

# Vizualizácia eye-tracking dát ovplyvnených emóciami

Dokumentácia k semestrálnemu projektu  
na predmet Vizualizácia dát  
Cvičiaci: Ing. Martin Dubovský

Utorok 16:00 - 17:50

Bc. Peter Kúdela

Bc. Sabína Szabová

## I. TÉMA ZADANIA

Témou našej semestrálnej práce je vizualizácia eye-tracking dát ovplyvnených emóciami.

### A. Kto je zákazník

Zákazníkom je výskumný pracovník, ktorý chce poznať a pochopiť ako sa u ľudí pri klasickom eye-trackingovom experimente menia tendencie vizuálnej pozornosti na základe ich emocionálneho rozpoloženia. Ďalej chce výskumník zistiť, či ľudia v rovnakom emocionálnom rozpoložení majú tieto tendencie príbuzné a tiež či emocionálne rozpoloženie vplýva na výkonnosť pri riešení vizuálnej úlohy hľadania.

### B. Čo sa má vizualizovať

Vizualizovať sa má dataset z eye-trackingového experimentu s 97 participantmi, ktorí sledovali sekvenciu obrázkov s rôznymi úlohami. K dispozícii máme:

- časopisecká publikácia k experimentu, z ktorého pochádzajú dátá, kde boli stanovené hypotézy podopreté štatistickými výpočtami
- základné anonymné informácie o participantoch a o ich emocionálnom rozpoložení
- obrazový dataset, ktorý participanti sledovali, spolu s postupnosťou zobrazenia
- Tab Separated Values (tsv) súbory s časovou postupnosťou bodov na obrázkoch, na ktoré participant postupne fixoval pozornosť (vrátane klasifikácie na fixácie)
- predpočítané informácie o čase potrebnom na dokončenie úlohy vizuálneho hľadania pre jednotlivé obrázky a pre jednotlivých participantov

### C. Problémy ktoré chce zákazník vizuálnou analýzou vyriešiť

- Výskumník chce vizuálnou analýzou zistiť, nakoľko pozitívna emócia priaznivo vplýva na výkonnosť pri úlohách vizuálneho hľadania
- Výskumník chce zistiť, nakoľko emócia vplýva na hľadaciu stratégiu vizuálnej pozornosti pri úlohách vizuálneho hľadania

- Výskumník chce zistiť, nakoľko majú participanti s rovnakým emocionálnym naladením podobné tendencie vizuálnej pozornosti
- Výskumník chce zistiť, nakoľko majú participanti s odlišným emocionálnym naladením rozlišné tendencie vizuálnej pozornosti a ako na tieto tendencie vplývajú rôzne metódy pre navodenie pozitívnej emócie (spomienka/hudba)
- Výskumník chce zistiť, aký je rozdiel medzi správaním sa participantov pri úlohách zapamätania si detailov scény a pri voľnom pozorovaní. Výskumníka tiež zaujíma, nakoľko je pozornosť pozitívne naladených participantov schopná poňať viac informácií zo scény.

## II. ANALÝZA PROBLEMATIKY

### A. Ciel vizualizácie

Vizualizácia dát zohráva dôležitú úlohu v pochopení zložitých informácií a získavaní znalostí z nich. Naším cieľom je teda uľahčiť pochopenie dát získaných z eye-tracking experimentov. Zvýšením čitateľnosti dát tak tiež zvyšujeme šancu, že v dátach budeme schopní nájsť vzory.

### B. Podobné riešenia

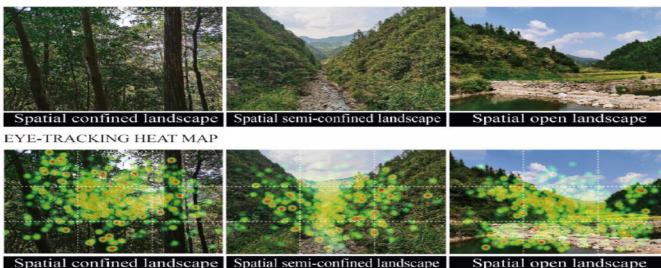
Na vizualizáciu dát získaných z eye-tracking experimentov vykonaných na statických obrázkoch už existuje množstvo nástrojov. Pravdepodobne najpoužívanejším je tepelná mapa (heat map). Tepelná mapa slúži na zobrazenie dát (času sledovania daného úseku na obrázku) pomocou farebnej škály.



Obr. 1: Tepelná mapa [3]

Tento spôsob vizualizácie bol použitý napríklad v štúdiu vizuálneho správania a psychologického mechanizmu pri pozorovaní rôznych typov krajín [4]. Hlavnou výhodou ktorú tento spôsob prináša je to, že na jeho základe dokážeme určiť oblasť záujmu (oblasť na ktorú sa subjekt najviac zameriava) pri jednotlivých typoch úloh.

