pohybují doleva, zaznamenané opak. Čím je výchylka oka od centrální pozice větší, tím je také větší změna na elektrodách. Pomocí analýzy těchto změn, můžeme sledovat oční pohyby. Princip je na Obrázku 1.



Obrázek 1: Princip EOG

Za dodržení standardů pro snímání EOG lze pomocí dvou párů elektrod a přidáných referenčních elektrod registrovat dvě složky signálu, které odpovídají horizontálnímu (záznam EOG_h) a vertikálnímu pohybu očí (záznam EOG_v). Na takto

získaných záznamech lze detekovat jednotlivé prvky vztahující se k očním pohybům při čtení.

Jedná se především o fixace, což je stav, ve kterém je oko v relativním klidu a obraz části textu je promítán na žlutou skvrnu v sítnici. Čtenář je v tuto chvíli schopný přijímat informaci. U fixací se nejčastěji určuje jejich délka trvání. Pro přenesení oka do dalšího fixačního bodu (následujícího slova či části věty) slouží velmi rychlé pohyby zvané sakády. Při čtení rozlišujeme dopředné sakády, orientované ve směru čtení a zpětné sakády, které nazýváme regresemi. V záznamu lze také pozorovat mrkání, které se objevuje především v EOG_v.

Pro hodnocení srozumitelnosti textu lze využít dosažený výkon čtení P , který se vypočítá dle vztahu (1). Míru porozumění získáte z testu na konci textů.

$$P = \frac{V \cdot \text{míra porozumění}}{100} \quad (1)$$

kde rychlost čtení V lze vyjádřit jako (2):

$$V = \frac{\text{počet slov} \cdot 60}{\text{doba čtení v sekundách}} \quad (2)$$

Náročnost textu lze také hodnotit přímo z naměřeného EOG a to především dle počtu detekovaných fixací (sakád) a regresí na řádek. Méně vhodnými parametry jsou pak délka trvání fixací na řádek a poměr S/T , což je poměr počtu velkých sakád (S) a skutečného počtu řádků v textu (T).

Zadání:

Realizujte měření EOG pomocí jednotky BIOPAC při čtení jednoduchého a složitého textu (viz přílohy).

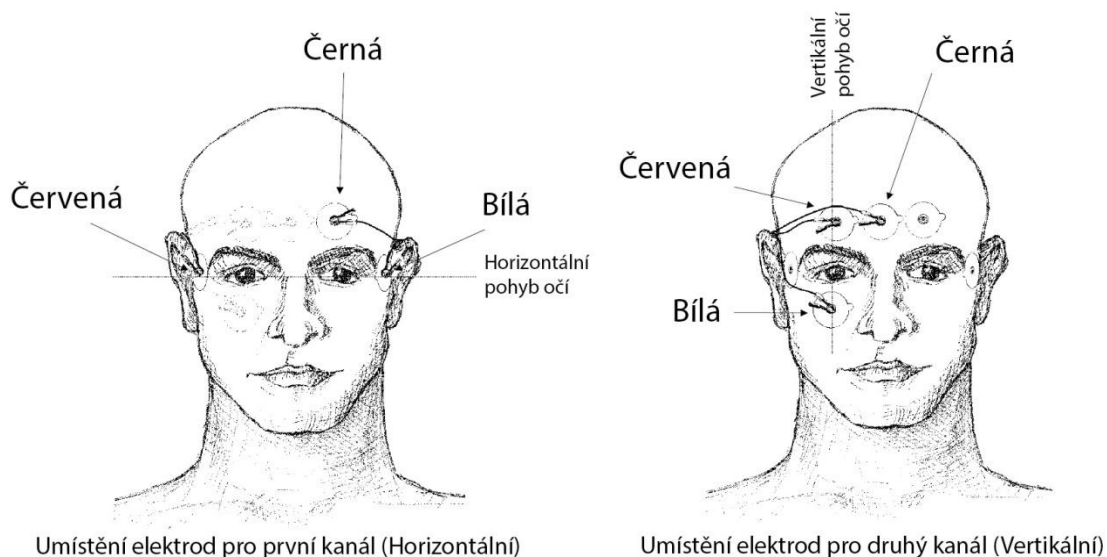
Naměřená data vyhodnoťte pomocí programu *EOG_Comprehensibility.m*. Vypočtěte dosažený výkon čtení a pozorujte změny parametrů EOG při čtení jednoduchého, složitého a anglického textu.

