

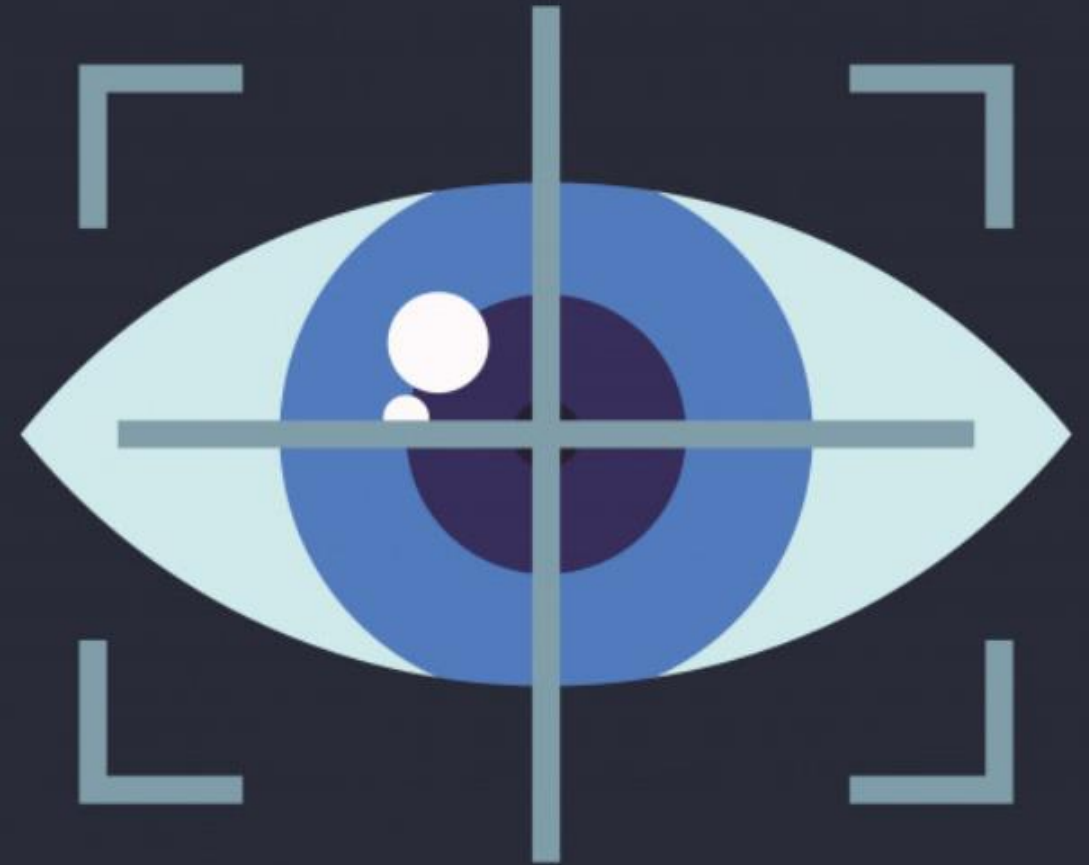
Eye-tracking

Sledování pohybu očí

**POLn6012 Moderní informační technologie
v politologii**

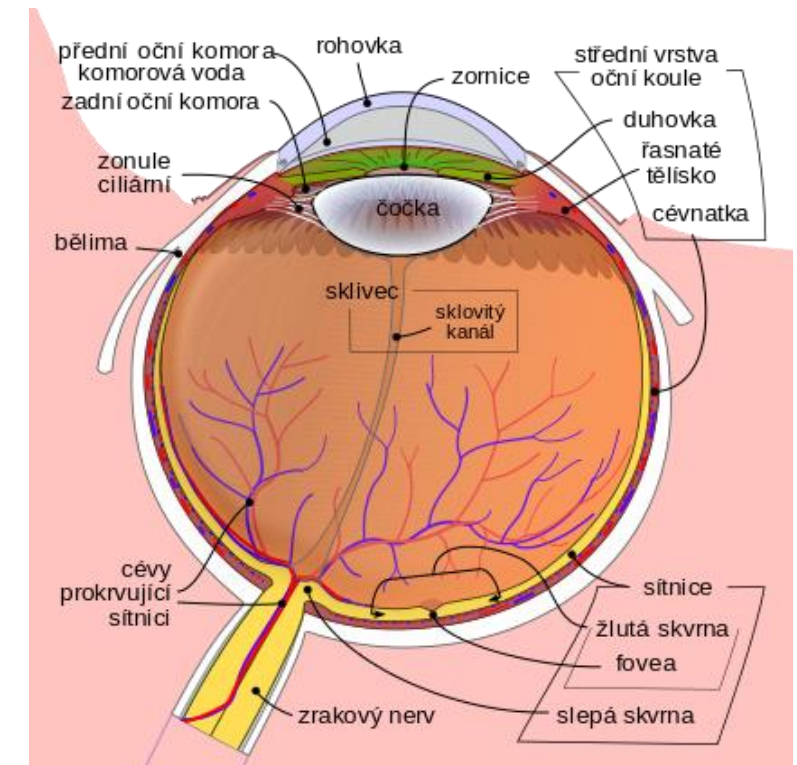
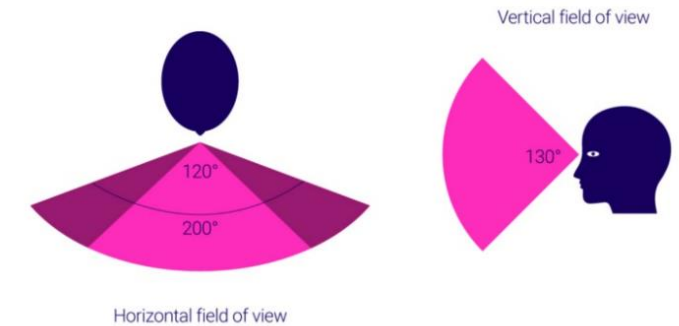
Michal Tóth

