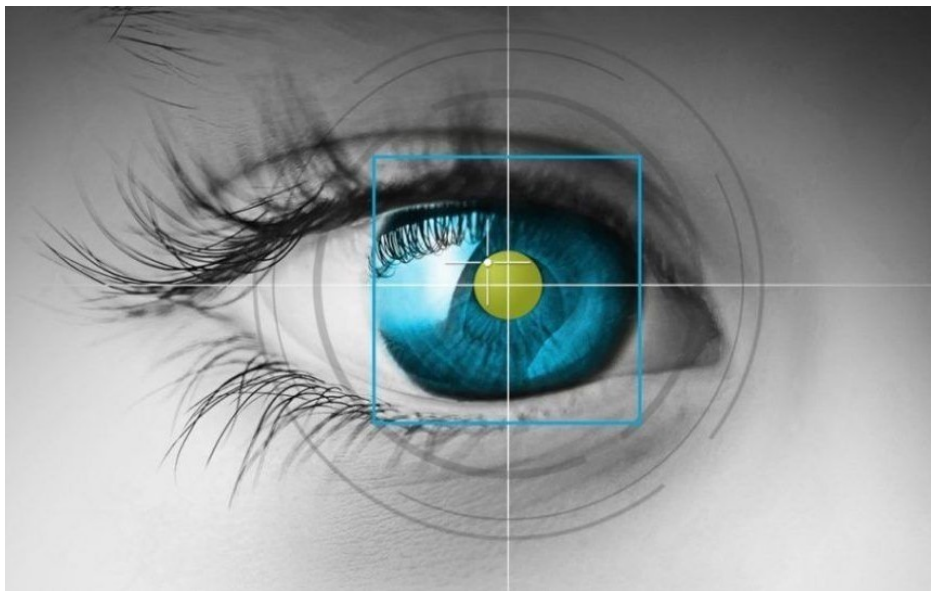


## Sledování pohybu očí (Eye-tracking)



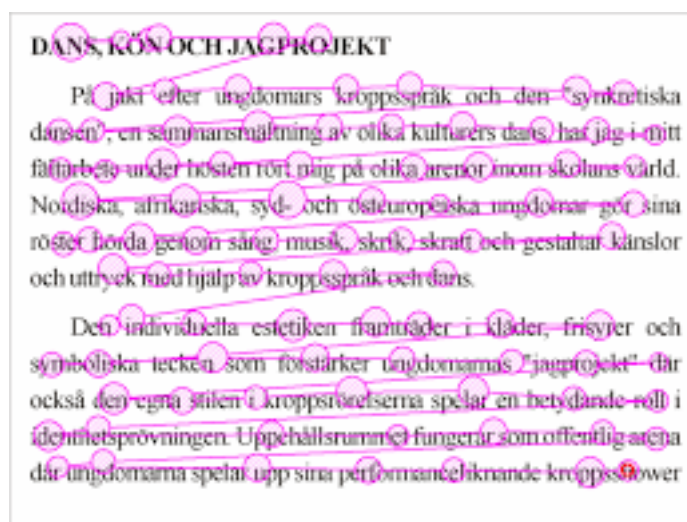
*“There seems to be an almost ceaseless twitching, as if rest for more than an instant were the one thing not to be endured”*  
(George Malcolm Stratton, 1906)

# Obsah

1	Historie	2
2	Rozdělení eye-trackerů	6
3	Využití	8
4	Zdroje	9

# 1 Historie

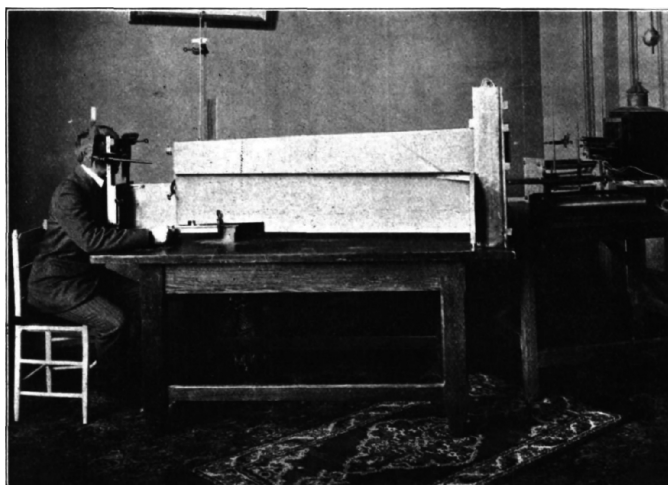
První poznatky ze sledování pohybu lidského oka zaznamenal Louis Emile Javal roku 1879. Pozorováním oka přes zrcátko zjistil, že lidské oko se při čtení nepohybuje plynule, jak si do té doby mysleli, ale pohybuje se po skocích (sakádách) a na krátké okamžiky se zastavuje (fixace).