Napríklad pri úlohe, kde mali subjekty skúmať dátá (obrázky) s rôznym stupňom priestorového obmedzenia, sa vďaka tejto metóde podarilo odhaliť že vzor pozorovania (oblasti na ktoré sa subjekty najviac zameriavalí) boli silno prepojené s tým, o aký stupeň priestorového obmedzenia sa jednalo. Ako je možné vidieť na obrázku 2 (a ako bolo poznamenané v samotnej štúdii *Insights into Public Visual Behaviors through Eye-Tracking Tests: A Study Based on National Park System Pilot Area Landscapes* [4]) tak lesné a rekreačné krajiny boli predmetom najväčšieho záujmu.



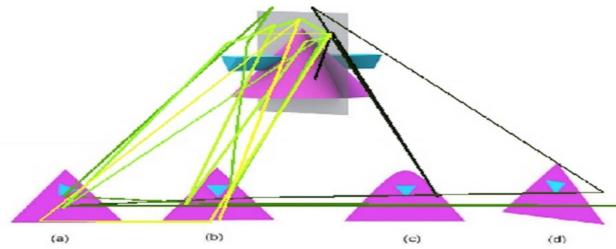
Obr. 2: Vizualizácia eye-tracking dát pre rôzne stupne priestorového obmedzenia [4]

Najväčšou výhodou, ktorú tento spôsob pre nás predstavuje je to, že nám ponúka jednoduchý spôsob ako odlišiť oblasti záujmu pri jednotlivých typoch úloh. Rovnako vieme ľahko odpozorovať, či sa zmenil vzor správania pri zmene emócií jednotlivých participantov.

*Insights into Public Visual Behaviors through Eye-Tracking Tests: A Study Based on National Park System Pilot Area Landscapes* [4] rovnako používala spôsob vizualizácie za pomoci trajektórie, ktorý vie byť pre nás rovnako zaujímavý. Tento spôsob pozostával z bodov označených číslom, pričom číslo reprezentovalo poradie v akom sa jednotlivec zameral na časti obrázku. Všetky body boli v súlade s ich poradím prepojené čiarov, čo nám poskytuje spôsob ako pozorovať vzor pohybu očí.

Druhý spôsob vyzuľácia trajektórie pohybu očí bol prezentovaný v *Predicting Spatial Visualization Problems' DifficultyLevel from Eye-Tracking Dat* [5]. Tento spôsob pozostával z toho, že miesto bodov bola použitá farebná škála obr. B, ktorá predstavovala časovú zložku (farba sa v čase zosvetlovala - z čiernej sa stala zelená a zo zelenej žltá).

Tento spôsob je zaujímavý v tom, že predstavuje alternatívny spôsob ako zaznamenať pohyb očí v čase bez toho, aby sme boli nútene vytvoriť body, na ktoré sa človek zameral. Predstavuje ucelenejší obraz bez možnej straty dát.



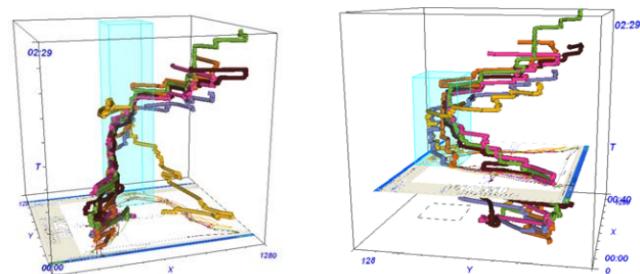
Obr. 3: Pohyb očí v priebehu riešenia priestorového problému [5]

Alternatívnym nástrojom je časo-priestorová kocka. Ide o vizuálny nástroj na zobrazenie dát, ktorý umožňuje vizualizovať premenné meniace sa v čase využitím trojrozmerného priestora. Konkrétnie ide o grafickú reprezentáciu dát, v ktorej sa na ose x zobrazuje priestorová poloha, na ose y čas a na ose z sa zobrazuje množstvo dát v danom priestore a čase.

Na rozdiel od trajektórie pohybu je tento spôsob vyobrazenia lepší v tom, že je prehľadnejší. Dokážeme v dôsledku nemu získať jasnéj predstavu o pohybe očí aj v prípade, že subjekt strávil skúmaním obrázku veľké množstvo času (alebo v našom prípade, ak by sme sa v rámci jednej vizualizácie snažili zobraziť dátu z viacerých pozorovaní (obr. 4)) a tým pádom by sa 2D zobrazenie mohlo stať neprehľadným pričom pri použití časo-priestorovej kocky vieme ľahko odlišiť jednotlivé vzorky a ich trajektórie (obr. 5).