Jaro 2021



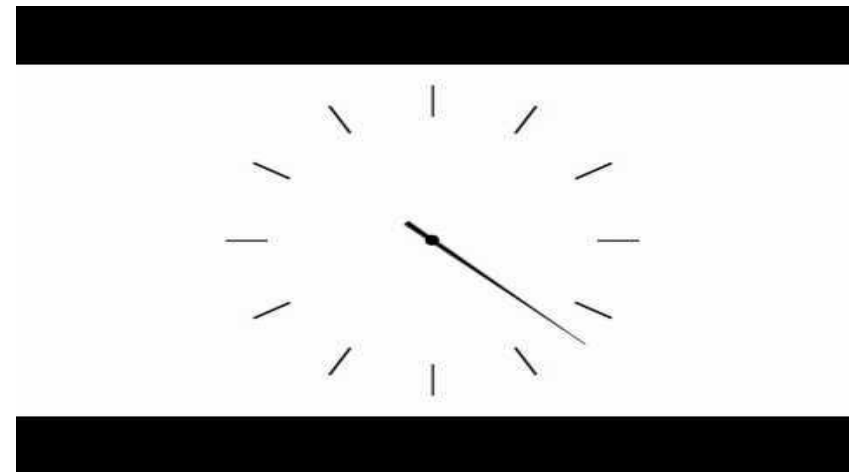
Ľudské oko – základ ET

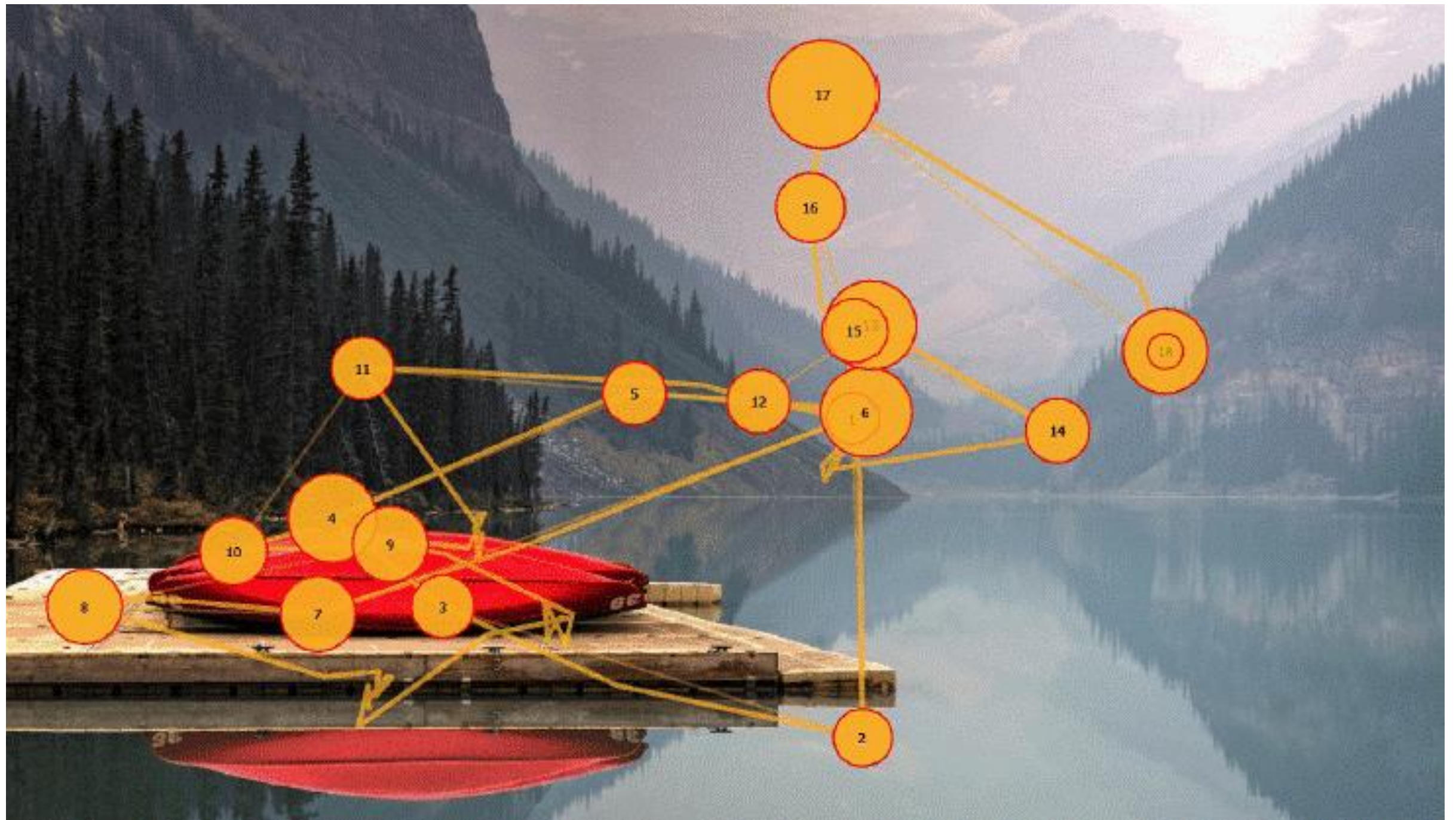
- **dôležité pre pochopenie princípu eye-trackingu**
- približne guľovitý tvar s priemerom cca **2,3 cm**
- oči dohromady poskytujú obraz priestoru v rozpätí cca **200° na šírku a 130° na výšku**
- **v jeden okamihu** vnímajú ostro len obmedzenú časť tohoto priestoru – **1-2° priestoru** (cca veľkosť nechtu na palci pri natiahnutí ruky pred seba)
- svetlo → **zrenica** → **šošovka** (otočenie obrazu „hore nohami“, zaostrenie) → **sietnica**
- svetlocitlivé bunky na sietnici – **tyčinky** (videnie za šera) a **čapíky** (vnímanie farieb) → transformácia svetla na **elektrické impulzy** → nervovou sústavou do **mozgu**
- **rohovka**
 - dôležitá pre ET
 - vonkajšia časť oka
 - odráža svetlo



Ľudské oko – pohyby

- oko ostro vníma len čas priestoru → potreba **neustáleho pohybu**
- **jeden z najdôležitejších pohybov oka** nie je vo svojej podstate pohyb
- **FIXÁCIA**
 - schopnosť oka udržať sa zamerané na určitý bod v priestore
 - niekoľko desiatok ms až sekúnd
 - mikrosakády, tremor (tras)
 - zložením väčšieho množstva fixácií vzniká **vizuálny vnem**
- **SAKÁDA**
 - presun oka z jednej fixácie na druhú
 - rýchly balistický pohyb (až 500°/sekundu)
 - najrýchlejší pohyb časti ľudského tela
 - 3-4 sakády za sekundu (200 tis. za den)
 - počas sakády oko nevníma žiaden vizuálny vnem
 - zachytíte pohyb vlastných očí v zrkadle?
- ďalšie pohyby, napr. **smooth pursuit**
 - sledovací pohyb (pomaly pohybujúci sa objekt - lietadlo)
 - vyžaduje sledovací objekt (nie je možný v tme, alebo pred holou stenou)

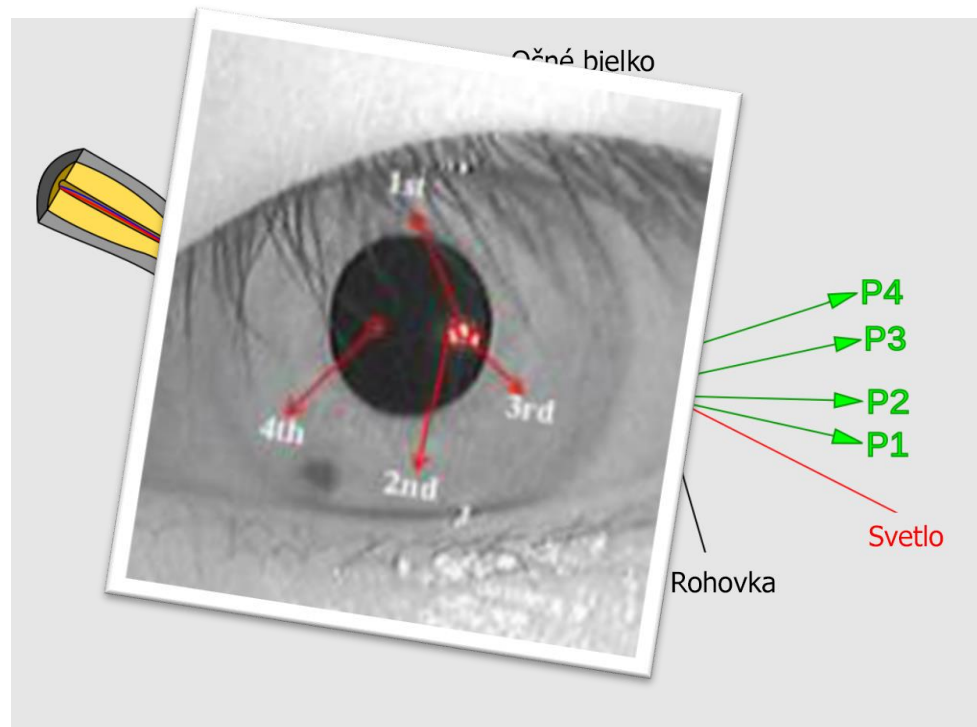






História eye-trackingu

- **Jan Evangelista Purkyně** (19. stor.), fyziológ, anatóm, biológ
- popísal obrazy odrážajúce sa od povrchu oka – tzv. **Purkyňove obrázky** → presný záznam polohy oka
- tmavá miestnosť, sviečka cca 30 cm pred očami → 4 svetlolomné plochy → 4 rôzne odrazy svetla
- **4 viditeľné** Purkyňove obrázky:



P1 – odraz od vonkajšej strany rohovky

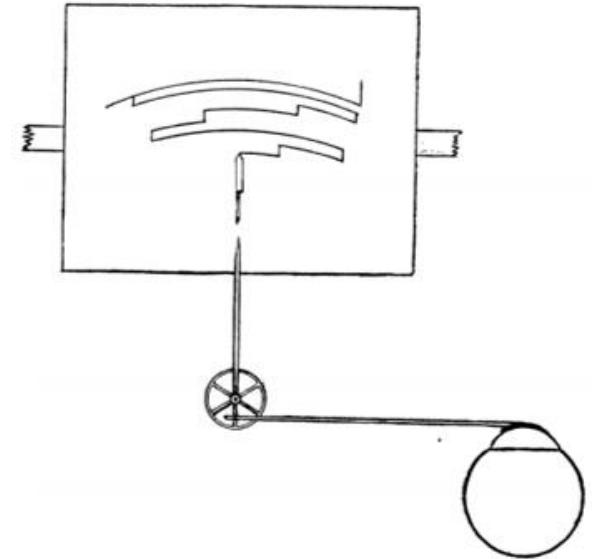
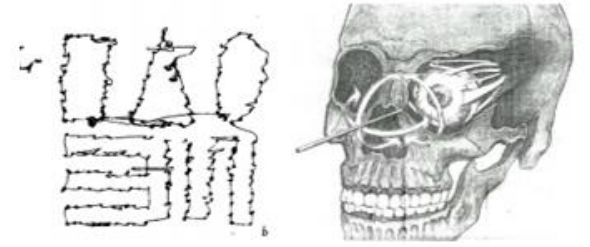
P2 – odraz od vnútornej strany rohovky

P3 – odraz od vonkajšej strany šošovky

P4 – odraz od vnútornej strany šošovky

História eye-trackingu

- **Émile Javal** (koniec 19. stor.)
 - oči sa nepohybujú plynule
 - popísal sakády (názov podľa rýchlo pohybu koňa pri drezúre)
 - zariadenie na záznam pohybu oka pomocou zrkadla pripevneného na oko
- **E. B. Delabarre** (koniec 19. stor.)
 - pohyb oka zaznamenaný pomocou sádrovej misky na oku a pripevneného drôtu
 - bolestivá procedúra – znecitlivenie oka kokainom

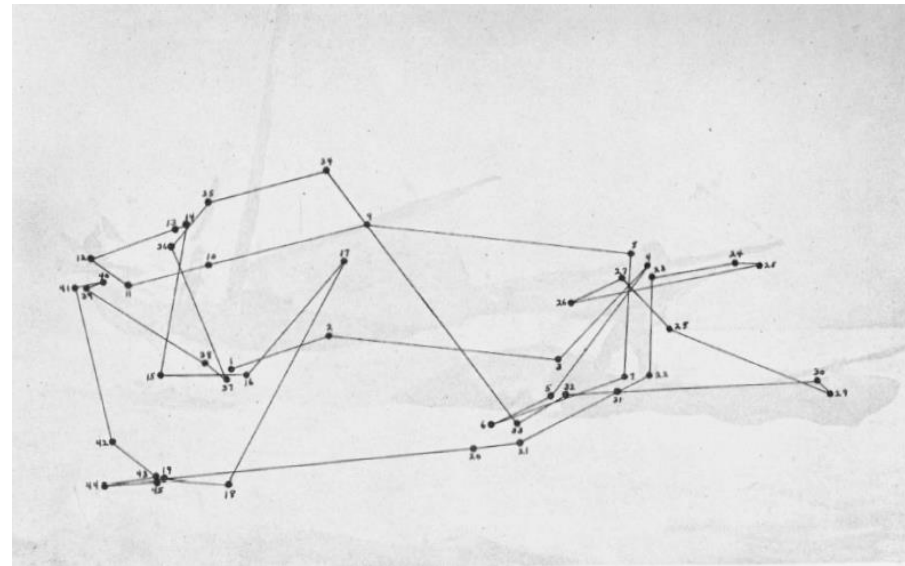
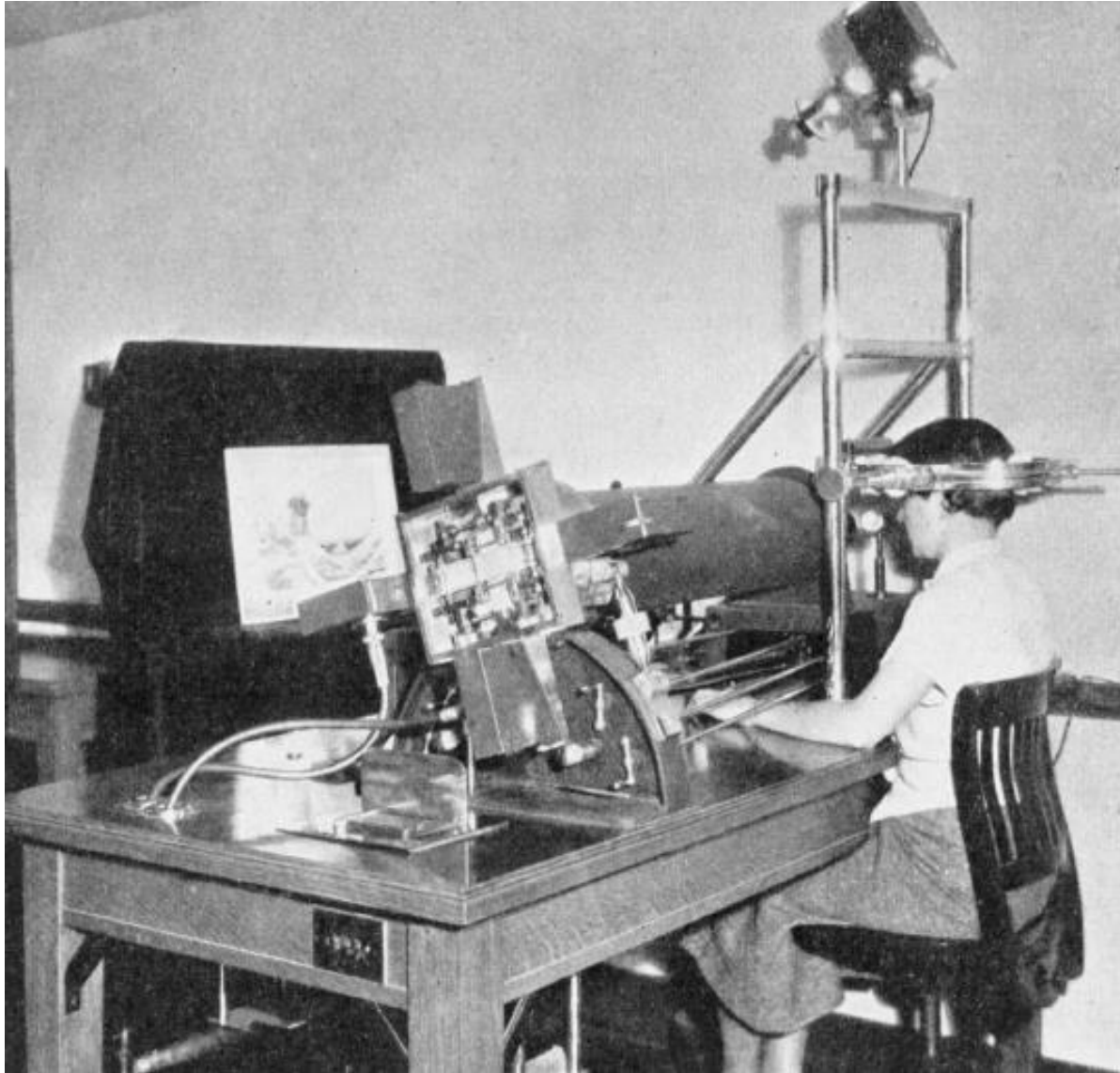


