

# Sledenje pogledu (Eye tracking)

---

Seminarska naloga pri predmetu Interaktivni mediji

**Smer študija:**

Načrtovanje tekstilij in oblačil, 2.  
Letnik

**Mentor:**

Doc. dr. Aleš Hladnik

**Avtorica:**

N. T.

## Kazalo

1. Uvod.....	3
2. Zgodovina.....	4
3. Tehnike sledenja pogledu.....	5
1.1.Elektrookulografija.....	5
1.2.Kontaktne leče z integrirano tuljavo.....	6
1.3.Postopek za sledenje pogledu z uporabo video kamere.....	6
4. Sledenje premikom očesa s pomočjo obdelave slik.....	7
1.4.Določanje smeri pogleda iz usmerjenosti glave.....	7
1.5.Določanje smeri pogleda iz opazovanja oči.....	7
5. Aplikacije.....	8
1.6.Diagnostični sistemi.....	8
1.7.Interaktivni sistemi.....	9
6. Zaključek.....	10
7. Viri.....	11
1.1.Internetni viri.....	11
1.2.Slikovni viri.....	11

### **1. Uvod**

Sledenje pogledu je postopek ugotavljanja smeri, kam oseba gleda. Osnovni pojmi sledenja pogledu so na videz preprosti: sledenje premikom uporabnikovih oči in ugotavljanje, kaj delajo zenice, medtem ko uporabnik gleda določeno točko v prostoru. Za merjenje položaja oči in njihovega gibanja se uporabljajo posebne naprave za sledenje pogledu. Uporabljajo se v raziskavah virtualnih sistemov, psihologiji in pri dizajnu produktov. Obstaja veliko število metod merjenja gibanja oči, izmed katerih je najpopularnejša uporaba video slik, s katerimi se lahko določi položaj oči.

## 2. Zgodovina

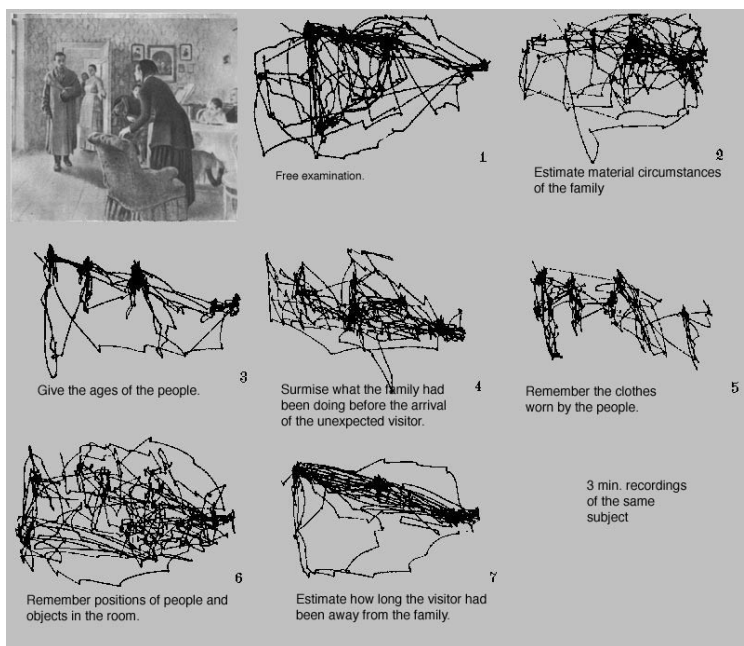
Prva raziskovanja sledenja pogleda segajo v 19. stoletje. Leta 1879 je Louis Emile Javal opazil, da ljudje ne berejo gladko čez besedilo, temveč se pri nekaterih besedah ustavijo, medtem ko se čez druge gibljejo hitreje.