Obrázek 1: Sakády a fixace znázorněné při čtení textu

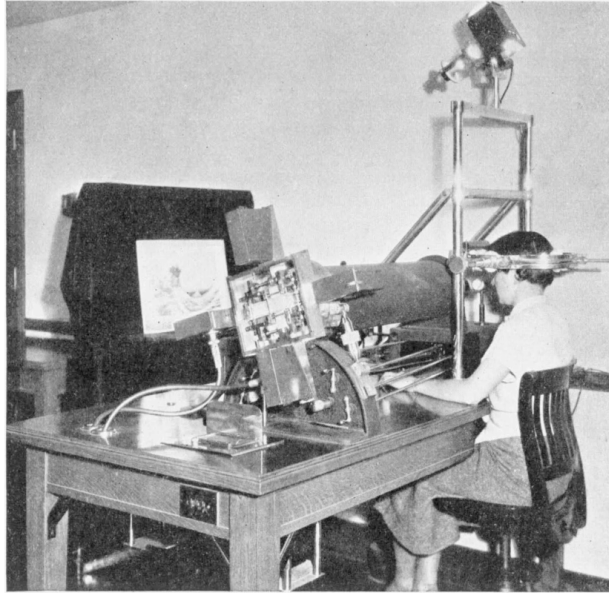
První eye-tracker zkonstruoval Edmund Huey roku 1908. Jednalo se o typ kontaktní čočky, jež měla uprostřed malý otvor pro zorničku a byla napojená na ukazovátko, jež se hýbalo s pohybem oka. Přesnost soustrojí postačila na zjištění slov, na kterých se člověk při čtení pozastaví. Je nutno podotknout, že čočka byla pacientovi natolik nepříjemná, že při nošení musel být pacient zdrogován, aby necítil bolest.

Velký pokrok učinili R. Dodge a T.S. Cline roku 1901. Ti pro sledování pohybu oka použili světlo odrážející se od rohovky pacienta. To následně prošlo optickým systémem a zanechalo na fotocitlivé destičce stopu. Tímto způsobem byli schopni zaznamenat horizontální pohyb oka (osa x) v čase (osa y). Stroj ovšem vyžadoval, aby pacient s hlavou nehýbal. Na oplátku se vědcům podařilo zjistit, že člověk během sakád nepřijímá nové informace.



Obrázek 2: The Dodge Photochronograph

Další pokrok přišel roku 1920 s použitím fotoaparátů. Charles H. Judd vyrobil stroj, na kterém Guy Thomas Buswell zkoumal pohyb očí lidí při čtení napříč věkovými kategoriemi a lidí s různým vzděláním. Díky fotoaparátům byli schopni zachytit pohyby oka v obou směrech.



Obrázek 3: Juddův stroj pro sledování pohybu očí

Ve stejné době se pracovalo na elektrickém eye-trackeru. Ten využívá změn potenciálu mezi rohovkou a sítnicí při pohybu oka. Tyto změny zaznamenávají elektrody umístěny na obou stranách oka. Výhodou je, že tento jev lze měřit i když má pacient zavřené oči.

Roku 1947 se začali používat kamery pro sledování pohybu očí a rok poté se začali eye-trackery nasazovat na hlavu. Poprvé tak mohl pacient hýbat s hlavou při měření, avšak stále se nejednalo o příjemnou záležitost. Vědci se tak mohli poprvé zaměřit na směr pohledu na rozdíl od očí.

V 60. letech 20. století se s rozvojem kognitivní psychologie a technologie výpočetních systémů začala zabývat eye-trackingem i armáda. J. Merchant z Honeywell corporation sestrojil pro U.S. Air Force první eye-tracker využívající výpočetní systém. Ten umožnil automatické zpracování dat, které se provádělo již během měření.



Obrázek 4: Honeywell okulometr

Od 80. let 20. století se již můžeme setkat s real-time eye-trackery. Které umožňují zobrazovat přímo na obrazovku, kam se uživatel dívá nebo poskytovat heat-mapy s nejčastějšími body zájmu.

## 2 Rozdělení eye-trackerů

### Mechanické

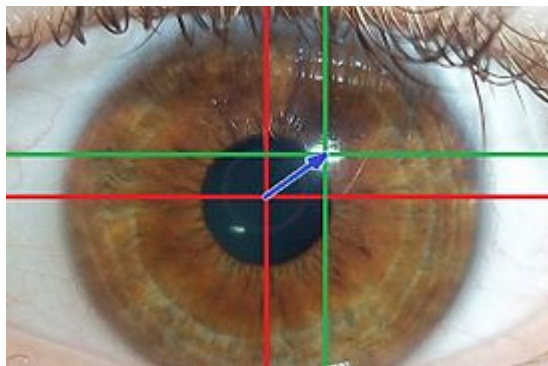
Mechanické eye-trackery používají kontaktní čočky se zrcadlovou plochou, která odráží paprsek světla. Také se používají čočky se zabudovanou cívkou. Pohyb čočky v elektromagnetickém poli generuje napětí, které je měřeno.