História eye-trackingu

- **20. stor.** – rýchly nárast technológií pre sledovanie pohybu očí
- nové metódy **bez potreby fyzického napojenia** na oko (Dodge a Cline 1901) → pohodlnejšie
- revolúcia vo výskume pohybu očí → rozvoj teórií o **väzbe medzi pohybom očí** (fixáciami a sakádami) a **vnímaním** (percepciou)
- kam presne sa človek pozerá → rozvoj eye-trackingu

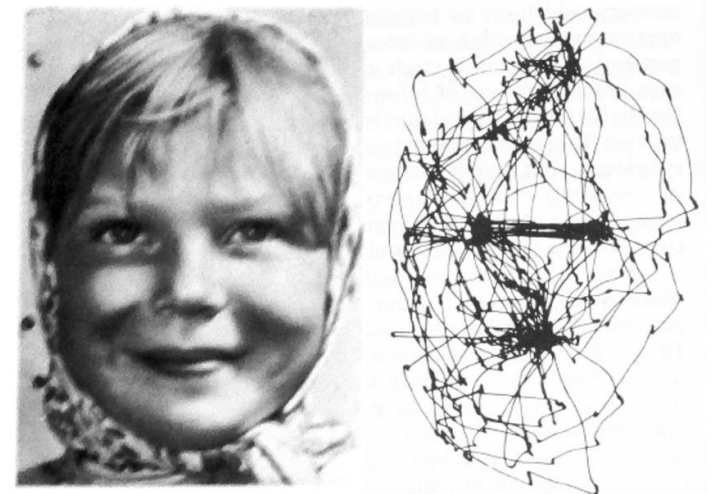
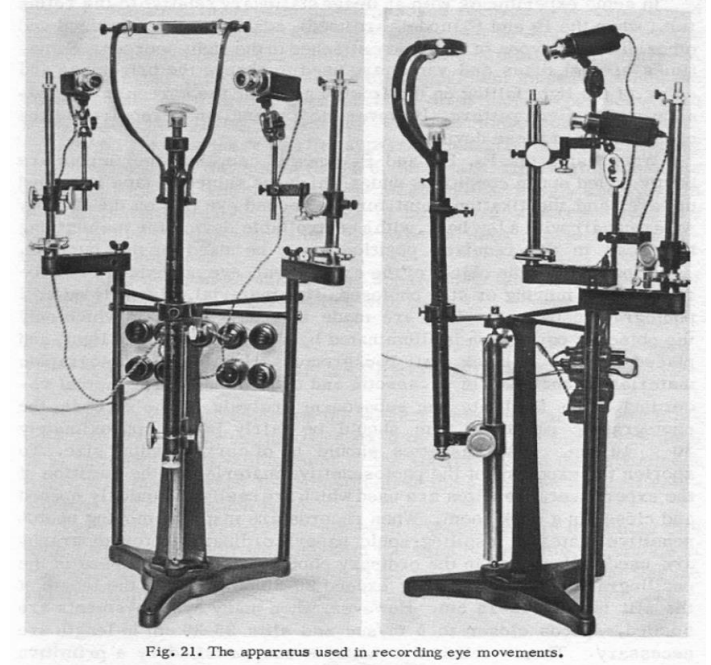
- **1935 – Guy Buswell** – „How People Look at Pictures“
 - 200 subjektov – každý z nich viac obrázkov → vyše 2000 pozorovaní pohybu oka (!!!)
 - prvá práca systematicky skúmajúca pohyb očí pri prezeraní zložitejších stimulov
 - respondentov rôzne porovnával (distribúciu fixácií, rôzne stimuly/úlohy)
 - prvé heatmapy
 - základ dnešného eye-trackingu

História eye-trackingu



História eye-trackingu

- **50.-60. roky – Rusko – Alfred Yarbus**
- respondentom ukázal rovnaký obrázok 7x po sebe, ale vždy s iným zadaním
- **zistenie 1 – fixácie oka podmienené znením úlohy**
- „high level“ faktory (dané úlohou) môžu zatieniť „low level“ faktory (dané stimulom)
- **zistenie 2 – pri pohľade na ľudskú tvár fixovanie na oči a ústa**
- **70. roky**
- snahy o technické vylepšenie eye-trackerov (presnosť)
- vzniklo viac techník merania (rôzna presnosť a možnosti)





Free examination.

1



Estimate material circumstances of the family

2



Give the ages of the people.

3



Surmise what the family had been doing before the arrival of the unexpected visitor.

4



Remember the clothes worn by the people.

5



Remember positions of people and objects in the room.

6



Estimate how long the visitor had been away from the family.

7

3 min. recordings of the same subject

Techniky sledovania pohybu očí

- **2 základné** typy techník sledovania pohybu oka:
 - 1. meranie polohy oka vzhľadom k hlave
 - 2. meranie polohy oka v priestore („Point of Regard“)
- Duchowski (2007) – 4 techniky sledovania pohybu oka
 - Elektrookulografia
 - Využitie kontaktných šošoviek
 - Foto- alebo videookulografia
 - Detekcia zrenice a odrazu od rohovky (Pupil and Corneal Reflexion Tracking)

Techniky sledovania pohybu očí

- **elektrookulografie (EOG)**

- meranie rozdielov elektrického odporu kože (elektrody)
- možnosť pozorovať pohyb zavretého oka (výskum spánku)
- meria sa poloha očí voči hlave – bez zmerania polohy hlavy nezistíme smer pohľadu
- hojne využívané v 70. rokoch
- najmenej presná

- využitie **kontaktnej šošovky**

- na šošovku je pripevnený mechanický objekt (napr. drôtená cievka) - priamo na oku
- v okolí sú umiestnené 3 zdroje magnetického poľa → dochádza k zmenám v el. prúde vedenom cievkou → poloha oka
- nezistíme smer pohľadu
- náročná a nepríjemná aplikácia



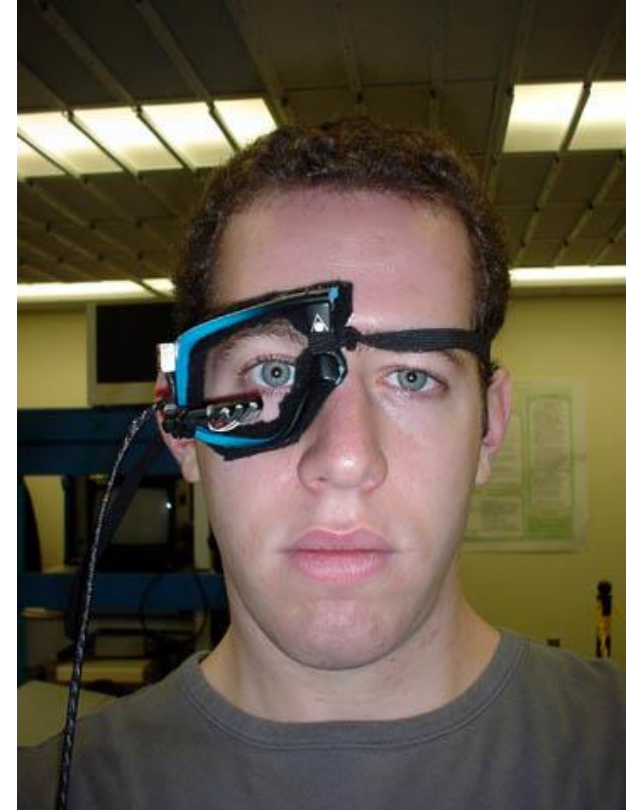
Techniky sledovania pohybu očí

- **foto- alebo videookulografia**

- meranie pozície rozlíšiteľných častí oka
- detekcia tvaru zrenice, príp. vzájomná pozícia limbu (hranice medzi rohovkou a bielkom) a odrazu svetelného zdroja od rohovky
- interpretuje sa videozáznam pohybu oka (zdĺhavé, náchylné k chybám)
- neposkytuje informáciu o smere pohľadu

