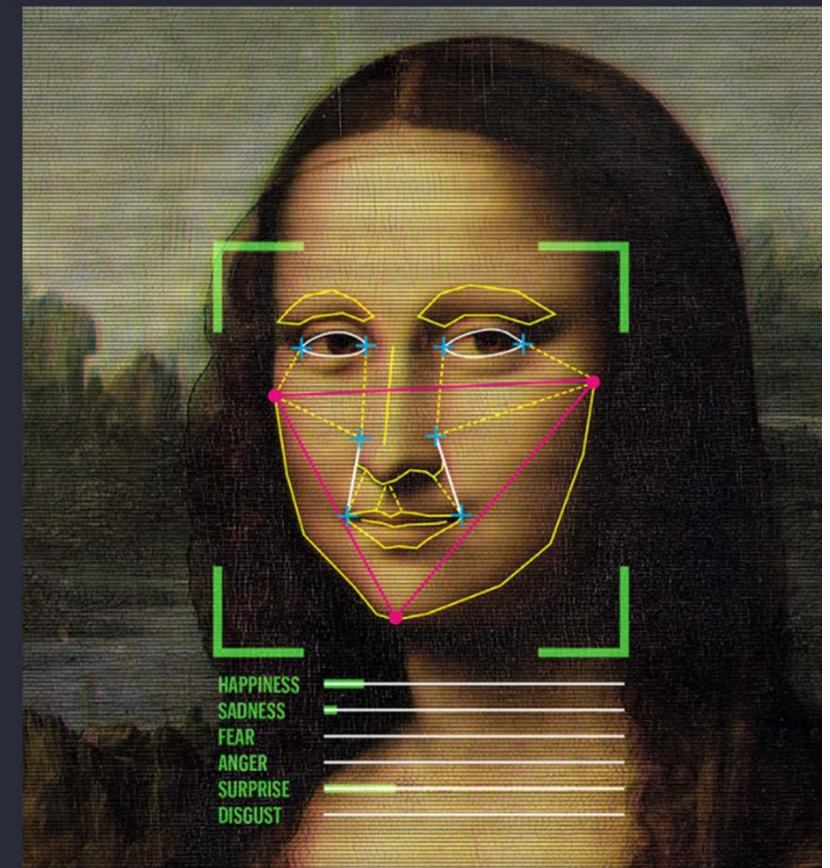
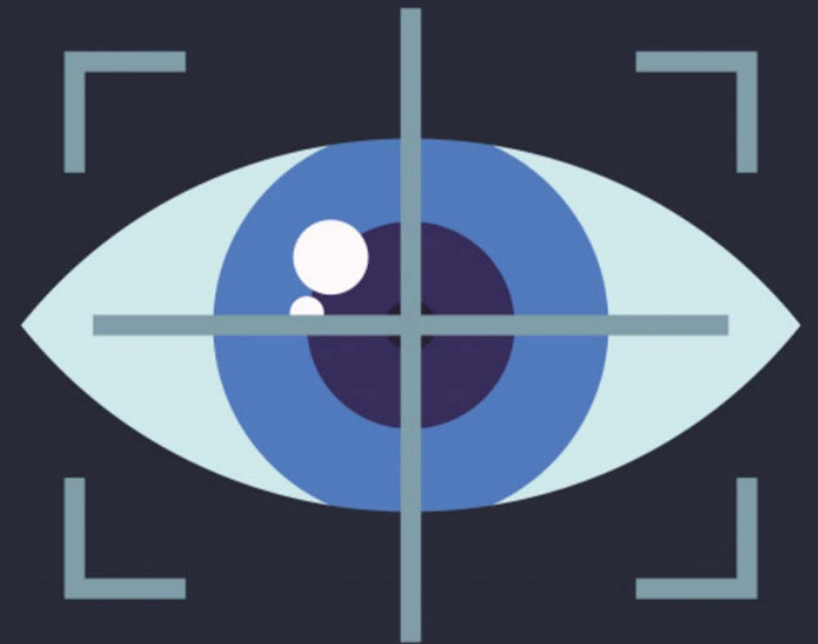