Metoda je velmi přesná, ale zatěžuje oko pacienta. Je využívána například při pozorování dynamiky oka.

### Optické

Před pacienta je umístěno infračervené světlo, aby ho nerušilo při pozorování, a pomocí kamery zaměřené na oko se měří vektor mezi středem zorničky a bodem odrazu světla, jež je stacionární. Tímto způsobem jsme schopni relativně přesně určit, kam se pacient dívá i zachytit vektor pohyb oka. Také není vyžadováno, aby pacientova hlava byla nehybná na jednom místě.

Dnes nejrozšířenější typ eye-trackeru, díky své poměrně nízké ceně a neinvazivnosti pro uživatele.



Obrázek 5: Optická metoda sledování pohybu oka

## Elektrické

Metoda je založena na principu, že oko se chová jako elektrický dipól. Sítnice je záporně nabitá a rohovka je kladně nabitá. Přiložením elektrod kolem oka lze pak měřit změnu potenciálu při jeho pohybu.

Jedná se o levnější variantu a využívá se například při analýze pohybu očí během spánku.



Obrázek 6: Elektrická metoda sledování pohybu očí

### 3 Využití

Zpočátku se eye-trackery využívali čistě pro vědecké účely, kde doktoři a vědci zkoumali chování lidského oka při čtení nebo analýze objektu. Později s rozvojem psychoanalýzy se touto disciplínou zabývali i psychologové a zkoumali vliv prostředí na lidské vnímání. Psychologové také využívají eye-trackerů při hledání různých chorob či postižení.

První zájem na veřejnosti projevily obchodní společnosti, které pomocí nich analyzují efektivnost a relevantnost jejich reklam. Začaly se tvořit specializované týmy zabývající se udržením pozornosti zákazníka. Eye-trackery pomáhají i designérům webových stránek.

Eye-tracking našel uplatnění i ve sportu, kdy se zkoumá, čemu profesionální hráči věnují pozornost během jejich výkonu. Nebo čeho si běžný divák při sledování nevšimne.

Do zábavního průmyslu se dostavil spolu s virtuální realitou a analýzou při hraní kompetitivních videoher.

Také našel uplatnění ve zdravotnictví, kde je součástí chirurgických robotů. Slouží při zaučování nových doktorů a při návrhu vizuálního prostředí, aby měl doktor všechny potřebné informace před sebou, ale zároveň mu nepřekážely při výkonu práce.

V dnešní době je předním výrobcem eye-trackerů firma Tobii, která vyrábí cenově dostupné produkty a spolupracuje s odborníky různých zaměření.

## 4 Zdroje

[https://www.researchgate.net/publication/330428030\\_The\\_First\\_Hundred\\_Years\\_a\\_History\\_of\\_Eye\\_Tracking\\_as\\_a\\_Research\\_Method](https://www.researchgate.net/publication/330428030_The_First_Hundred_Years_a_History_of_Eye_Tracking_as_a_Research_Method)

[https://www.researchgate.net/publication/246156704\\_Eye-Tracking\\_Characteristics\\_and\\_Methods](https://www.researchgate.net/publication/246156704_Eye-Tracking_Characteristics_and_Methods)

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36568943/History\\_of\\_EyeTracking\\_TL-RB\\_Ufs2014-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1643822168&Signature=Lpn0~8kV0xpaddSLUyOEAG7NTVhvnThxwAcUFI1dCnKw3HiWEd5RWrUfN3jWzJyV2hvpMPiVPBWynH6HH1\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36568943/History_of_EyeTracking_TL-RB_Ufs2014-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1643822168&Signature=Lpn0~8kV0xpaddSLUyOEAG7NTVhvnThxwAcUFI1dCnKw3HiWEd5RWrUfN3jWzJyV2hvpMPiVPBWynH6HH1_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/87746/F3-BP-2020-Trnka-Vladislav\\_sledovani\\_oci.pdf](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/87746/F3-BP-2020-Trnka-Vladislav_sledovani_oci.pdf)

<https://www.uxbooth.com/articles/a-brief-history-of-eye-tracking/>

<https://tech.tobii.com/markets/healthcare/surgical-robotics/>

<https://imotions.com/blog/top-eye-tracking-hardware-companies/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Eye\\_tracking](https://en.wikipedia.org/wiki/Eye_tracking)