- **Ako zistiť aj smer pohľadu?**

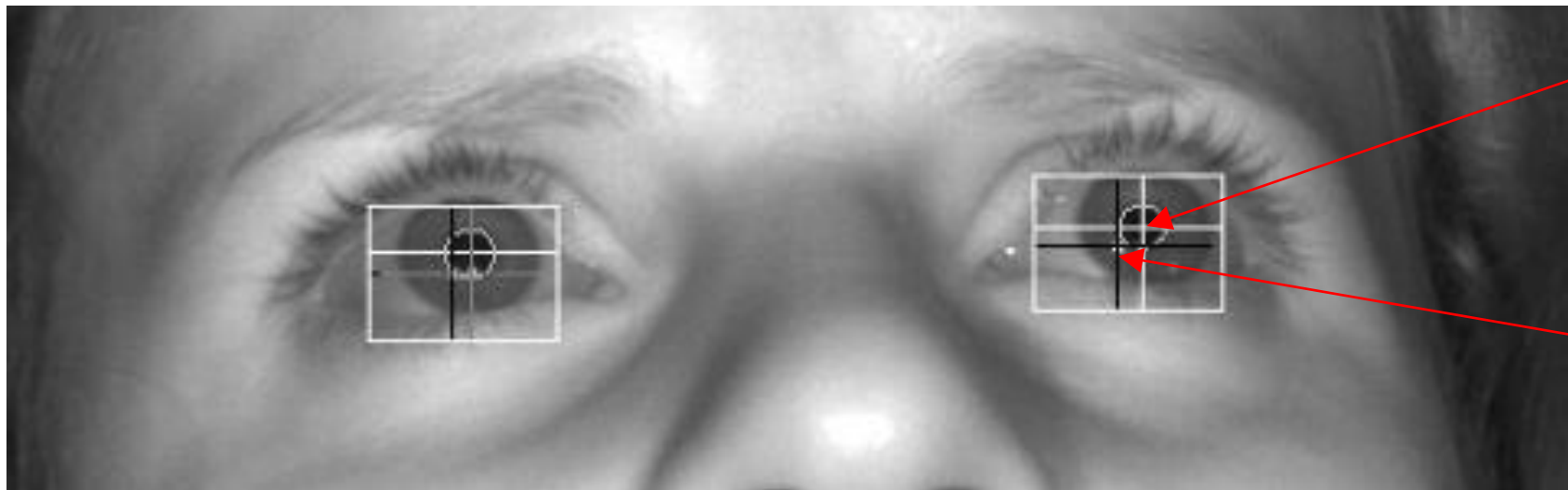
- charakteristika očí musí byť zameraná tak, aby sa odlíšil pohyb hlavy od otáčania oka (fixácia hlavy tak, aby sa zhodovala poloha oka vzhľadom k hlave so smerom pohľadu)



Techniky sledovania pohybu očí

- detekcia **stred**u zrenice a **odrazu od rohovky**

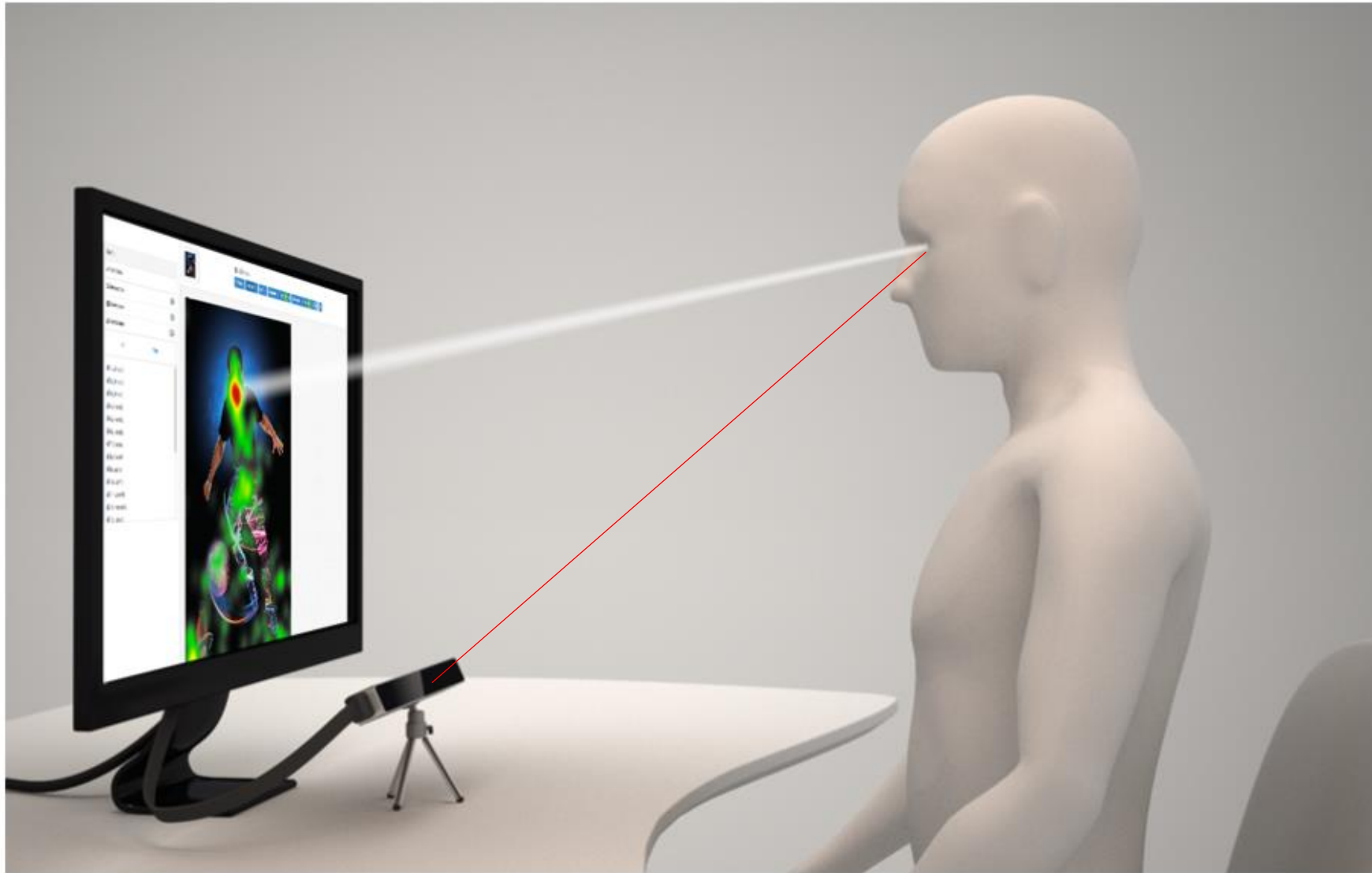
- Pupil and Corneal Reflexion Tracking
- detekcia stred
u zrenice a odrazu infračerveného lúča svetla od rohovky (korneálny odraz)- **Výhoda**: ich vzájomná poloha sa pri otáčaní oka mení, ale pri menších pohyboch hlavy zostáva konštantná



stred zrenice

korneálny odraz

Techniky sledovania pohybu očí



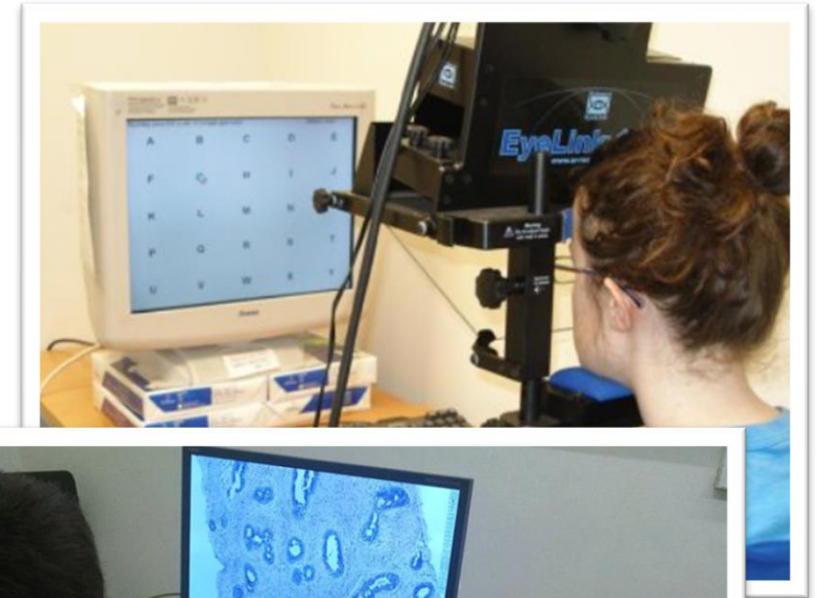
Smer pohľadu (point of regard) – spočítaný na základe určenia vzájomnej polohy **stredú zrenice** a odrazu infračerveného lúča od rohovky (**korneálny odraz**)