# Pokročilé laboratorní metody sběru dat

BSSn4405 Koncepce a metody výzkumu  
v bezpečnostních a strategických  
studii

Michal Tóth  
Jaro 2023

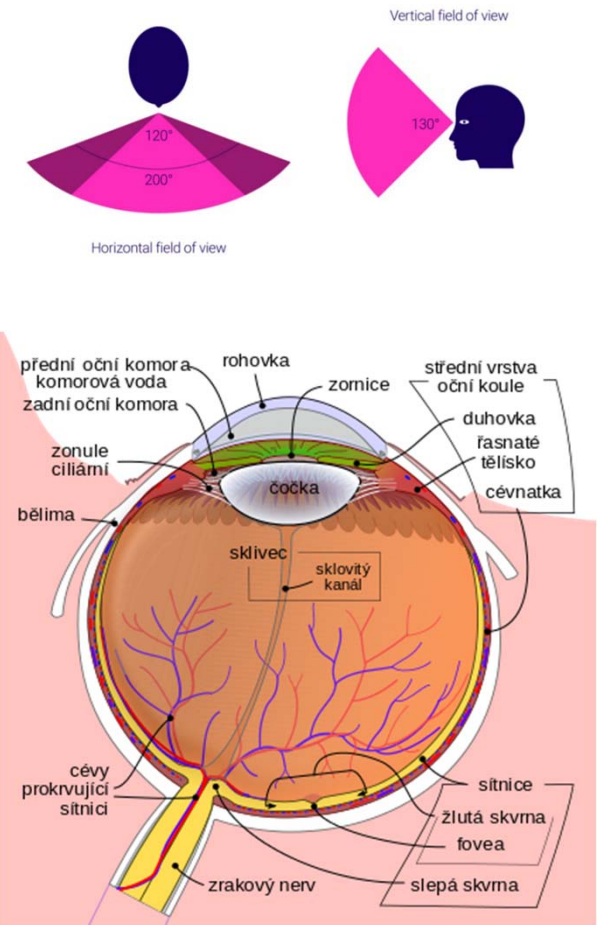




# Sledovanie pohybu očí Eye-tracking

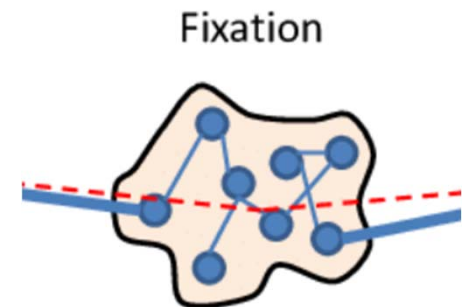
# Ľudské oko – základ ET

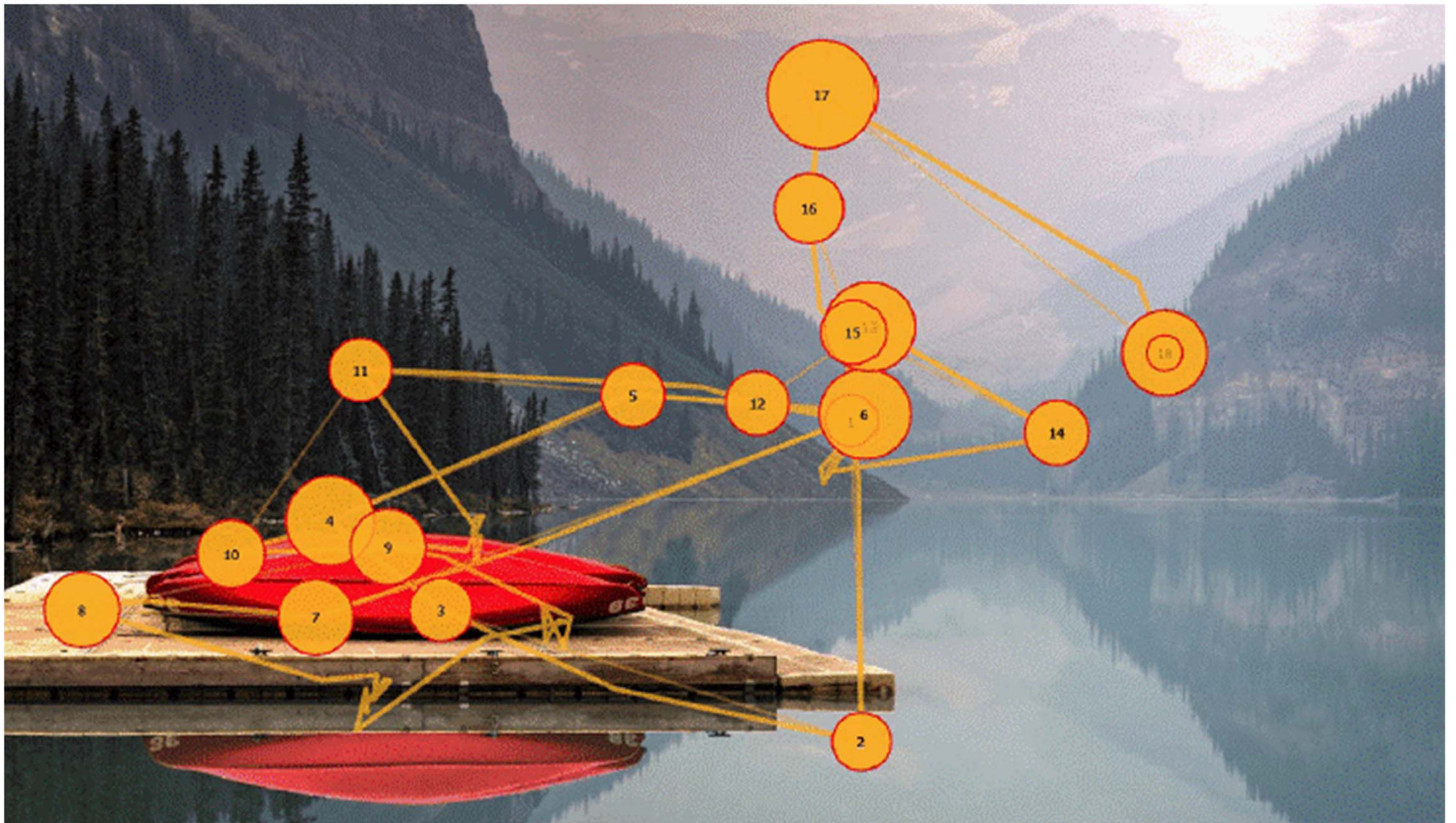
- **dôležité pre pochopenie princípu eye-trackingu**
- približne guľovitý tvar s priemerom cca **2,3 cm**
- oči dohromady poskytujú obraz priestoru v rozpätí cca **200° na šírku a 130° na výšku**
- **v jeden okamihu** vnímajú ostro len obmedzenú časť tohoto priestoru – **1-2° priestoru** (cca veľkosť 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**
  - vonkajšia časť oka
  - dôležitá pre ET (odráža svetelné lúče)