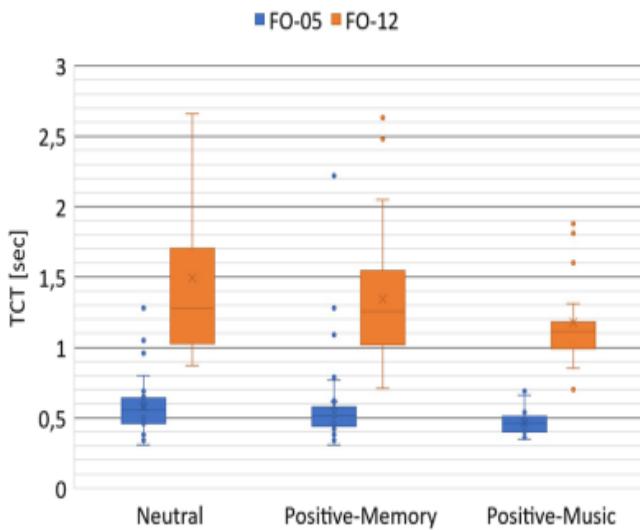
Obr. 4: Zobrazenie trajektórií pre viaceré pozorovania v rámci jednej vizualizácie [6]



Obr. 5: Zobrazenie eye-tracking dát za použitia časo-priestorovej kocky [7]

Zo všetkých spomínaných spôsobov vyobrazenia trajektórie pohybu očí, pre nás bude najzaujímavejšou práve časopriestorová kocka, keďže jednou z úloh od zákazníka je práve sledovanie zmien v stratégii vizuálnej pozornosti. Táto metóda nám umožňuje pozorovať zmeny priamo v čase, pričom je najprehľadnejšia keďže sa jedná o 3D vizualizáciu. Vzhľadom k tomu, že 3D vizualizácia nie je veľmi prehľadná v 2D zobrazení, bude dosť podstatné zaručiť to, že táto vizualizácia bude interaktívna a tým pádom nestratíme jej hlavné výhody.

V rámci článku *Effects of individual's emotions on saliency and visual search* [2], na ktorom je založené toto zadanie. Sa ako primárny spôsob vizualizácie dát používa už spomínaná heat mapa a vyobrazenia grafov na ktorých je možné vidieť rozdiely hodnôt nameraných počas experimentu ako aj priemerné hodnoty. Na obrázku 6 môžeme vidieť jeden takýto graf, pričom tento konkrétny zobrazuje výsledky vizuálneho vyhľadávania v rámci špecifickej scény (FO-5 a FO-12 je označenie úloh, ktoré vypracovali sledované subjekty). Na grafe je možné pozorovať, že čas, za ktorý subjekty dokázali splniť danú úlohu bol vírazne lepší v prípade úlohy FO-05. V rámci našej práce, tento spôsob dokážeme využiť pri vizualizácii času, ktorý participanti potrebovali na vyriešenie jednotlivých typov úloh.



Obr. 6: Grafové vyobrazenie použité v článku *Effects of individual's emotions on saliency and visual search* [2]

### C. Opis dát

Dáta sú rozdelené do hierarchie pozostávajúcej z:

- Priečiok *gaze\_data/* obsahuje záznamy pohybu očí jednotlivých účastníkov experimentu. Celkovo tento priečinok obsahuje 97 rôznych pozorovaní rozdelených do samostatných súborov formátu .tsv, pričom názov má tvar FIIT\_PSY\_XXXX. XXXX vieme nazvať ako ID účastníka, ktoré je referované v rámci súboru participants.txt.

V rámci jedného súboru nájdeme záznamy o pohybe očí (FixationPointX (MCSpX), FixationPointY (MCSpX)), ich fixáciu na nejaký objekt a dĺžku tejto fixácie

(GazeEventDuration), pohyboch myšou (MouseEventX (MCSpX), MouseEventY (MCSpX)), o tom či účastník našiel daný objekt (AOI[xy]Hit), informáciu o tom, aká úloha je aktuálne vykonávaná (PresentationSequence), o tom aké emócie bol účastník podrobenej (Emotion[Value]), o veku, pohlaví a o ďalších doplňujúcich informáciach potrebných k vyhodnoteniu experimentu.

- Priečinok *images/* je zbierkou obrázkov na ktorých bol experiment vykonávaný. Keďže experiment pozostával vo veľkej miere z hľadania objektu na obrázku, tak tento priečinok obsahuje okrem samotného referenčného obrázku vo formáte .bmp aj súbor formátu .txt, v ktorom sa nachádza informácia o tom, kde v rámci daného obrázka nájdeme hľadaný objekt (za predpokladu že úlohou bolo nájsť objekt).

Obrázky v tpmto súbore vieme rozdeliť do piatich kategórií na základe úlohy ktorú predstavujú. Tieto kategórie sú [2]:

- 1) FO-task: hľadanie cieľového objektu medzi skupinou iných objektov
- 2) FOA-task: nájdenie jedného cieľového objektu (viac objektov splňa kritériá) medzi skupinou iných objektov
- 3) FU-task: nájdenie objektu ktorý je odlišný od všetkých ostatných
- 4) V-task: pozeranie sa na obrázok
- 5) M-task: zapamätanie si obsahu obráuzku

- participants.txt* je súbor ktorý obsahuje informácie o jednotlivých participantoch experimentu. Obsahuje informácie o ich veku (Vek je rozdelený do ôsmich skupín pričom najnižšia veková skupina je menej ako 20, najväčšia je nad 30. Ostatné skupiny sú rozdelené po dva roky s tým že ôsmou skupinou sú ľudia, ktorí neudali svoj vek).