Techniky sledovania pohybu očí

- **3 typy eyetrackerov** využívajúcich Pupil and Corneal Reflexion Tracking
- rozdiely v:
 - umiestnení kamery a zdroja infračerveného lúča
 - type získaných dát
 - možnostiach analýzy

1. statický eye-tracker

- kamera aj zdroj infra-lúča umiestnený na stole pred participantom
- 2 podtypy:
 - „tower mounted“
 - ET v tesnom kontakte s participantom
 - zabraňuje pohybom hlavy
 - „remote“
 - bez kontaktu s participantom
 - snímanie z väčšej vzdialenosti
- stimul prezentovaný (typicky) na monitore



Techniky sledovania pohybu očí

2. head mounted ET

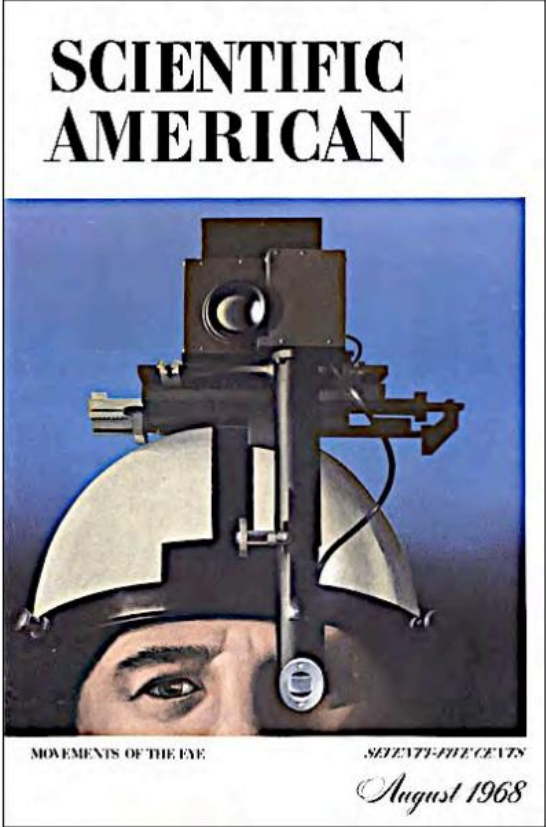
- štandard (typ 1.) – meranie reakcií v kontrolovaných **lab. podmienkach**
- od začiatku ET výskumu záujem o štúdium ľudí v **reálnych podmienkach**, reál. svete
- mobilné systémy umožňujúce sledovanie očí mimo laboratória
- zariadenie (kamera aj zdroj infra-lúča) pripevnené priamo na hlave vo forme okuliarov alebo prilieb



3. k head mounted ET je pripojený „head tracker“

- sníma polohu hlavy v priestore
- uľahčuje analýzu dát z head mounted ET
- ojedinelý

Techniky sledovania pohybu očí



[Thomas (1968) Scientific American]

Techniky sledovania pohybu očí

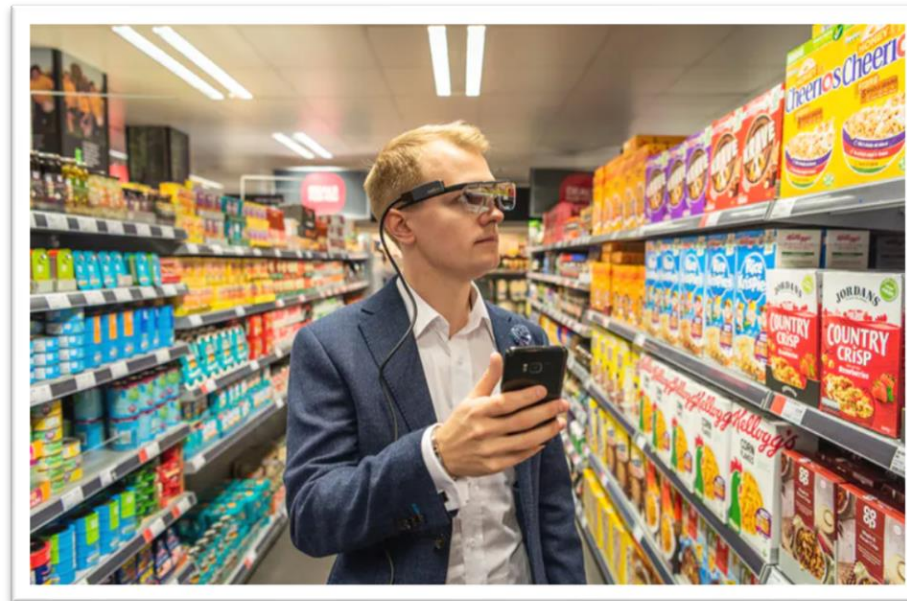
- **statické ET (remote)**
 - jednoduchšie na obsluhu
 - participant ľahko zabudne, že je monitorovaný (výskum detí)
 - existujú aj vo verziách s viacerými kamerami, ak participant potrebuje pohybovať hlavou (letecké simulátory, výskum šoférov)
 - fixné umiestnenie stimulu (monitor, časopis, plocha nad ET)
 - **výstup** – súradnice v rámci fixného súradnicového systému plochy, na ktorej je stimul umiestnený (napr. poloha na monitore monitora)
 - vyžadujú **kalibráciu** (aby sa ET „naučil“, na ktorý bod plochy so stimulom – akú súradnicu - sa oko v daný moment pozerá)
 - priestorové zafixovanie polohy **stimulu** (monitor) – **oka** – **ET**



Techniky sledovania pohybu očí

- **head mounted ET**

- poskytujú participantom maximálnu mobilitu (závisí na veľkosti a váhe)
- bežné aktivity – jazda na bicykli, nakupovanie, hranie tenisu, ...
- obsahujú kameru, ktorá sníma okolie a smer pohľadu
- zariadenie potom vzájomne prekryje súradnice pohybu oka s videom (zjednodušené!)
- omnoho náročnejšie spracovanie dát než pri statickom ET



Techniky sledovania pohybu očí

- **moderné ET** fungujú väčšinou bezkontaktne
- **najčastejšie využívaný princíp** – detekcia zrenice a korneálneho odrazu
- Výrobcovia:



tobii



gaze point



Dizajn ET výskumu

- najdôležitejšia je **výskumná otázka**, eye-tracker je **len nástroj (!!!)** ako ju zodpovedať
- **kvanti. prístup**: VO → konceptualizácia → hypotéza (teória!) → operacionalizácia
- kauzálny vzťah: **nezávislá vs. závislá** premenná
- ET štúdie typicky využívajú metódu **experimentu**:
 - **manipulácia s nezávislou premennou** (napr. veľkosť fontu na pol. letáku)
 - **meranie zmien závislých premenných** – efektu (napr. dobrá riešenia úlohy – napr. zadanie najst' hlavné posolstvo na letáku)
 - **kontrola tretích premenných**, ktoré by mohli spôsobiť zmeny závislej premennej (napr. učenie sa pri opakovanom meraní, alebo individuálne rozdiely participantov – náhodné rozdelenie)
- závislá premenná/meraná hodnota musí zodpovedať:
 - teoretickým predpokladom a hypotézam
 - možnostiam zariadenia
 - použitému stimulu
 - úlohe (zadaniu pre participanta)
 - plánovaným štatistic. analýzám

Dizajn ET výskumu

- **between-subject** design vs. **within subject** design?