# Ľudské oko – pohyby

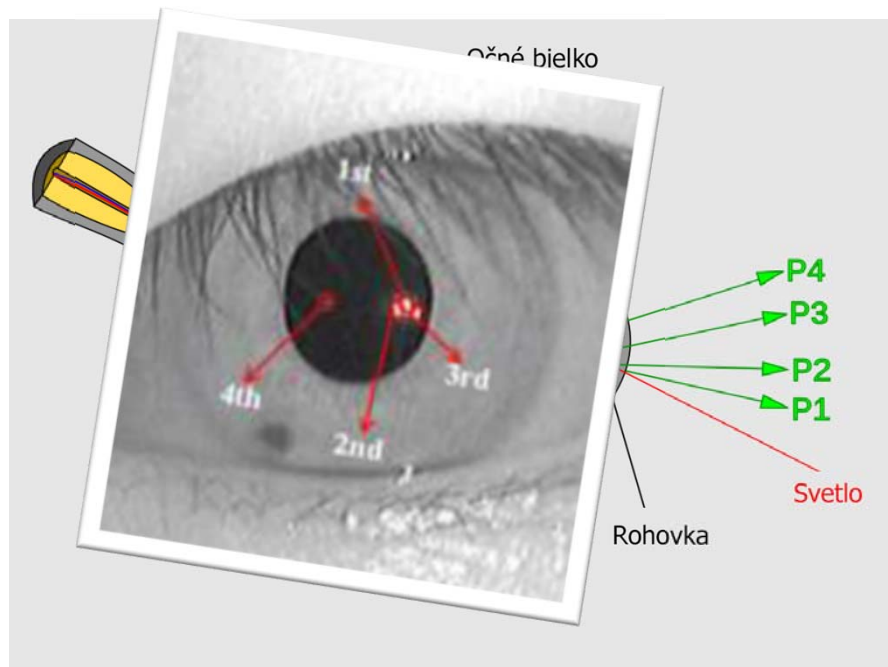
- oko ostro vníma len čas priestoru → potreba **neustáleho pohybu**
- **jeden z najdôležitejších pohybov oka** nie je vo svojej podstate pohyb
- **FIXÁCIA**
  - schopnosť oka udržať sa zamerané na určitý bod v priestore
  - niekoľko desiatok ms až sekúnd
  - oko **nie je nikdy ÚPLNE fixované** - mikrosakády, tremor (tras)
  - zložením väčšieho množstva fixácií vzniká **vizuálny vnem**
- **SAKÁDA**
  - presun oka z jednej fixácie na druhú
  - rýchly balistický pohyb (až  $500^\circ$ /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? (ručičky na hodinkách?)





# História eye-trackingu

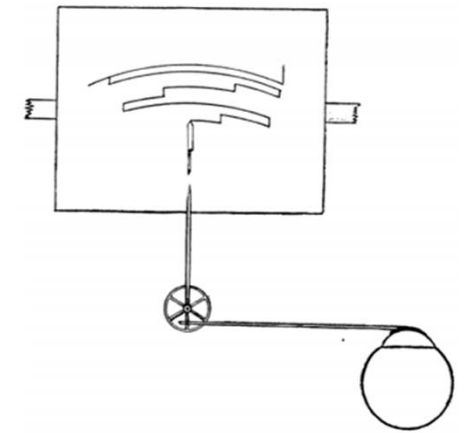
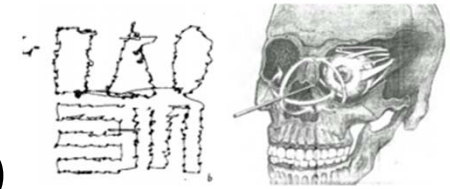
- už v antickom grécku (Aristoteles, Ptolemaios)
- **Jan Evangelista Purkyně** (19. stor.), fyziológ, anatóm, biológ
- popísal obrazy tvorené odražaním svetla od povrchu oka – tzv. **Purkyňove obrázky** → **presný záznam polohy oka**
- tmavá miestnosť, sviečka cca 30 cm pred očami → 4 svetlolomné plochy → 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 (výskum pohybu oka počas čítania)
- **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 **sadrovej misky na oku** a pripevneného drôtu
- **presné pri pomalých pohyboch**, rýchlejšie (prirodzenejšie) pohyby - problematická interpretácia
- **bolestivá** procedúra – znecitlivenie oka kokainom



# 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 sledovania pohybu oka (rôzna presnosť a možnosti) – **Purkyňove obrázky doposiaľ neprekonané**

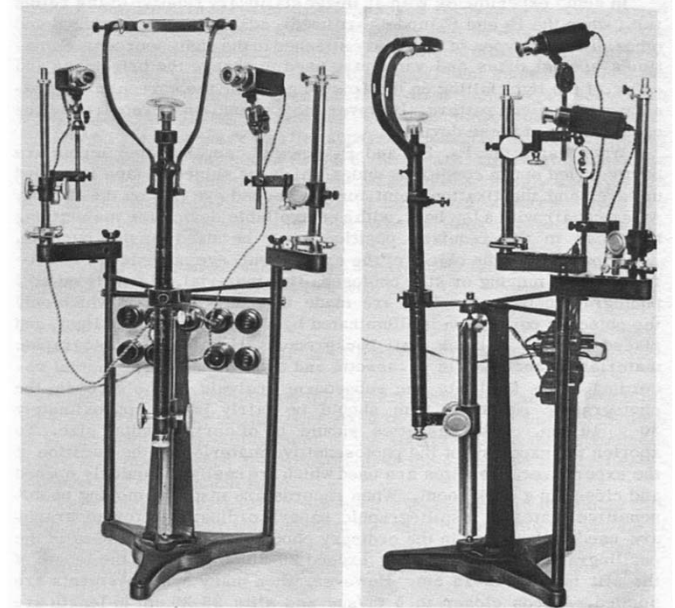
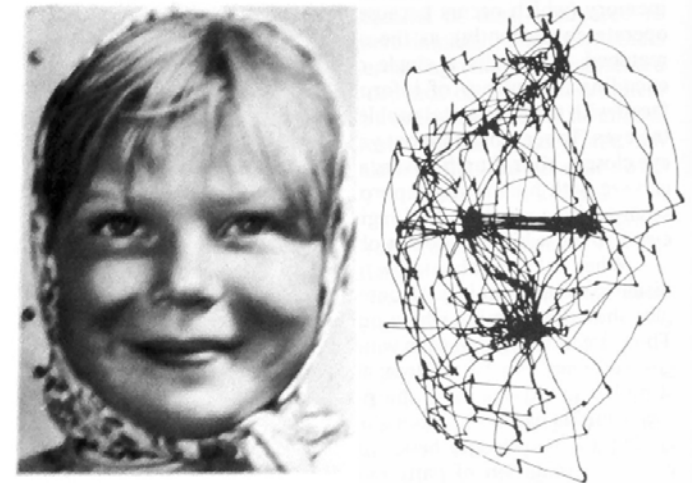


Fig. 21. The apparatus used in recording eye movements.