Edmund Huey je kasneje sestavil napravo, ki je sledila gibanju oči med branjem. Ta naprava pa je bila precej nadležna, saj so morali bralci nositi leče, ki so imele le majhno odprtino, na katero je bil pritrjen kazalec. Naprava je Huey-u omogočala opazovati, kam je gledal bralec med branjem, prav tako pa je lahko preučil, pri katerih besedah bi se bralec zaustavil.

Kasnejši razvoj sledenja pogledu je prišel, ko je Charles H. Judd razvil kamero gibanja oči, ki ni bila tako moteča. Na film je posnemala premike oči, s pomočjo katerih je bila omogočena natančnejša študija gibanja oči. Poleg njega je Thomas Buswell raziskoval in analiziral gibanje oči pri branju v okviru različnih starostnih in izobrazbenih stopenj.

Leta 1931 so Earl, James in Carl Taylor ustvarili oftalmograf in metronoskop - naprave za snemanje gibanja oči pri branju in orodja za vadbo bolj učinkovitega branja. Bralec preleti več besed, se za moment ustavi, da jih razume, nato pa jih preleti ponovno. Oftalmograf se je uporabljal za merjenje bralčevih preletov in utrditev besedila, katerih ritem naj bi bil pri učinkovitih bralcih nespremenljiv. Pri bralcih, ki pa niso razvili utrjenega stila branja, se je uporabljal metronoskop za utrjevanje enakomernega ritma.

V petdesetih letih prejšnjega stoletja je Alfred L. Yarbus izvedel eno pomembnejših raziskovanj na tem področju. S sledenjem premikom oči med opazovanjem umetniške slike je pokazal, da so trajektorije gibanja oči odvisne od naloge, ki jo poskuša oseba opraviti. Testnim osebam je namreč pokazal sliko ter jim zastavljal različna vprašanja o njej.



Slika 1: Yarbusov eksperiment – različna vprašanja dajo različne trajektorije gibanja

Leta 1970 so se preiskave s sledenjem pogledu hitro narastle, predvsem za raziskave branja. V osemdesetih so tržne skupine dejansko začeli uporabljati sledenje pogledu za merjenje učinkovitosti reklam v revijah. S tem so ugotovili, katere deli revije so bili videni, kateri elementi strani se dejansko berejo in koliko časa se je porabilo za vsak del.

Do danes se je postopek za sledenje pogledu zelo razvil in iz psihologije razširil tudi na druga področja, predvsem v medicini, uporablja pa se tudi za ocenjevanje uporabniških vmesnikov in spletnih strani ter upravljanje z računalniškimi vmesniki.

### 3. Tehnike sledenja pogledu

Ljudje premikamo oči s hitrimi rotacijami očesnega zrkla, ki pogled usmerijo na izbrano lokacijo v prostoru, temu pa sledijo obdobja mirovanja, med katerimi možgani sliko obdelajo. Rotacije trajajo od 10 do 100 ms, pri čemer doseže oko hitrost do 600°, mirovanja pa so dolga od 150 do 600 ms in so sestavljene iz množice drobnih premikov očesa.

Da bi lahko zanesljivo zaznali posamezne elemente gibanja oči, mora torej sledilna naprava delovati z zelo visoko hitrostjo in natančnostjo. Tako se za raziskave v medicini in psihologiji danes uporabljajo naprave, ki za položaj očesa vzorčijo s hitrostjo 500 Hz in več ter dosegajo natančnost 1' vidnega kota. Za raziskave uporabniških vmesnikov je običajno dovolj vzorčenje s 60 Hz ter natančnost 1°. Zaradi zahtevne tehnologije so sledilni sistemi tudi precej dragi in zahtevni za uporabo.

Postopke za merjenje premikov oči in določanje smeri pogleda lahko razdelimo v tri skupine:

- Elektrookulografija,
- Kontaktne leče s tuljavo,
- Postopki, ki temeljijo na video posnetku očesa.