	Within-subject experiment	Between-subject experiment
Definice	Všichni respondenti vidí všechny varianty	Každý respondent vidí pouze jednu variantu
Hlavní problém	Learning effect	Interindividuální rozdíly
Počet respondentů	Nižší všichni jsou v jedné skupině	Vyšší potřeba více skupin po X respondentech
Délka experimentu	Delší	Kratší
Porovnání variant	Respondenti mohou porovnat varianty mezi sebou	Respondenti nemohou porovnat varianty mezi sebou

- BS vs WS? – výběr musí zodpovědět výzkumné otázce!

Dizajn ET výskumu

- **kto sú naši respondenti - cieľová populácia? – študenti vs. „verejnosť“**
- **čo presne budeme merať a analyzovať?**
 - informácie o pohybe oka – **fixácie a sakády**
- jedným z najčastejších spôsobov analýzy ET dát je štatistické vyhodnotenie **eye-tracking metrík**
- odvodené (najčastejšie) od **identifikovaných fixácií a sakád**
- vzťahujú sa k stimulu ako celku, alebo len konkrétnej oblasti (**area of interest - AOI**)

MUNI Masarykova univerzita
FSS Fakulta sociálních studií

Hledej ... English

Aktuálně ▾ Pro uchazeče ▾ Výzkum ▾ O nás ▾ Spolupráce ▾

Koronavirus Student Zaměstnanec

Přihlášky do Mgr a PhD studia

Podávejte do 30. dubna 2021

PODAT SI PŘIHLÁŠKU

Kalendář akcí

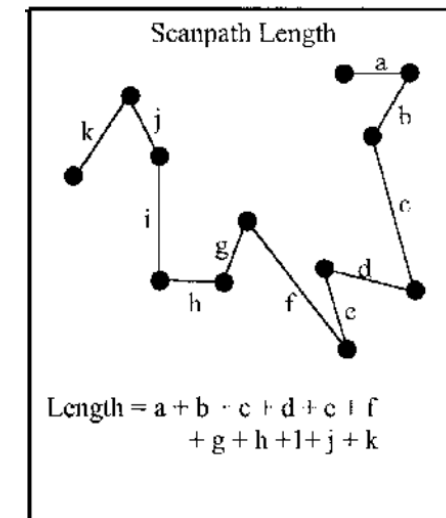
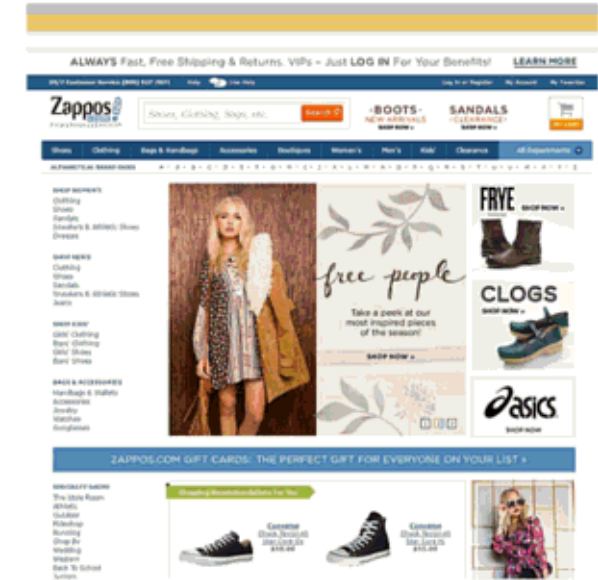
BŘEZEN-KVĚTEN	31.3. - 31.5.	26.4.	31.5.
Czech for Foreign MU Staff and Ph.D. students ↗	Podmínky přijímacího řízení do navazujících magisterských studijních programů ↗	216. zasedání Akademického senátu FSS MU ↗	Cena IUS et SOCIETAS – vyhlášení pro rok 2020/2021
<small>If you are looking for ways how to practice your Czech, MU Language Centre has five different Czech language courses for you. Choose your level by registering and taking a short entrance test. Courses range from A0 to A2-B1. Courses will take place from March to May. Click for more information and registration.</small>	<small>Přijímací řízení do navazujícího magisterského studia s nástupem PODZIM 2021 proběhne distanční formou. Přijímací řízení tedy proběhne pouze na základě doložených materiálů. Požadované materiály je třeba zaslat nejpozději do 31.05.2021 na emailovou adresu prijim@fss.muni.cz. Požadavky jednotlivých studijních programů naleznete</small>	<small>od 16:00 216. zasedání Akademického senátu FSS MU proběhne dne 26. dubna 2021. Jednání začíná v 16:00 hodin a probíhá online na platformě Zoom. Pro připojení použijte link na stránce události.</small>	<small>Vzdělávací nadace Jana Husa ve spolupráci s Právnickou fakultou MU a Fakultou sociálních studií MU vyhlašuje soutěž o nejlepší esej, obsahující zajímavé podněty, pohledy a otázky týkající se role práva a justice ve společnosti.</small>

ET metriky

- **Kategórie ET metrík podľa skúmanej premennej:**
 - **pohyb oka** (Movement measures)
 - **pozícia oka** (Position measures)
 - **počet pohybov** (Numerosity measures)
 - **reakčný čas a vzdialenosť** (Latency and Distance measures)

1. analýza pohybu oka

- ktorým smerom, akou rýchlosťou a ako dlho sa oko v určitom čase pohybovalo
- aký tvar mala trajektória pohybu
- v akom poradí oko „navštívilo“ jednotlivé definované AOI
- **Scanpath Length** (dĺžka trajektórie pohybu, v ms, pixeloch alebo počte fixácií)
- **Scanpath comparison** (porovnanie trajektórií)



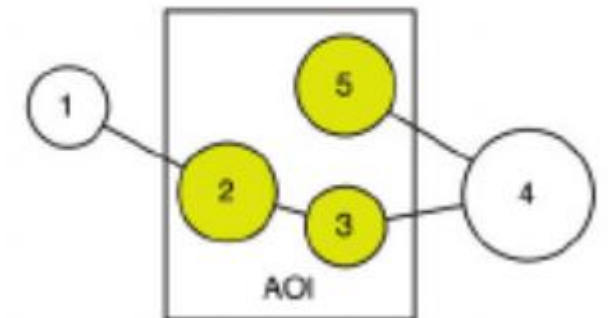
ET metriky

2. analýza **pozície oka**

- kam sa človek v určitom čase pozerá
- ktorá časť stimulu respondentu zaujala, koľko času sledovaním daných AOI strávil
- **Fixation Duration**
 - dĺžka fixácie, v ms
 - dlhšia fixácia = vyššia pútavosť oblasti stimulu
- **Total Dwell Time** (tiež označované ako Total Viewing Time)
 - ukazuje, koľko času strávil participant pohľadom v definovanej oblasti stimulu (AOI)
 - v milisekundách alebo percentuálnom podiele z celkového času sledovania stimulu

3. analýza **počtu pohybov**

- počet fixácií, sakád alebo žmurknutí
- koľko krát sa participant vrátil pohľadom do konkrétnej oblasti
- **Fixation Count**
 - počet fixácií v konkrétnej oblasti (AOI)



