

# ELECTROOCULOGRAPHY BASED TEXT COMPREHENSIBILITY EVALUATION

**Jan Netopil**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xnetop01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Oto Janoušek

E-mail: janouseko@feec.vutbr.cz

**Abstract:** Electrooculography (EOG) is a method for recording the corneo-retinal standing potential. Besides typical EOG application, such as ophthalmological diagnosis, neurology and sleep disorders, it can be successfully utilized for assessment of reading comprehension. In presented application, we detect elements, which represent types of eye movement. Number and character of these elements could represent text complexity.

**Keywords:** EOG, electrooculogram, eye movements during reading, identifying fixations, text complexity

## 1. ÚVOD

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.

## 2. DETEKOVATELNÉ PRVKY PŘI ČTENÍ V EOG

Za dodržení standardů pro snímání EOG lze pomocí dvou párů elektrod a přidanych 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  $EOG_v$ . [1]

## 3. HODNOCENÍ SROZUMITELNOSTI TEXTU

Obtížnost porozumění textu z  $EOG_h$  lze hodnotit pomocí počtu výskytů jednotlivých detekovaných prvků (fixací, sakád a regresí) a výpočtu průměrné hodnoty počtu fixací na jeden celý řádek. Hodnocení lze provést dále dle průměrné délky fixací a velikostí jednotlivých sakád v textu. Odlišnosti můžeme najít i v počtu velkých sakád, které reprezentují přeskoky mezi jednotlivými řádky. Více velkých sakád než je počet řádků textu svědčí o tom, že se čtenář vracel v textu na předchozí řádky (velké regrese). Z vertikální složky EOG by bylo teoreticky možné stanovit i počet těchto velkých

regresí (kladná výchylka), v praxi je to ale velmi obtížné, jelikož v záznamu jsou tyto výchylky velmi nepatrné, často znehodnocené šumem a to i přes vhodně nastavené filtry.

Pro validitu takto získaných dat je nutné dodržet při čtení určitá pravidla. Text čte testovaná osoba s cílem maximálního pochopení a co nejrychleji. Pochopení textu je testováno na konci testem. Při dosažení nízkého skóre nelze hodnocení použít.

## 4. ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU, DETEKCE

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.

### 4.1. ODSTRANĚNÍ ŠUMU

Získaný EOG signál bývá znehodnocený šumem, který by mohl ovlivnit správnou funkci detektorů. Příčinou šumu jsou obvykle myopotenciály, špatný kontakt mezi elektrodou a kůží (drift) nebo rušení z elektrorozvodné sítě. Ze signálu je tedy nejdříve odstraněna nízkofrekvenční složka – drift pomocí filtru typu horní propusti s mezní frekvencí 0,1 Hz. Vysokofrekvenční složka je následně odstraněna pomocí mediánového filtru, který je vhodný především kvůli tomu, že zachovává strmé hrany, nezkruskuje okamžité výchylky signálu a nepřidává žádné artefakty. V předzpracovaném signálu se následně detekují fixace pomocí ID-T algoritmu.

### 4.2. ID-T ALGORITMUS

Algoritmus pro detekci fixací ID-T (Dispersion-Threshold Identification) vychází z toho, že fixační body mají tendenci se shlukovat. Algoritmus začíná posouváním okna o délce 100 ms (což je minimální možná délka fixace) v záznamu. V každém kroku je počítán rozptyl  $D$ , který je určen jako součet rozdílů minimálních a maximálních hodnot  $x$  dle rovnice (1), kde  $x$  odpovídá hodnotám vzorků v  $EOG_h$ . [2]

$$D = [\max(x) - \min(x)] \quad (1)$$

Rozptyl je porovnáván s nastaveným prahem. V případě že je vypočítané  $D$  větší, vzorky v okně nereprezentují fixaci a celé okno se posouvá o jeden vzorek 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, jsou vypočítány souřadnice jejího středu a 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. [2]

Tímto způsobem jsou v signálu detekovány fixace. Jako sakády jsou automaticky brány všechny části signálu, které se vyskytují mezi fixacemi. 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 (2), kde  $x$  odpovídá hodnotám vzorků v  $EOG_h$  a  $y$  hodnotám vzorků v  $EOG_v$  záznamu.