#### 1.1. Elektrookulografija

Na kožo okoli očesa se pritrdijo elektrode, s katerimi se meri spremembe električnega potenciala na koži. Do teh pride predvsem zaradi premikov očesa. Glava mora mirovati, kar se doseže z uporabo posebnega naslona.



Slika 2: Elektrookulografija

### 1.2. Kontaktne leče z integrirano tuljavo

Danes spadajo med najbolj invazivne postopke, a hkrato tudi med najbolj natančne. V oko se vstavi kontaktna leča, na katero je pritrjena majhna žična tuljava. Premike očesa se zazna kot premike tuljave v zunanjem elektromagnetnem polju.



Slika 3: Kontaktne leče s tuljavo

### 1.3. Postopek za sledenje pogledu z uporabo video kamere

Ta postopek je trenutno najbolj razširjen. Z video kamero se zajame sliko očesa, nato pa se z upoštevanjem določenih karakteristik očesa določi smer pogleda. Takšen pristop je najmanj invaziven za uporabnika, a kljub temu omogoča zelo visoko natančnost sledenja. Zaznavanje premikov praviloma temelji na opazovanju odbojev svetlobe z notranjih plasti očesa. Če se v oko posveti z virom svetlobe, se zaradi strukture očesa pojavijo štirje odboji, ki so vidni tudi na video posnetku. Običajno se uporablja infrardeča svetloba, ker je človeku nevidna. Položaj očesa se določi iz razdalje med odbojem in središčem zenice. Ta razdalja ostaja nespremenjena tudi ob najmanjših premikih glave, a je vseeno treba zaradi večje natančnosti veliko sledilnikov pritrditi na glavo. Za manj zahtevne namene so na voljo tudi sledilniki, ki imajo izvor svetlobe in kamero vgrajeno kar v ohišje računalniškega zaslona.



Slika 4: Naglavni sledilnik

## 4. Sledenje premikom očesa s pomočjo obdelave slik

Metode, ki za določanje smeri pogleda uporabljajo le postopke z obdelavo slik, brez dodatne strojne opreme ali osvetlitve so bile razvite predvsem zaradi uporabnikov, ki ne želijo uporabljati neprijetnih pristopov, niso pripravljene odšteti visokih vsot denarja, nočejo imeti fiksirane glave in tudi nimajo veliko prostora za napravo. Pri tem pa naletimo na težavo nizke frekvence posnetkov in nizke ločljivosti slike očesa, ki omejuje natančnost zaznave.

Za določitev absolutne smeri pogleda je potrebno poznati položaj glave in usmerjenost oči glede na obraz. Tako se lahko slikovne pristope razdeli na te, ki izhajajo iz zaznave cele glave, in na take, ki se osredotočijo le na oči.

### 1.4. Določanje smeri pogleda iz usmerjenosti glave

S tem pristopom se dobi le splošno, globalno smer pogleda, saj lahko oči gledajo v drugo smer, kot pa je obrnjena glava. Ti pristopi niso ravno natančni, so pa zanimivi zaradi svoje fleksibilnosti in preprostosti, saj se zasuk glave lahko določi že z opazovanjem nekaj značilnih točk obraza na eni sami sliki glave.

### 1.5. Določanje smeri pogleda iz opazovanja oči

Ti pristopi običajno temeljijo na geometrijskih lastnostih zenice in šarenice. Obe sta okrogli, vendar če se jih pogleda s strani, sta na dvodimenzionalnih slikah videti kot elipsi, na podlagi katerih se iz oblike in orientacije lahko nato sklepa o smeri pogleda. Glava mora medtem mirovati, saj vsak njen zasuk spremeni absolutno smer pogleda.



Slika 5: Določitev smeri pogleda

## 5. Aplikacije

Aplikacije se glede na način uporabe deli na diagnostične in interaktivne sisteme za sledenje pogledu.