Ďalšie informácie ktoré tu sú obsiahnuté sú pohlavie a typ emócie (pozitívna, neutrálna, pozitívna hudba alebo nenastavená).

- PresentationSequence.txt* je súbor, ktorý obsahuje rôzne poradia v ktorom môžeme účastníkom zadávať úlohy. Samotné sekvencie majú pridelené jedinečné označenie, na ktoré sa odkazujú jednotlivé súbory priečinku *gaze\_data/*. Okrem samotných obrázkov, sekvencie pozostávajú aj z filtračných slajdov, ktoré nie sú pre náš cieľ dôležité, keďže obsahujú inštrukcie pre participantov a z tohto dôvodu ich môžeme ignorovať. Ich pomenovanie je buď *inSectionX* alebo *inX*.
- Súbor *tct.tsv* obsahuje súhrn dát, ktoré boli nazhromaždené pri experimente. Sú to dátá ako Time-To-Complete (koľko trvalo participantovi splniť úlohu), stĺpce s príponou \_unique\_N ktoré predstavujú počet pohľadov na cieľ a stĺpce s príponou \_unique\_Mean alebo \_unique\_Sum ktoré predstavujú čas v sekundách, za ktorý participant našiel objekt záujmu.

### III. NÁVRH RIEŠENIA

#### A. Metodiky použité pri návrhu riešenia

V rámci tehto zadania sme vypracovali návrhy riešenia pomocou *Five Design-Sheet methodology* (príloha A) a za pomoci *Nested blocks and Guidelines* (príloha C).

V rámci *Five Design-Sheet methodology* sme postupovali nasledovne:

- Vytvorili sme si zoznam možných vizualizácií, ktoré zahrňovali napríklad: pie-chart, bar-plot, block and whisker plot, 'timeline' obrázkov,...

V rámci tejto iterácie sme sa rozhodli prepojiť niektoré prvky tak, ako je to možné vidieť v prílohe A v časti 'Combine and Refine'.

- Vytvorili sme prvotný dizajn, ktorý zahŕňal: 'timeline' obrázkov, bar-plot kombinovaný s pie-chart, block and whisker plot, časo-priestorová kocka, heat-map a náhľad obrázku.

Hlavnou funkciou v tomto návrhu je časo-priestorová kocka, ktorá má vedľa seba dve zobrazenia. Prvé zobrazenie je náhľad z predku a druhé zobrazenie je z boku. Na pravej strane sa nachádza sekcia ktorá slúži na filtrovanie. Na základe týchto filtrov sa mení zobrazenie v rámci časo-priestorovej kocky.

Časo priestorová kocka je interaktívna a ponúka funkcie ako priblíženie na detail a rotáciu.

Pri prejdení myše cez bar plot sa zobrazí pre každú kategóriu (emóciu a pohlavie) pie chart, ktorý bude obsahovať rozdelenie veku v rámci danej zložky.

Block and Whisker plot je použitý na zobrazenie úspešnosti participantov s rôznymi emóciami na základe času, ktorý potrebovali na dokončenie konkrétnej úlohy.

Ako nevýhoda tohto návrhu bola označená neprehľadnosť, keďže napr. funkcionalita pre používateľa na manipuláciu vizualizácie bola na oboch stranach obrazovky.

- V rámci druhej iterácie sme sa pokúsili zmeniť funkcionalitu časo-priestorovej kocky, kedy sme v rámci jednej vrstvy prepojili všetky body fixácie na základe jednotlivých emócií. Zámer bol, že by sa na základe tvaru a šírky 3D tvaru, ktorý vytvorila jednotlivé emócie zistili vzor správania sa participantov.

Ďalšími zmenami bolo presunutie filtračných funkcií na ľavú stranu k možnosti výberu obrázka a spojenie heat-mapy s náhľadom obrázku.

Zhodnotili sme že tento dizajn časo-priestorovej kocky nebudeme využívať a že prepojenie heat-mapy a obrázku môže byť v niektorých prípadoch neprehľadné.

- V rámci tretej iterácie sme sa vrátili k pôvodnému dizajnu časo-priestorovej kocky, pričom sme do nej pridali funkciu kde si používateľ vie vybrať vrstvu v čase ktorá sa mu zobrazí.

Ďalej sme pridali pre mapu on-off switch, ktorý ma za úlohu poskytnúť možnosť vypnutia náhľadu obrázku pre jednoduchšie pozorovanie vzorov ktoré vznikali v rámci experimentu.

- Ako finálny návrh sme zvolili tretiu iteráciu, keďže nám prišla najprehľadnejšia a splňala funkcionalitu zadanú klientom.

V rámci prvej vrstvy (oranžová farba) *Nested blocks and Guidelines* (príloha C) sme si zdefinovali dátá a scenáre, ktoré nám dodal klient. Následne sme v druhej vrstve (žltá farba) tieto dátá kategorizovali a na základe scenárov sme si vytvorili úlohy, ktoré máme splniť. Tretia vrstva (zelená farba) obsahuje spôsoby vizualizácie, ktoré sme zvolili.