Pomůcky:

Počítač s připojenou akviziční jednotkou BIOPAC MP35, nainstalovaný software *BSL Pro*, dvě sady vodičů SS2L, jednorázové nalepovací elektrody (6 ks a osobu), metr, aplikace *EOG_Comprehensibility.m*

Postup měření:

1) Nalepte elektrody na očištěnou pokožku (nejlépe pokožka bez líčidel, obličej umýt vodou) a připojte přívodné kabely dle Obrázku 2. Elektrody se před nalepením zastříhnou, aby lépe kopírovaly nerovný povrch obličeje. Před samotným měřením je vhodné počkat alespoň pět minut pro ustálení iontové rovnováhy. Kanál 1 slouží pro snímání horizontálního pohybu očí a kanál 2 pro vertikální složku pohybu. Konektory připojte do odpovídajících vstupů vypnuté akviziční jednotky MP35.



Obrázek 2: Umístění elektrod pro snímání horizontálního a vertikálního EOG při pohybu očí

2) Po připojení konektorů zapněte jednotku MP35 a spusťte software *BSL Pro*. V softwaru je nutné pro měření signálu EOG zvolit správné kanály, nastavit jejich parametry a akvizici.

3) Pro nastavení kanálů použijte položku „*Set up channels*“, která se nachází pod záložkou MP35. Pro měření zvolte dva analogové vstupní kanály a u každého vyberte pomocí tlačítka „*presets*“ z menu položku EOG (0.05 – 35Hz) a zatrhněte „*Acquire Data, Plot on Screen a Enable Value Display*“. Pro upravení základních parametrů kanálů stiskněte tlačítko „*View/Change Parameters*“. V novém okně „*Input Channel Parameters*“ v hardwarovém nastavení zvolte zesílení x100 a offset ponechte na 0 mV. U položky „*Input coupling*“ nastavte režim snímání DC (stejnoseměrná akvizice).

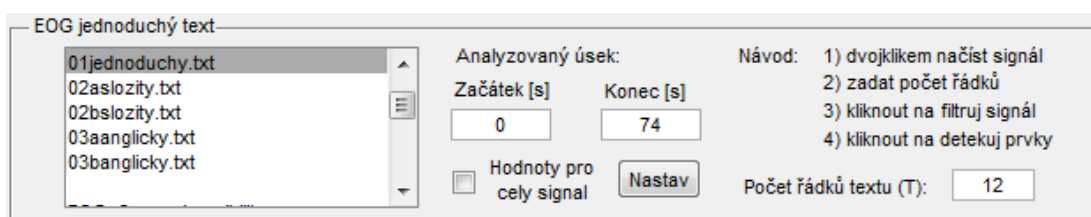
4) Pro nastavení akvizice použijte položku „*Set up acquisition*“, která se nachází opět pod záložkou MP35. Zde nastavte vzorkovací frekvenci na 200 Hz a délku akvizice na 30 minut.

5) Proveďte postupně měření EOG při čtení jednoduchého a složitějšího textu (texty v příloze) stisknutím tlačítka *Record*. Vzdálenost očí od monitoru je při každém měření stejná (35 cm – ověřte si metrem). V základní poloze očí se dívá dobrovolník do středu monitoru. V takovéto poloze je následně hlava zafixována pomocí podepření brady rukama. Při čtení textu nedochází k pohybu mimických svalů, rtů a čtení s vokalizací (nahlas). Snažte se číst text co nejrychleji a s cílem co nejvyššího porozumění. Jednotlivé přečtené texty označíte v záznamu nejlépe vícenásobným mrknutím před začátkem a po konci čtení. Po ukončení měření stiskněte tlačítka *Suspend*.

6) Označte data pomocí nástroje *I-beam* (podobně, jako když označujete text v textovém dokumentu). Následně zvolte *Edit*, položku *Window* a *CopyWave* data (tím provedete uložení dat do schránky). Data vložíte do nového textového dokumentu (například notepad) pomocí *ctrl + v*. Odstraňte hlavičku a data uložte (např. jako *00jednoduchytext_jmeno.txt*). Výsledkem budou dva soubory dat ze čtení jednoduchého a složitějšího textu. Soubory zkopírujte do složky, kde se nachází skript sloužící ke spuštění programu.

Analýza signálu:

1) Spustíte skript *EOG_Comprehensibility.m*. V levé části aplikace proveďte načtení signálu jednoduchého textu (*01jednoduchy.txt*) dvojklikem na vybranou položku databáze. V pravé části aplikace si pak načtete buďto záznam ze čtení složitějšího (*02aslozity.txt*) nebo anglického textu (*03aanglicky.txt*). Pro správný výpočet poměru S/T nezapomeňte zadat skutečný počet řádků čteného textu (jednoduchý text 12, složitý text 18, anglický text 14). Nejdříve načítejte signály, které jsou již v databázi (viz Obrázek 3), následně budete načítat vámi změřené signály.