Free examination.

1



2

Estimate material circumstances of the family



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

Yarbus (1967)

# Techniky sledovania pohybu očí

- **2 základné** typy techník sledovania pohybu oka:
  - 1. meranie **polohy oka vzhľadom k polohe hlavy** (invazívne – nutnosť pripojenia zariadenia k hlave alebo oku)
  - 2. meranie **polohy oka v priestore** (vzhľadom na vizuálnu scénu) – kam sa človek pozerá („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)
  - najmenej presná
  
- využitie **kontaktnej šošovky**
  - veľmi presná
  - 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
  - náročná a **neprijemná** aplikácia



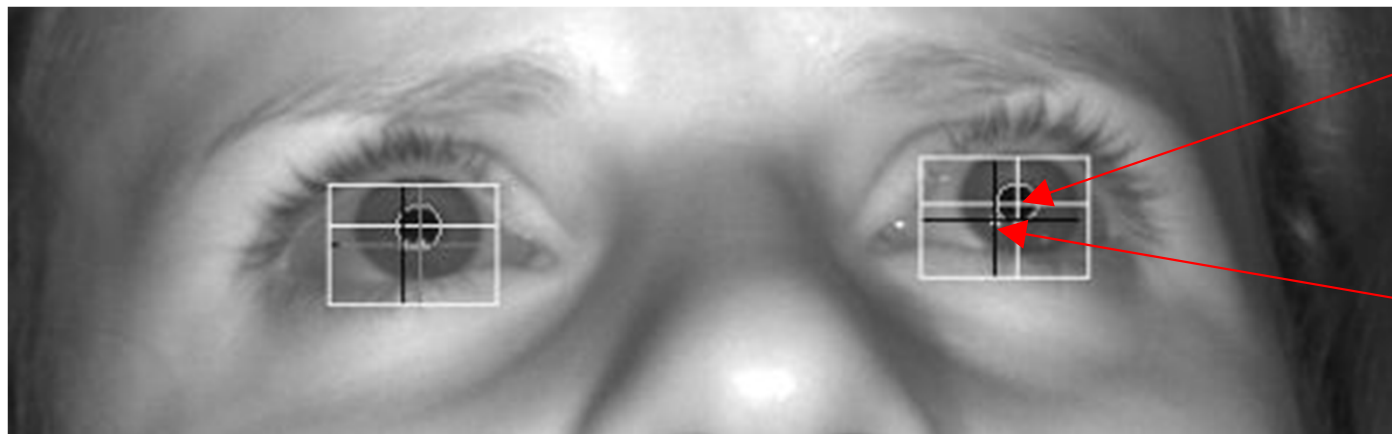
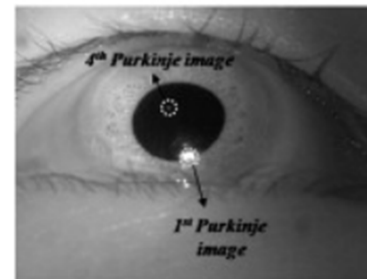
# Techniky sledovania pohybu očí

- **foto- alebo videookulografia**
  - meranie a analýza pozície/tvaru rozlíšiteľných častí oka
  - napr. detekcia tvaru zrenice, príp. vzájomná pozícia častí oka
  - interpretuje sa **videozáznam pohybu oka** (zdlhavé, náchylné k chybám)