#### B. Úlohy vizuálnej analýzy

- Zistenie, či má pozitívna emócia priaznivý vplyv na úlohy vizuálneho hľadania
- Zistenie vplyvu emócie na hľadaciu strategiu
- Zistenie podobnosti vo vizuálnej pozornosti na základe rôznych emócií
- Zistenie rozdielov vo vizuálnej pozornosti na základe rôznych emócií a metód ich navodenia
- Zistenie rozdielov medzi správaním sa pri úlohách zapamätania si detailov scény a pri voľnom pozorovaní a vplyv emócií na schopnosť zapamätať si detaily scény
- Zistenie vplyvu pohľavia na hľadaciu strategiu v úlohach vizuálneho hľadania
- Zistenie nakoľko má jedne participant rovnaké črty správania pri rôznych úlohach vizuálneho hľadania

#### C. Implementačné prostredie

Ako implementačné prostredie sme vybrali ThreeJS. Pri vytváraní nového vizualizačného nástroja budeme potrebovať silnú a flexibilnú grafickú knižnicu, ako ThreeJS, ktorá nám umožňuje pracovať samostatne s dátami pred vložením a renderovaním ich pomocou tejto knižnice.

Nebudeme však používať vannila ThreeJS, nástroj budeme implementovať v populárnej implementácii ThreeJS pre ReactJS framework, React Three Fiber. Toto nám ušetrí veľké množstvo práce na Front-end webe a taktiež za nás rieši množstvo problémov pri vytváraní aplikácie, ako hot-reload, webpack atď.

Pokračujúc v uľahčovaní práce na Front-end strane aplikácie sme si vybrali použiť Framework NextJS, ktorý za nás rieši všetko týkajúce sa preklikov medzi podstránkami ale aj má v sebe vstavaný boiler-plate back-end.

Pri výbere týchto konkrétnych nástrojov sme sa hlavne zamerali na uľahčenie zážitku programovania samotnej aplikácie. Všetky tieto nástroje by nám mali pomôcť nezastavovať sa na riešení problémov ktoré nemajú nič spoločné so samostatným vizualizačným nástrojom. Taktiež, NextJS endponyty nám dovoľujú oddeliť logiku práce s dátami. Nasledovne po poslaní spracovaných dát na front-end by sme mali byť schopní renderovať pomocou ThreeJS fiber relatívne intuitívne.

### IV. OPIS RIEŠENIA

#### A. Dátové súbory

Na originálnych súboroch sme vykonali malé množstvo zmien, ktoré nám ďalej uľahčili prácu s nimi v kóde. Zmeny boli nasledujúce:

- Súboru ‘participants.txt’ sme vymazali hlavičku, ktorá opisovala enkódovanie hodnôt v súbore
- Súboru ‘PresentationSequence.txt’ sme vymazali hlavičku
- V zložke ‘images’ sme premenovali niektoré obrázky, ktoré v názvoch obsahovali rôzne symboly pre znak \_
- Zo súborov v zložke ‘gaze\_data’ sme vytvorili nový súbor ‘clear\_data\_v2.json’ pomocou súboru ‘filter.py’ ktorý ob sahuje mapu fixácií pre všetkých participantov

Takto modifikované súbory d’alej načítavame do aplikácie kde s nimi d’alej pracujeme.

### B. NextJS

Celá aplikácia (s výnimkou scriptu na mapovanie gaze dát) je naprogramovaná vo frameworku NextJS od Vercel. NextJS je nadstavbou na react, ktorý za nás rieši presmerovanie podstránok na základe súborovej štruktúry kódu, poskytuje vlastný back end na ktorom vytvárame API volania a poskytuje svoje vlastné komponenty nad rámec reactu. V aplikácii boli d’alej použité frameworky ThreeJS, ThreeJS fiber, ThreeJS drei, react chart 2 a iné pomocné knižnice.

### C. API

V aplikácii sme pri začiatku developovania vytvorili veľké množstvo koncových bodov, ktoré čítajú, spracúvajú a mapujú ich dátu na d’alšie použitie v front end časti aplikácie. Niektoré z nich ostali nepoužité no v aplikácii sme ich nechali ako možnosť d’alšieho rozšírenia.

**tct endpoint:** Tento endpoint mapuje dátu zo súborov ‘participants.txt’, ‘tct.txt’ a ‘clear\_data\_v2.json’ do tvaru, ktorý d’alej spracúvame na front ende. Endpoint vracia hodnotu maxTime, ktorá reprezentuje najdlhší čas, čo niekomu trvalo nájst AOI, a array objektov reprezentujúci participantov. Objekty reprezentujúce participantov vypadajú nasledovne:

```

▼ 0:
  RecordingName: "N907"
  ▼ 1_findUniqueObject.bmp:
    0: 0
    1: "unique"
    ▼ 2:
      ▼ 0:
        0: 563
        1: 386
        ▶ 1: [-]
        ▶ 2: [-]
        ▶ 3: [-]
        ▶ 4: [-]
        ▶ 5: [-]
        ▶ 6: [-]
        ▶ 7: [-]
        ▶ 8: [-]
      ▶ 2_findUniqueObject.bmp: [-]
      ▶ findBanany_obi34.bmp: [-]
      ▶ findBielySestuholnik_obi01_contrast.bmp: [-]
      ▶ findCervenugulu_obi03_contrast.bmp: [-]
      ▶ findCervenugulu_obi14_stredC.bmp: [-]
      ▶ findFialovyKruh_obi06_change.bmp: [-]