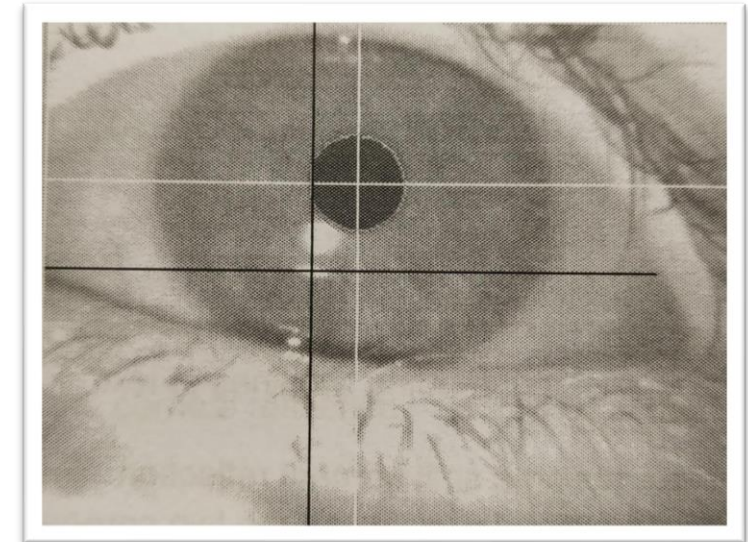
ET metriky

4. analýza **reakčného času a vzdialenosti**

- vzdialenosť a omeškanie jednej udalosti za druhou
- napr. vzdialenosť pohľadu od kurzoru myši
- ***Time to First Fixation***
 - čas, ktorý ubehol od začiatku experimentu po prvú fixáciu (v konkrétnej AOI)
- **Analýza nameraných dát:** štandardné testovanie hypotéz pomocou štatistických metód (napr. porovnanie priemerov, korelačný koeficient, regresná analýza a pod.)

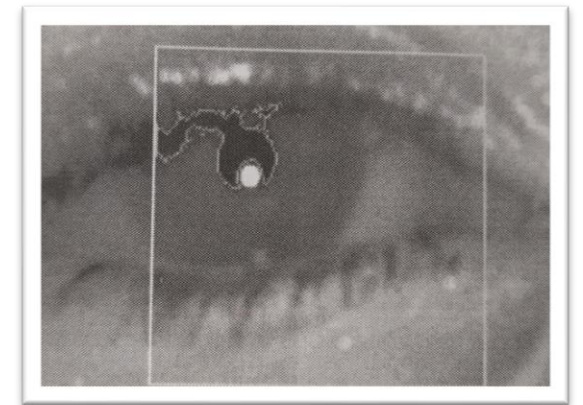
Ako by malo vyzeráť ET laboratórium?

- **závisí na výskumnej otázke (stimule) a type zariadenia**
 - statické vs. head mounted ET (lab. vs real-life)
- väčšina prípadov: stimul prezentovaný **na monitore** (real-life situácie a prostredie len výnimočne)
- **odizolovaný** priestor/miestnosť (zvukovo aj svetelne)
- **bez rušivých prvkov** – napr. oddelená kabínka
- **bez okien**, prípadne s možnosťou zatemnenia (minimalizovať priame slnečné svetlo)
- použiť **umelé osvetlenie** – najlepšie neónové (menej infračerveného svetla), najhoršie halogénové
- pozor na **príliš málo svetla** → veľkosť zrenice
- participantov testovať **jedného po druhom** (menej rušivé, kvalitnejšie dáta)



Skôr než začneme merať ...

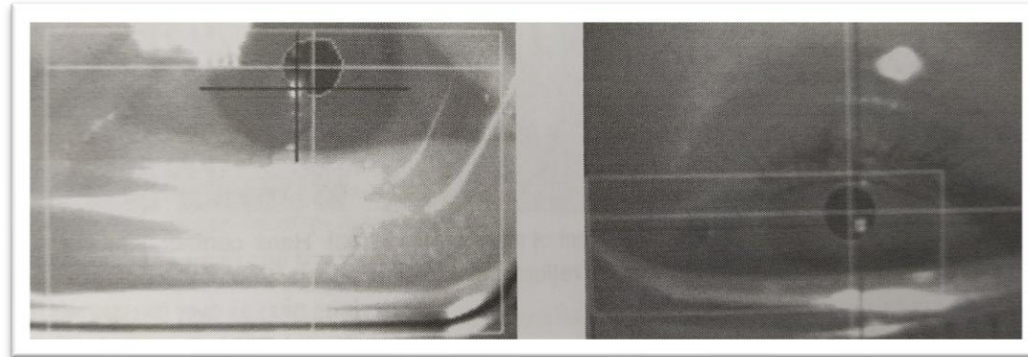
- **správne nastavenie** = kvalitné dáta
- umiestnenie (remote) ET:
 - mierne pod smerom pohľadu (pod stimulom)
 - príliš nízko/vysoko → problém detekovať odraz infra-lúča resp. stred zrenice („zavádzajú“ viečka)
 - primeraná vzdialenosť participanta od zariadenia
- pri **snímaní len jedného oka** – vopred zistiť, ktoré je **dominantné** (u 2/3 populácie pravé)
- **maskara**
 - môže výrazne ovplyvniť kvalitu záznamu
 - mihalnice bránia kamere v snímaní príp. je chybné detekovaný stred zrenice
 - riešenie: upozorniť participantov vopred, prípadne požiadať o odstránenie
- pozor na **ochabnuté viečka**
 - najmä pri starších participantoch, osobná charakteristika príp. spôsobené únavou
 - riešenie: upraviť polohu (ET/participanta), poprosiť aby prišiel v inom čase, fixovať viečko (krajné riešenie)



Skôr než začneme merať ...

- **okuliare**

- sklo/rám **zhoršuje prienik svetla k oku** (problémy s detekciou)
- sklo odráža svetlo/odrazy späť do oka → vznikajú **falošné korneálne odrazy**
- **odrazy** infračerveného lúča od skiel
- problém sa zväčšuje pri **silných dioptriách, poškrábaných** sklách, sklách s **reflexnou vrstvou**
- **riešenie: problematické** (upraviť polohu zariadenia, požiadať participanta o zloženie okuliarov)



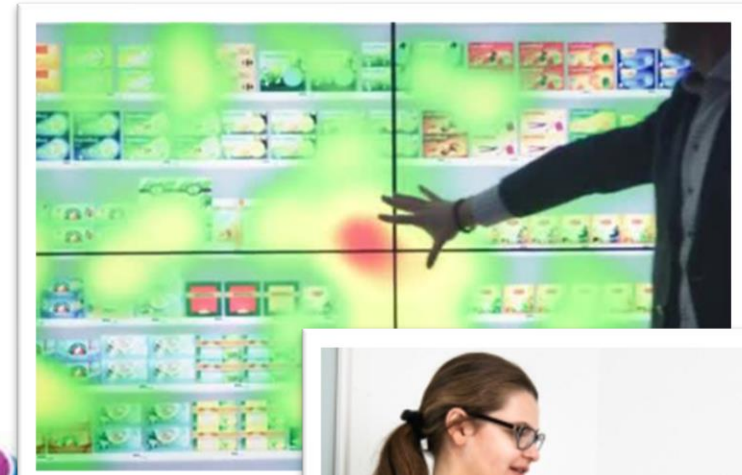
- **kontaktné šošovky**

- vytvárajú sa drobné **vzduchové bublinky** medzi šošovkou a okom → **odrazy**
- riešenie: podobné ako pri okuliaroch

Využitie ET?

- marketing
 - dizajn (obaly produktov)
 - psychologické štúdie (poruchy pozornosti)
 - medicína
 - lingvistika
 - zoologia
-
- politická veda?

Nabudúce!



Kate was turning ten years old. Her mum had planned an amazing birthday party. She baked a huge cake decorated with purple icing. Her brother put up colourful balloons and they hung a large door. Kate's whole class was invited and presents. They played a game of Pass the present wrapped in red paper. Kate enjoyed the Donkey. Her mum had a large poster of with a grey tail on the wall. Kate's favourite blowing out her candles.