Obrázek 3: Načtení signálu

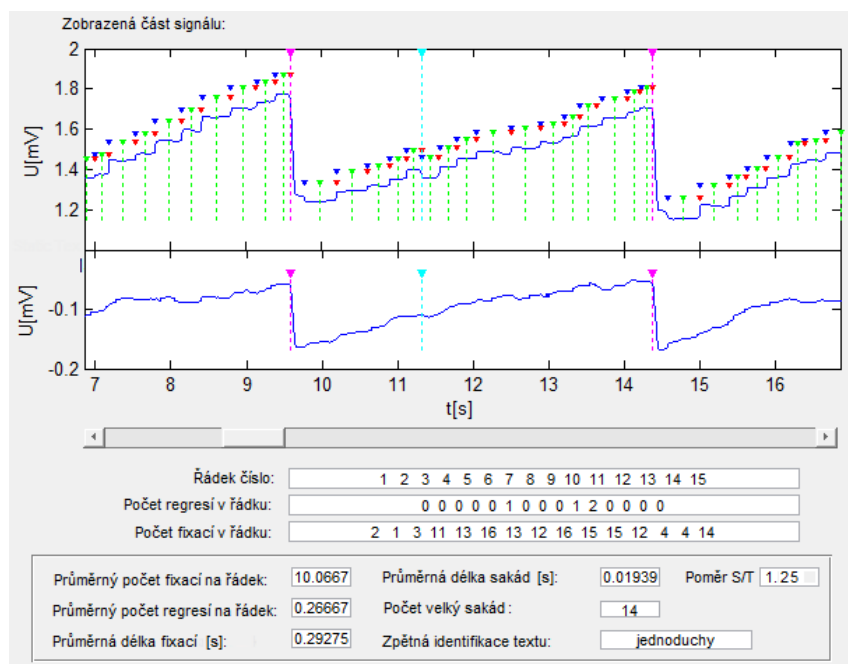
2) V nastavení filtrace a detekce pro jednoduchý a složitý text prozatím nic neměňte, stiskněte tlačítka *Filtruj signál* a následně *Detekuj prvky*. Objeví se vám výsledná analýza jednoduchého a složitějšího/anglického textu (Obrázek 4). Vyhodnoťte změny parametrů způsobené čtením nestejně srozumitelného textu a výsledky popište v závěru.

3) V levé části si nyní načtete záznam složitějšího textu při prvním čtení (*02aslozity.txt*) a

v pravé části záznam složitějšího textu při druhém čtení (*02bslozity.txt*). Pozorujte, jak se liší analyzovaná data při prvním a druhém čtení složitějšího textu a výsledky popište v závěru. Totéž proveďte pro anglický text (první čtení: *03aanglicky.txt*, druhé čtení: *03banglicky.txt*).

4) Načtěte si vámi naměřené signály (levá část: jednoduchý text, pravá část: složitý text). Dobře si prohlédněte zobrazené signály. Zkuste nastavit jiné hodnoty u filtrů a sledujte odezvu (u mediánového filtru musí být zadána sudá čísla). Vše následně vraťte na původní hodnoty (pokud si je nepamätujete, načtěte znovu signál) a zvolte jiný detekční algoritmus (I-VT). Na závěr se pokuste nastavit filtry a detekční algoritmy tak, abyste dosáhli co možná nejlepší detekce (detekci kontrolujte vizuálně v signálech). Sledujte odlišnosti parametrů mezi načtenými texty.

5) Vypočítejte rychlost a výkon čtení u vámi naměřených signálů a diskutujte souvislost s naměřenými parametry EOG.



Obrázek 4: Zobrazení signálu a výsledná analýza

Otázky:

- 1) Jak funguje mediánový filtr, jaké jsou jeho výhody a nevýhody? Napište matematické vyjádření.
- 2) Jakým způsobem je možné odstranit kolísání nulové izolinie (typ filtru, optimální mezní frekvence). Zmiňte i příčiny kolísání nulové izolinie.
- 3) Lze pohyb očí zaznamenat i jinak než pomocí EOG? Pokud ano, jaké jsou možnosti?

C OBSAH CD

Bakalářská práce: jan_netopil_BP.pdf

Čtené texty: jednoduchý text (01 - Jelen a lev – jednoduchy.pdf)

složitý text (02 - Kvarcity – slozity text.pdf)

anglický text (03 - Diagnose Alzheimer - anglicky text.pdf)

Naměřené signály u jednotlivých osob

Program se vzorovými záznamy