```

Obr. 7: tct endpoint return

Každý participant má ku sebe namapované Recording name, ak o ňom existuje záznam taktiež objekt person v ktorom sa nachádzajú jeho vlastnosti ako veková skupina, emócia atď. a séria všetkých obrázkov na ktorých bol experiment vykonaný. Obrázky sú reprezentované ako objekty, v ktorých si držíme informáciu o čase, koľko participantovi trvalo nájst AOI, objekte čo hľadal a body fixácie, pomocou ktorých AOI našiel.

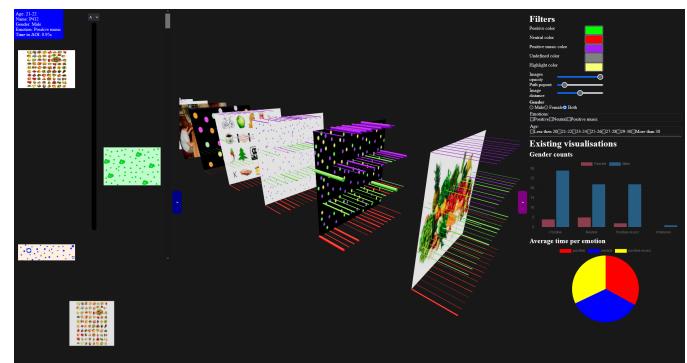
**presentSeq endpoint:** Tento endpoint vracia poradie obrázkov pre dané sequencie, ktoré boli participantom ukázané pri experimentoch.

### D. Aplikácia

Vizualizácia je vykonaná na jednej obrazovke, ktorá pozostáva z hlavnej 3D vizualizácie, a dvoch side-barov.

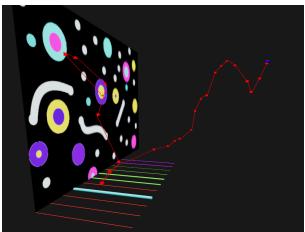
Ľavý side-bar existuje ako vizualizácia sequencií a možnosť zobrazenia individuálneho obrázku pre vizualizáciu.

Pravý side-bar obsahuje všetky možnosti filtrovania a preferencie zobrazenia vo vizualizácii. Taktiež obsahuje 4 jednoduché 2D vizualizácie pre filtrované dátá.

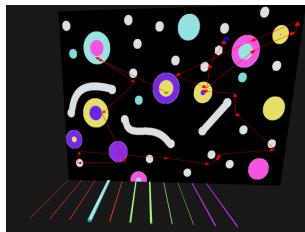


Obr. 8: Ukážka aplikácie

Hlavná vizualizácia obsahuje obrázky, z ktorých vyrastajú čapíky. Každý čapík reprezentuje jedného participantu, ktorý nad obrázkom vykonal experiment hľadania AOI. Šírka čapíka reprezentuje ako dlho mu trvalo nájst AOI, farbu reprezentuje emóciu, pri ktorej experiment vykonával. Posunutím počítatovej myši na jeden z čapíkov aktualizuje detailné dátá zobrazené v ľave hore, zobrazujúc vekovú kategóriu, emóciu a čas v sekundách participantu. Kliknutím na jeden z čapíkov sa zobrazí cesta, ktorou participant hľadal AOI. Žltý bod reprezentuje začiatok cesty, modrý bod reprezentuje jej koniec. Pomocou nastavení v pravom side-baru vieme cestu zobraziť v 3D priestore pre jednoduchšie prezeranie. Nastavenia tak tiež obsahujú možnosť urobiť obrázky priesvitné pre d’alšie zjednodušenie prezeranie cesty.



Obr. 9: Vizualizácia cesty natiahnutá do 3D



Obr. 10: Vizualizácia cesty fixačných bodov

#### E. Kód a features

Aplikácia načítáva dátá z endpointov tct a presentSeq. Dátá si ďalej drží v Reast state ‘toGraph’. ‘toGraph’ reprezentuje načítané dátá, nad ktorými vykonávame všetko filtrovanie.