# Techniky sledovania pohybu očí

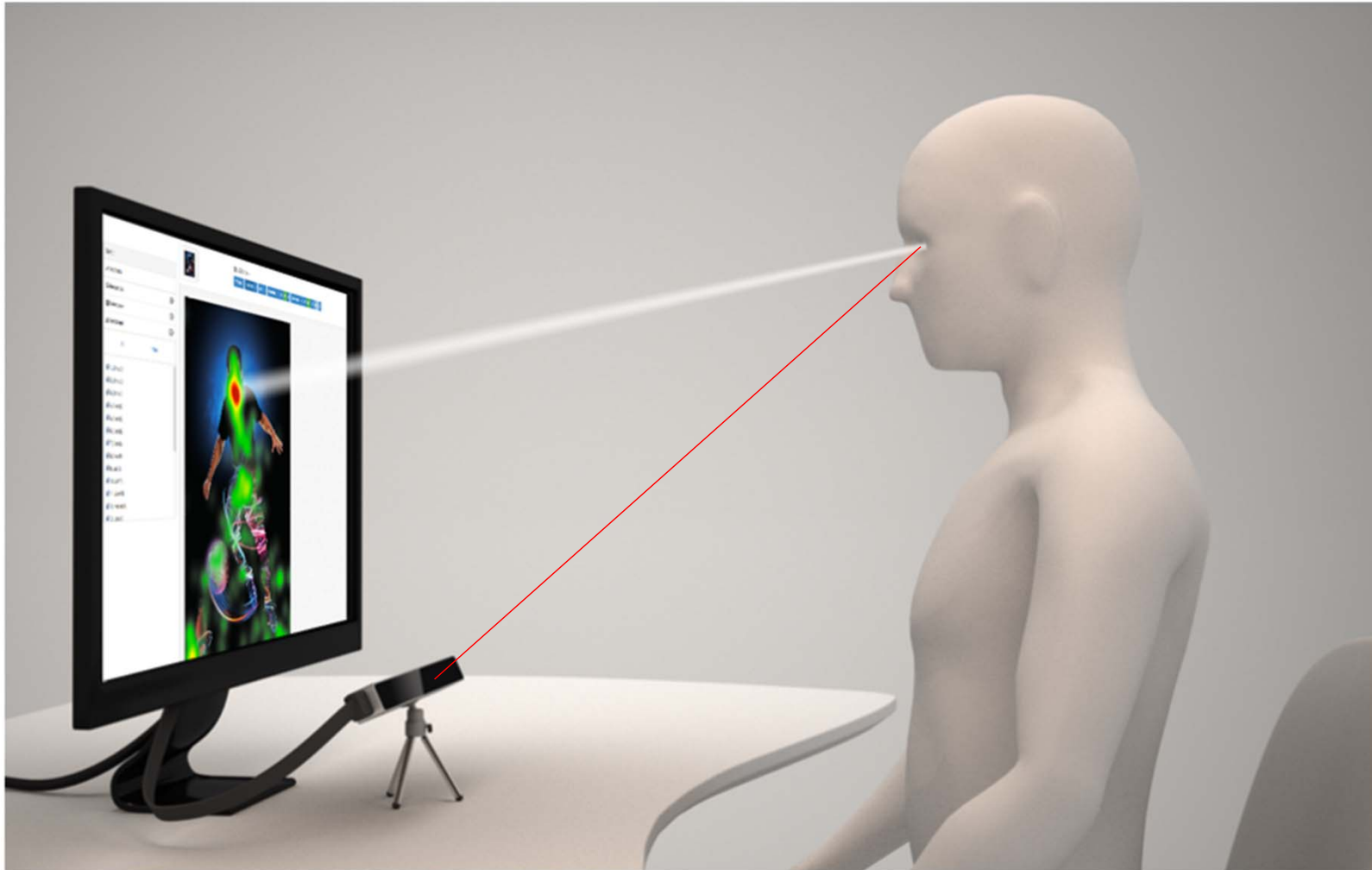
- detekcia **stred**u zrenice a **odrazu od rohovky**
  - **Pupil and Corneal Reflexion Tracking** (dnes najčastejšie využívaná technika)
  - detekcia **stred**u zrenice a **odrazu infračerveného lúča svetla od rohovky** (korneálny odraz)
  - **1. Purkyňov obrázok**



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 (veľmi presný)
  - „**remote**“
    - bez kontaktu s participantom
    - snímanie z väčšej vzdialenosti
- stimul prezentovaný (typicky) na monitore



# Techniky sledovania pohybu očí

## 2. head mounted ET

- statické ET – 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





# Dizajn ET výskumu

- **kto sú naši respondenti** - cieľová populácia? – študenti vs. „verejnosť“
- **čo presne** budeme merať a analyzovať?
  - ktoré informácie o pohybe oka? – **fixácie vs. sakády**
- **ako** to budeme analyzovať?
  - 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

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

**Přihlášky do Mgr a PhD studia**  
Podávejte do 30. dubna 2022

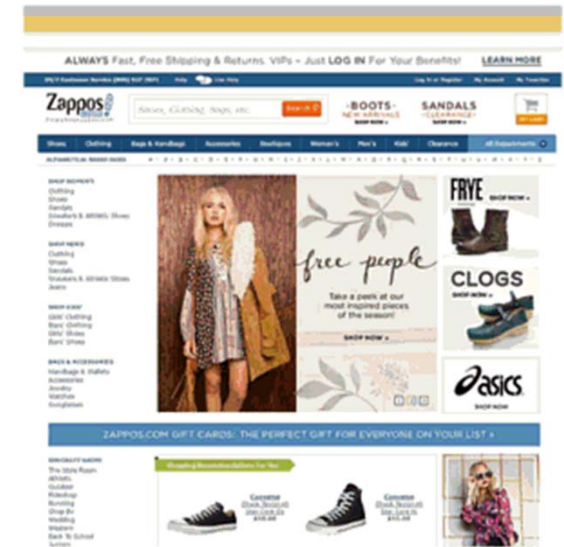
PODAT SI PŘIHLÁŠKU

### Kalendář akcí

23. 4.	25. 4.	12. 5.
<b>The 10th European LibertyCon - 2022</b> <a href="#">↗</a>	<b>226. zasedání Akademického senátu FSS MU</b> <a href="#">↗</a>	<b>Evropské dialogy Václava Havla: Pravda politiky a politika pravdy</b>
Cílem konference <b>LibertyCon</b> je podnítit diskusi o důležitých a aktuálních otázkách svobody na celém světě, stejně tak jako pomoci navázat kontakty mezi více než 700 studenty, mezinárodními organizacemi a vynikajícími řečníky. Mezi řečníky konference patří Leszek Balcerowicz - bývalý polský podpředseda vlády, ale aj	10:00 226. zasedání Akademického senátu FSS MU proběhne dne 25. dubna 2022 v 10:00 on-line.	18:00 Evropské dialogy Václava Havla jsou mezinárodním projektem, jenž si klade za cíl otevírat a vést diskusi o tématech určujících