### 1.6. Diagnostični sistemi

Uporabljajo se za pridobivanje objektivnih, kvantitativnih podatkov o uporabnikovih vizualnih procesih in njihovi pozornosti. Uporabniki opazujejo preprost grafični vzorec, ki je običajno statičen in ne reagira na uporabnikov pogled.

Takšni poizkusi se uporabljajo v psihologiji za preverjanje vizualnega spomina, pri raziskavah branja in razumevanju jezika, v medicini za nadziranje človeškega vidnega sistema... Zelo pa se je razširila uporaba tega sistema v marketingu, kjer s sledenjem pogledu ocenjujejo uspešnost reklamnih akcij, merijo učinkovitost grafičnega oblikovanja oglasov, spremljajo vidljivost reklam na spletnih straneh in podobno. V avtomobilski industriji s tem sistemom preverjajo, ali je voznik osredotočen na cesto ter ocenijo njegovo stopnjo utrujenosti.



## Sledenje pogledu (Eye tracking)



Slika 6: Primer sledenja pogledu na procesu elektronskega poslovanja

### 1.7. Interaktivni sistemi

Sledilnik za sledenje pogledu igra vlogo vhodne naprave, sledilnik pa se sproti odziva na zaznane premike oči. V to kategorijo spadajo predvsem sledilniki, ki premike oči uporabljajo kot obliko komunikacije z računalnikom, ta pa je izjemnega pomena za močno hendikepirane osebe, za katere so premiki oči edino preostalo sredstvo za sporazumevanje. S pomočjo sledenja pogledu in prirejene programske opreme lahko tudi oni spet samostojno komunicirajo z okolico.

Eno najbolj dejavnih področij raziskovanja so tudi interaktivni zemljevidi in računalniške igre, ki se jih lahko upravlja s pogledom, navigacija in manipulacija z objekti v okoljih navidezne resničnosti ipd. tehnologija sledenja pogledu je v Sloveniji precej redka, predvsem zaradi visoke cene opreme ter ker se večinoma uporablja pri zelo specializiranih raziskavah.

## 6. Zaključek

Zapleteni, zelo neprijetni in mogoče celo surovi postopki sledenja pogledu iz preteklosti so zamenjale izboljšane in uporabnikom prijazne metode. Te nam dajejo dobre rezultate in so dobra podlaga za nadaljnji razvoj v prihodnosti. Področij uporabe sledenja pogledu je izredno veliko, saj se ga lahko uporablja v računalništvu, avtomobilski industriji, medicinskih preiskavah in izobrazbi, kmalu pa ga bomo zagotovo zasledili tudi na drugih vsakdanjih področjih, za katere si še predstavljamo ne. S prihodom naprav na trg za komercialno rabo, z znižanjem njihove cene, dobro natančnostjo in kvaliteto bi to marsikomu močno olajšalo življenje, prav tako pa bi se množici odprla vrata novih aplikacij s področja interakcije med človekom in strojem.

## 7. Viri

### 1.1. Internetni viri

- <http://www.uxbooth.com/blog/a-brief-history-of-eye-tracking/>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Eye\\_tracking](http://en.wikipedia.org/wiki/Eye_tracking)
- [http://www.icg.tugraz.at/Members/divjak/prework/ROSUS\\_2008\\_paper%20-%20Divjak.pdf](http://www.icg.tugraz.at/Members/divjak/prework/ROSUS_2008_paper%20-%20Divjak.pdf)
- <http://www.eyetracking.com/technology/learn/>

### 1.2. Slikovni viri

- [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/d/d2/Yarbus\\_The\\_Visitor.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/d/d2/Yarbus_The_Visitor.jpg)
- <http://www.metrovision.fr/mv-po-notice-im18.jpg>
- [http://www.useit.com/eyetracking/eyetracking\\_shoppingcart.png](http://www.useit.com/eyetracking/eyetracking_shoppingcart.png)
- [http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL\\_COPIES/WANG2/Fig7c.gif](http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/WANG2/Fig7c.gif)