V aplikácii sa nachádzajú 4 vizualizácie, každá z nich prijíma prop toGraph (prefiltrované dátá) ktoré ďalej mapuje podľa svojej vlastnej potreby.

```
useEffect(() => {
  setMapped(
    seq
      .map((image) => {
        return {
          [image]: toGraph
            .filter((ob) => ob['Person'])
            .map((ob) => {
              return {
                name: ob['RecordingName'],
                Time: ob['${image}.bmp'],
                person: ob['Person'],
              };
            })
            .map((dat, coneIndex) => {
              let color;
              switch (dat.person?.emotion) {
                case '1':
                  color = emotionColors['positive'];
                  break;
                case '2':

```

Obr. 11: Odseknutá ukážka mapovania

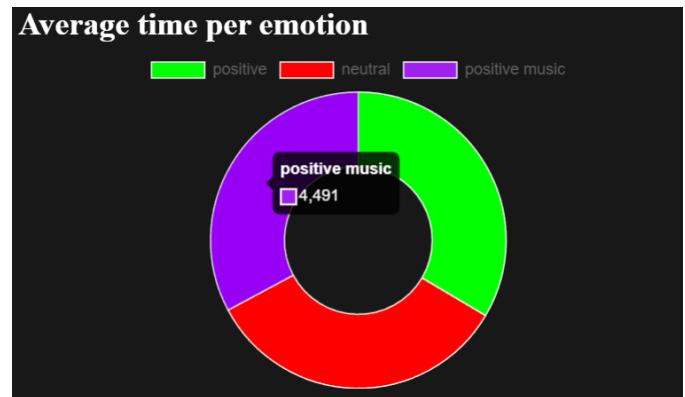
#### V. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

V rámci našej vizualizácie sme mali riešiť päť scenárov od zákazníka a dva naše vlastné. V tejto kapitole si popíšeme spôsoby akými naša vizualizácia rieši tieto scenáre.

Prvým scenárom bolo zistiť, nakoľko pozitívna emócia príaznivo vplýva na výkonnosť pri úlohách vizuálneho hľadania. Tento scénar sa dá vykonať pomocou porovnania časov vykreslených v rámci space-time cube. Čas je vykreslený za pomoci piestikov, ktorých hrúbka závisí od času (čím participantovi trvalo dlhšie splniť úlohu, tým je piestik hrubší). Používateľ si dokáže pre jasnejšie zobrazenie vybrať farbu, ktorou bude daná emócia vykreslená, prípadne vyfiltrovať len emócie, ktoré chce porovnať.

Druhým spôsobom, ako je možné získať túto informáciu je doughnut chart, v rámci ktorého je vyobrazený priemerný čas za ktorý participanti s rovnakou emóciou splnili úlohy,

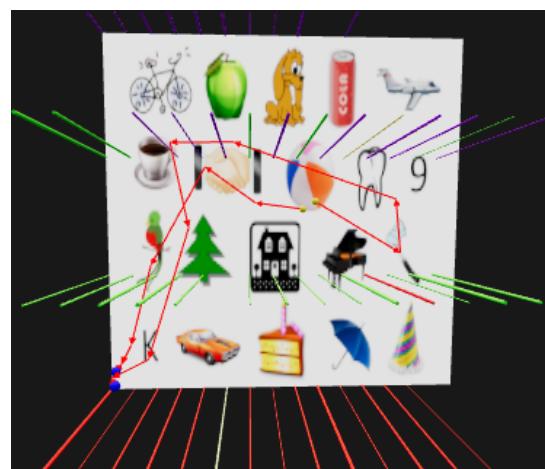
ktoré im boli zadané. On-hover, sa používateľovi vykreslí presná informácia s časom, čo je užitočné ak sú hodnoty príliš podobné a nedajú sa rozlísiť voľným okom (obr. 12).



Obr. 12: Vizualizácia priemerného času vykonania úloh pre jednotlivé emócie

Druhý scenár zahŕňal zistiť, nakoľko emócia vplýva na hľadaciu stratégii vizuálnej pozornosti pri úlohách vizuálneho hľadania, tretí scenár zahŕňal zistiť nakoľko majú participanti s rovnakým emocionálnym naladením podobné tendencie vizuálnej pozornosti a štvrtý, nakoľko majú participanti s odlišným emocionálnym naladením rozličné tendencie vizuálnej pozornosti a ako na tieto tendencie vplývajú rôzne metódy pre navodenie pozitívnej emócie (spomienka/hudba). Všetky tieto scenáre je možné vykonať za pomoci kombinovania dvoch vizualizácií, prípadne za pomoci každej z nich osobitne.

Prvou vizualizáciou ktorá sa dá na tento účel využiť je vizualizácia jednotlivých obrázkov, v ľavom bočnom panely. Používateľ si v ľavom bočnom menu vyberie obrázok, pre ktorý má záujem zistiť akú stratégii malí jednotliví participanti. Následne si za pomoci kliknutia na značku participantia označí ľubovoľný počet vzoriek, ktoré zmenia svoju farbu na krémovou (znak že vzorka bola označená). Takto zvolené vzorky automaticky vygenerujú trasu, ktorú vybraný participant zvolil (obr. 13).