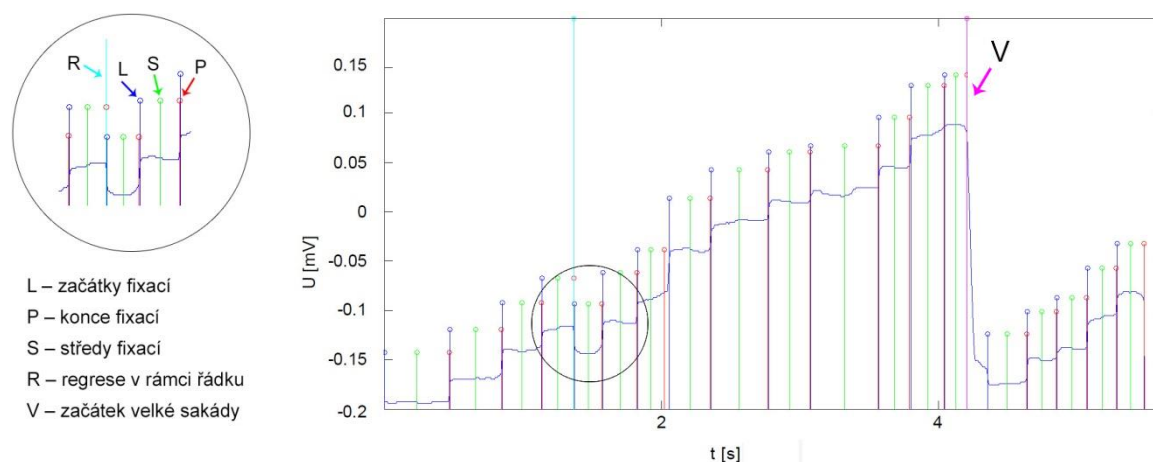
$$D = [\max(x) - \min(x)] + [\max(y) - \min(y)] \quad (2)$$

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 pak zjištěny jednoduše porovnáním poloh s velkými sakádami a zařazením do odpovídajících řádků.

## 5. PŘÍKLAD ZPRACOVANÉHO A ANALYZOVANÉHO SIGNÁLU

V programovém prostředí Matlab byly zpracovány a analyzovány signály EOG při čtení tří předloh textů: jednoduchého, náročného a anglického. Detekční funkci popsaných algoritmů na části záznamu jednoduchého textu vybrané osoby lze pozorovat na Obrázek 1. Detekce prvků v  $EOG_h$



**Obrázek 1.** Detekce prvků v  $EOG_h$

Počty detekcí jednotlivých prvků a jejich parametry při čtení jednoduchého, náročného a anglického textu pro jednu vybranou osobu jsou v následující tabulce:

	Průměrný počet fixací na řádek	Průměrná délka fixací	Průměrný počet regresí na řádek	Počet velkých sakád (S)	Počet řádků textu (R)	Poměr R / S
jednoduchý text	12	0,198	0,154	13	13	1
náročný text	13,38	0,229	0,588	20	19	0,95
anglický text	14,73	0,239	0,333	16	15	0,94

**Tabulka 1:** Počty detekcí a parametry prvků v EOG při čtení

## 6. ZÁVĚR

Navržená metoda slouží k automatické detekci jednotlivých prvků vyskytujících se v EOG signálu. Byla vyzkoušena na deseti dobrovolnících, kteří četli jednoduchý, náročný a anglický text. Všechny analyzované záznamy sledují podobný trend jako je u záznamu uvedeného v tabulce. S rostoucí obtížností textu roste průměrný počet fixací na řádek, jejich průměrná délka, zvyšuje se počet regresních pohybů v rámci řádku, také je vyšší počet velkých sakád. Metodu by tedy bylo možné využít pro stanovení obtížnosti jednotlivých přečtených textů.

Stanovení obtížnosti textu je vhodné například při přípravě edukačních materiálů pro vzdělávací zařízení nebo ve zdravotnictví, kdy je dobré vědět, zda není text pro pacienty příliš náročný, aby nebyl špatně pochopen.

V případě vhodně zvoleného standardizovaného textu je pomocí této metody možné testovat i výkon mezi jednotlivými čtenáři, popřípadě různé odchylky, jako je například dyslexie.

## 7. REFERENCE

- [1] JOŠT, Jiří. Oční pohyby, čtení a dyslexie. 1. vyd. Praha: Fortuna, 2009, 173 s. ISBN 978-80-7373-055-0.
- [2] 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.