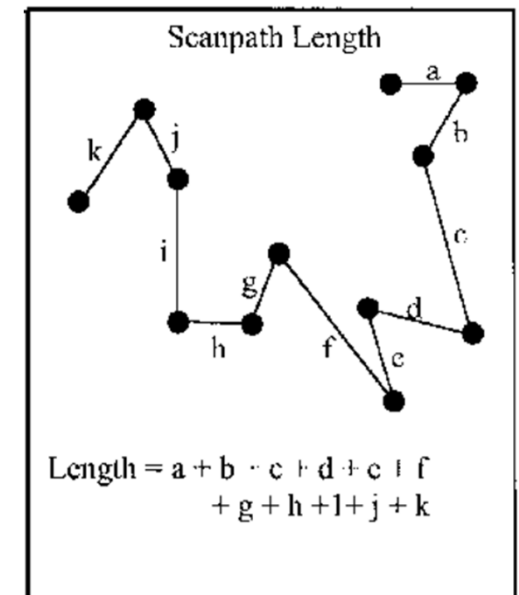
# ET metriky

- **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 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 respondenta **zaujala**, koľko **času** sledovaním daných AOI strávil
- **Fixation Duration**
  - 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)

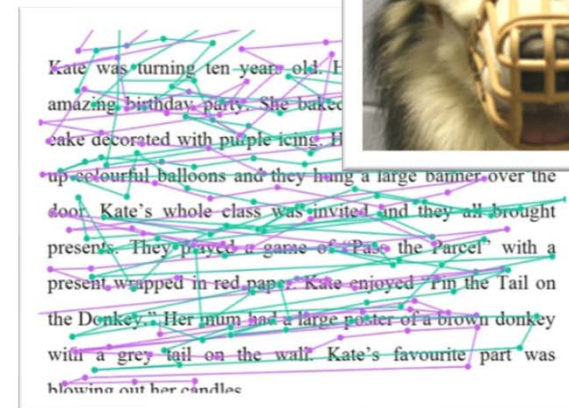
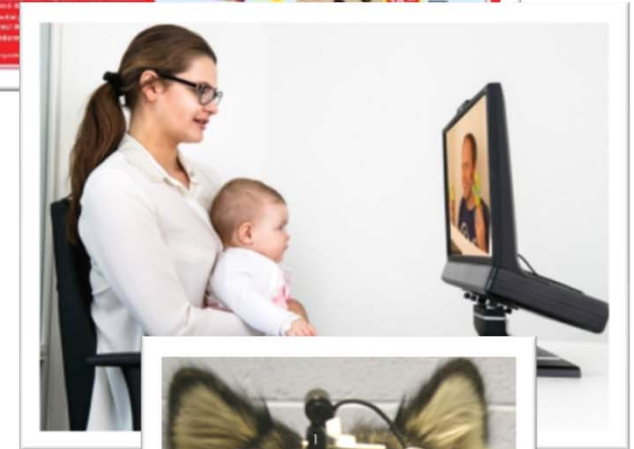
# Ako by malo vyzerat' ET laboratórium?

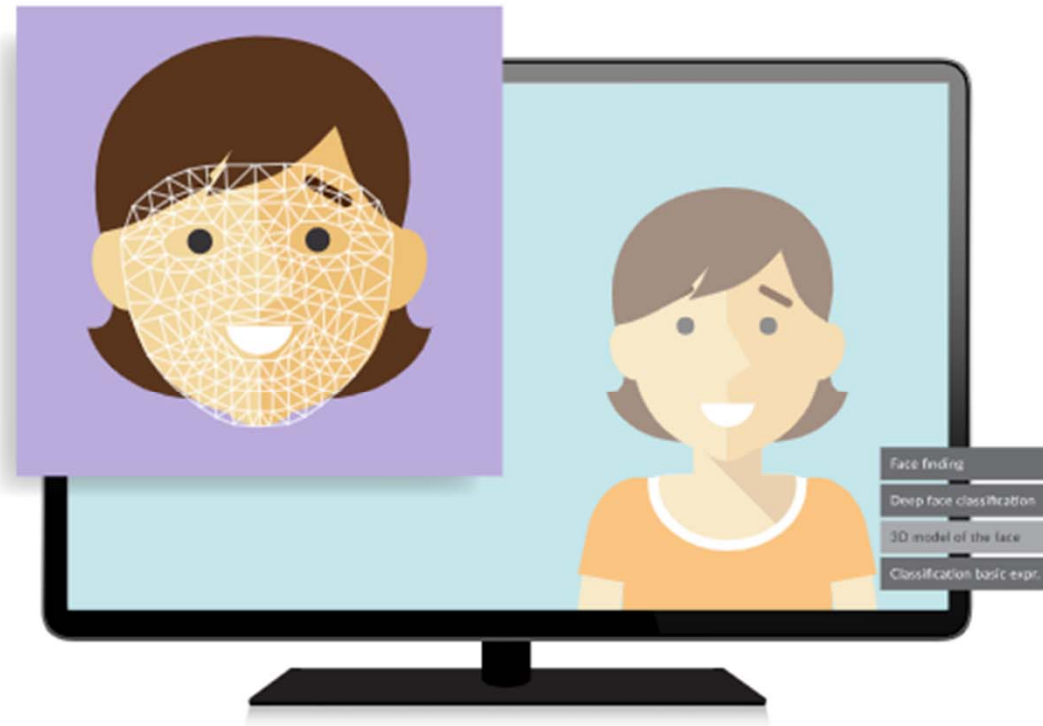
- **závisí na výskumnej otázke** (stimule) a **type** (dostupného) **zariadenia**
  - statické vs. head mounted ET (lab. vs real-life)
- väčšina prípadov: stimul prezentovaný **na monitore** (real-life situácie a prostredie len výnimočne)
- **odizolovaný** priestor/miestnosť (zvukovo aj svetelne)
- **bez 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)
- pozor na vlastnosti participantov (okuliare, maskara, ochabnuté viečka)



# Využitie ET?

- marketing
- dizajn (obaly produktov)
- klinické štúdie (poruchy pozornosti)
- medicína
- lingvistika
- zoologia
- sociálne vedy
  - (selektívne) vnímanie informácií
  - informačná bezpečnosť (phishingové emaily)

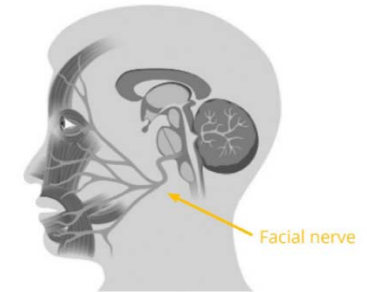




# Automatická analýza výrazov tváře - emócií

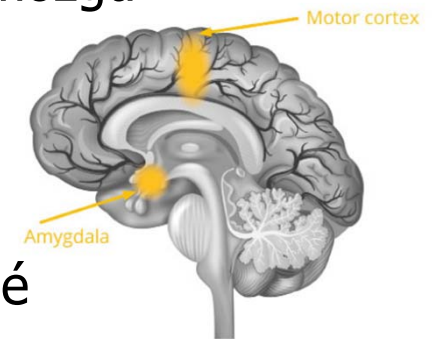
# Analýza výrazov tváre

- **Ľudská tvár** = jeden z **najviditeľnejších** indikátorov emócií (smiech, plač, ...) → signál pre ostatných
- tvár – **komplexný svalový systém** (40, štrukturálne a funkčne nezávislé jeden na druhom)
- → umožňuje **neverbálnu** sociálnu **komunikáciu**
- takmer všetky tvárové svaly **ovládané jediným tvárovým nervom**
- tvárové svaly a emocionálne procesy ovládané tou istou časťou mozgu



- **AMYGDALA**

- spracováva stimuly navodzujúce **strach** ale aj **potešenie**
- zodpovedná za **automatické reakcie organizmu** na emočné vzrušenie
- reguluje **hladinu kortizolu** v krvi (a ďalších stres. hormónov), tep, dýchanie, zodpovedná za viditeľné (autom.) prejavy emo- správania → postoj tela, **výraz tváre**



# Analýza výrazov tváre

- **1988 – Fritz Strack a kol.**
  - výrazy tváre a emócie sú úzko prepojené
  - respondenti hodnotili kreslené vtipy
  - počas toho držali v ústach pero
    - 1. zubami bez dotyku pier (imitácia úsmevu)
    - 2. len perami
  - zistenie: prvá skupina hodnotila vtipy ako **zábavnejšie**
  - „*facial feedback hypothesis*“ → selektívna **aktivácia tvárových svalov** má silný vplyv na **emocionálnu reakciu**





# Analýza výrazov tváre

- **Môžeme emócie prejavené výrazom tváre klasifikovať?**
- tvárové svaly dokážu vyprodukovať tisíce mierne odlišných kombinácií výrazov tváre
- iba málo z nich vytvorí **charakteristickú, rozlíšiteľnú, UNIVERZÁLNU** konfiguráciu, ktorú ktokoľvek asociuje s konkrétnou emóciou (rozlíšiteľná bez rozdielu veku, pohlavia, kultúrneho pozadia, ...)
- 1967 - **Paul Ekman**, skúmal izolovaných domorodcov (Papua Nová Guinea)
  - **6 základných, univerzálnych emócií**

Ekman sám uviedol, že 6 základných emócií vybral z „praktického“ dôvodu (napr. **vina** alebo **hanba** sa nedá na tvári pozorovať )

Disgust



znechutenie

Joy



radosť

Anger



hnev

Surprise



prekvapenie

Fear



strach

Contempt



opovrhnutie

Sadness



smútok

# Techniky analýzy výrazov tváre

najpoužívanejšie spôsoby:

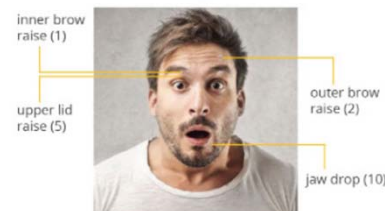
## 1. sledovanie tváre a manuálne kódovanie tvárovej aktivity

- založené na metóde vyvinutej **Ekmanom** a spol (1978, vylepšený v 2002)
- **Facial Action Coding System (FACS)**
- štandardizovaný klasifikačný systém tvárových výrazov
- určený primárne ľudským kodérom (expertom) – pozorné **sledovanie videa** tváre → hľadanie konkrétnych **kombinácií** základných komponentov tvárových výrazov - tzv. **Action units**
- **Action units**
  - konkrétne kombinácie svalov alebo svalových skupiny
  - 62 AUs
  - kombináciou viacerých AUs vzniká identifikovateľný výraz tváre
- **POZOR:** pomocou FACS sa **nečítajú/nedetekujú emócie** – je to len **system merania** tvárových výrazov (bez interpretácií)

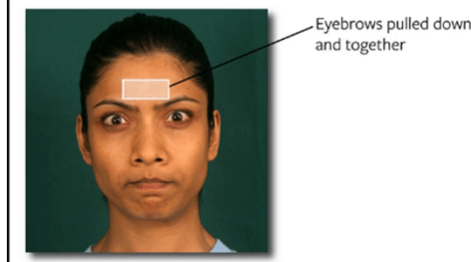
Happy



Surprised



The Face of Anger



AU Description Facial muscle Example image

**1** Inner Brow Raiser *Frontalis, pars medialis*



**2** Outer Brow Raiser *Frontalis, pars lateralis*



**4** Brow Lowerer *Corrugator supercilii, Depressor supercilii*



**5** Upper Lid Raiser *Levator palpebrae superioris*



**6** Cheek Raiser *Orbicularis oculi, pars orbitalis*



**7** Lid Tightener *Orbicularis oculi, pars palpebralis*



**9** Nose Wrinkler *Levator labii superioris alaeque nasi*



**10** Upper Lip Raiser *Levator labii superioris*



**11** Nasolabial Deepener *Zygomaticus minor*



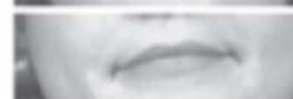
**12** Lip Corner Puller *Zygomaticus major*



**13** Cheek Puffer *Levator anguli oris (a.k.a. Caninus)*



**14** Dimpler *Buccinator*



**15** Lip Corner Depressor *Depressor anguli oris (a.k.a. Triangularis)*



**16** Lower Lip Depressor *Depressor labii inferioris*



**17** Chin Raiser *Mentalis*



**18** Lip Puckerer *Incisivii labii superioris and Incisivii labii inferioris*



**20** Lip stretcher *Risorius with platysma*



**22** Lip Funneler *Orbicularis oris*



**23** Lip Tightener *Orbicularis oris*



**24** Lip Pressor *Orbicularis oris*



**25** Lips parted *Depressor labii inferioris or relaxation of Mentalis, or*



# Techniky analýzy výrazov tváre

## • silné stránky FACS

- + **objektívna** a **reliabilná** metóda na **popísanie (!) VÝRAZOV tváre** (k interpretácií dochádza až počas analýzy)
- + vysoká **zjavná validita**, *face validity* – popis výrazov založený na **viditeľných zmenách** tvárového tkaniva
- + **univerzálna** metóda ako popísať výrazy tváre (nepodlieha kultúrnym či sociálnym vplyvom)

## • slabé stránky FACS

- - náročné zmerať intenzitu výrazov (napr. horný limit zdvihnutia obočia?)
- - vyžaduje kvalitné záznamové zariadenie (video vo vysokom rozlíšení)
- - vyžaduje trénovaného experta (certifikát) → drahé (1 minúta videozáznamu ~ 100 minút kódovania)

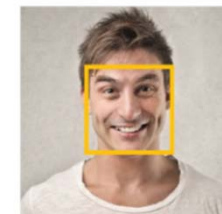
→ **vznik automatických techník** - computer-based, machine-learning algoritmy

# Automatická analýza výrazov tváre

- pokrok v oblasti **strojového učenia** → relatívne dostupná technológia (už dávno nie sci-fi – napr. aplikácie v FB Messengeri alebo IG)
- záznamové zariadenie – bežná kamera (notebook, tablet, smartphone)
- **základný** (zjednodušený) **princíp**:
  - 1) Detekcia tváre
  - 2) Detekcia kľúčových orientačných bodov na tvár
  - 3) Klasifikácia výrazu tváre → emócie
- **Detekcia tváre**
  - video rozložené na jednotlivé obrázky → algoritmy (Viola Jones Cascaded Classifier) → box ohraničujúci tvár
- **Detekcia orientačných bodov**
  - oči, kútiky očí, obočie, kútiky úst, špička nosa, ... → zjednodušený model tváre
- **Klasifikácia**
  - model tváre spracovaný klasifikačným algoritmom → orientačné body prevedené na AUs → popis výrazu tváre (príp. emócie)



Face Detection



# Využitie automatickej analýzy výrazov tváre

- všade tam, kde očakávame emocionálnu reakciu na vonkajší podnet (fyzický objekt, video, obrázok ,...)
- **neuromarketing** (neurovýskum spotrebiteľského správania)
  - dotazníky a selfreporty skresľujú (autocenzúra, sociálna dezirabilita ,...)
  - analýza výrazu tváre môže pomôcť zachytiť **podvedomé/mimovoľné reakcie** na TOVAR, **PRODUKT**
- **mediálny výskum a reklama**
  - TV reklamy, trailery, piloty (identifikácia scén spôsobujúcich nevhodnú emo-reakciu)
- **psychologický výskum**
  - základný a aplikovaný výskum reakcií na rôzne stimuly (testovanie psych. teórií), psychologický výskum osobnosti, kognitívny výskum
- **klinická psychológia a psychoterapia**
  - liečba porúch autistického spektra (napr. u detí), porúch osobnosti
- **plastická chirurgia**
  - identifikácia poškodenia tvárových nervov po nehodách, podpora pri rehabilitácií po operáciách tváre
- **vývoj umelej inteligencie**
  - schopnosť zariadenia automaticky reagovať na emocionálny stav užívateľa
  - zábava – aplikácie v smartphonoch

# Využitie automatickej analýzy výrazov tváre

- **BSS**

- Mgr. Pavla Sedláčková (KPOL FSS MU)
  - *„Experimentální výzkum vlivu terorismu na emoce: Metody měření emočních reakcí lidí na prezentaci terorismu“*
- dr. Veronika Fajmonová (VŠE)
  - *„Globální terorismus z pohledu konstruktivismu“*
- projekt **EXKYB** (KPOL FSS MU)
  - *„Experimentální výzkum individuálních reakcí na hrozby v kyberprostoru“*



# Má analýza výrazov tváre stále pravdu?

- základný **Ekmanov predpoklad** (univerzálnosť emocionálnych výrazov tváre) dlho **bezvýhradne prijímaný**
- nové zistenia v poslednej dobe → je to celé **možno komplikovanejšie** (?)
- **Lisa Feldman Barrett**
  - spochybnenie predpokladu, že tvár nie je schopná skryť emócie
  - ľudia dokážu emócie **predstierať**
  - dokážu tiež **prežívať emócie bez toho aby pohli tvárou**
  - → nezhody medzi výskumnými → prešli vyše 1000 akad. článkov
  - → **zistenie** lit. review: vedecké **dôkazy**, že človek vie spoľahlivo identifikovať emočný stav iného človeka na základe výrazu tváre sú **slabé**, alebo **žiadne**
- **výskum na Papua N. G.** – nepotvrdil Ekmanove závery
- tvár nie je jediným vizuálnym „prejavom“ emócií (telesný postoj, tón hlasu, zmena farby pokožky, ...)