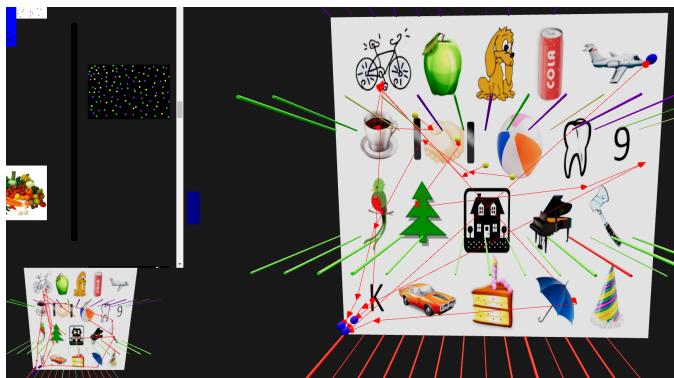


Obr. 13: Vizualizácia jednotlivých obrázkov s trasou

V rámci vizualizácie trasy sú vyznačené dva body, žltý (počiatočný fixačný bod) a modrý (finálny fixačný bod). Tieto body sú následne poprepájané šípkami, ktoré označujú poradie fixačných bodov v čase.

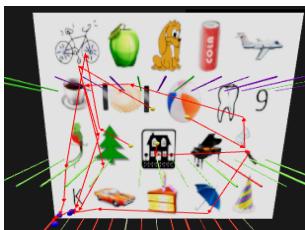
Druhým spôsobom je zobrazenie v rámci 3D kocky, ktorý má zhodný scénar vykonania s predošlým vykonaním úlohy, preto ho tu nebudem popisovať do hľbky.

Samozrejme porovnanie dvoch emócií v rámci jedného obrázku by mohlo byť do značnej miery metúce, a preto je vhodné tieto dva spôsoby kombinovať. Používateľ si vie na vizualizácii obrázku zobraziť ľubovoľný počet vzoriek z emócie A, a následne na 3D vizualizácii odpovedajúci počet z emócie B (obr. 14).

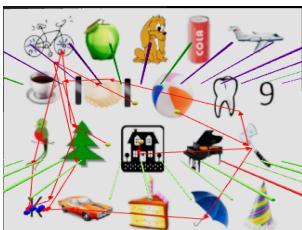


Obr. 14: Porovnanie stratégie za pomoci vizualizácie obrázku a 3D vizualizácie.

V rámci tejto vizualizácie si používateľ môže rôznymi farbami označiť emócie, ktoré sú pre neho zaujímavé, vie zmeniť hľbku vykreslenia trasy, čo mu umožní jasnejšie vidieť jednotlivé kroky, a



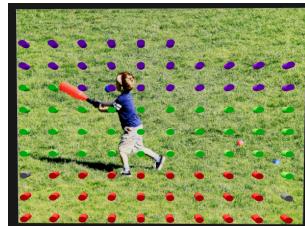
Obr. 15: Vizualizácia cesty v 3D priestore



Obr. 16: Vizualizácia cesty v 2D priestore

Posledným zadaným scenárom ktorý sme riešili bolo zistiť, aký je rozdiel medzi správaním sa participantov pri úlohách zapamätania si detailov scény a pri voľnom pozorovaní. Výskumníčka tiež zaujíma, nakoľko je pozornosť pozitívne naladených participantov schopná poňať viac informácií zo scény.

Používateľ dokáže v rámci hlavnej, 3D vizualizácie rozlíšiť úlohy voľného pozorovania od ostatných podľa toho, že úlohy voľného pozorovania majú všetky piestiky znázorňujúce participantov rovnakej hrúbky (toto je možné vidieť pri porovnaní obrázku 17 a 18).



Obr. 17: Úloha voľného pozorovania



Obr. 18: Úloha hľadania objektu

Po tom čo používateľ identifikuje úlohy ktoré chce porovaňať, tak vie použiť rovnako ako v predchádzajúcim prípade ľavé bočné menu na zobrazenie úlohy voľného pozorovania a hlavnú 3D vizualizáciu na ľubovoľnú úlohu s ktorou ju chce porovnať.

Používateľ vie takto rýchlo a jasne porovnať stratégie pre jednotlivé úlohy a v prípade otvorenia si rovnakého obrázku v oboch vizualizáciach aj porovnanie vizuálnej pozornosti pre participantov s rôznymi emóciami.

Ďalej sme riešili dva vlastné scenáre. Prvým bolo zistiť, či má pohlavie vplyv na hľadaci stratégiu osoby (či osoby rovnakého pohlavia mali rovnakú stratégiu hľadania odhliadnuc od emócie ktoré boli vystavené).

Pre tento scenár si vie používateľ v prvok kroku vyfiltrovať pohlavie ktoré ho zaujíma za pomoc filtrov v pravom bočnom menu. Aby bolo zaručené to, že používateľ nevie, akej emócií boli ľudia vystavený (aby neboli ovplyvnený inými vplyvmi pri rozhodovaní) tak si môže nastaviť jednotnú farbu všetkých emócií. Používateľ vie následne vybrať náhodnú vzorku participantov, o ktorej si myslí, že ich trasa je do značnej miery zhodná. Po tomto kroku, si vie znova zapnúť farebnosť jednotlivých emócií a postupným odznačovaním zistíť, či táto vzorka mala obsahovať jednu alebo viac emócií.

Z tohto postupu vie používateľ jednoznačne zistiť, či je zhodnosť stratégí skôr spojená s emóciou alebo pohlavím.

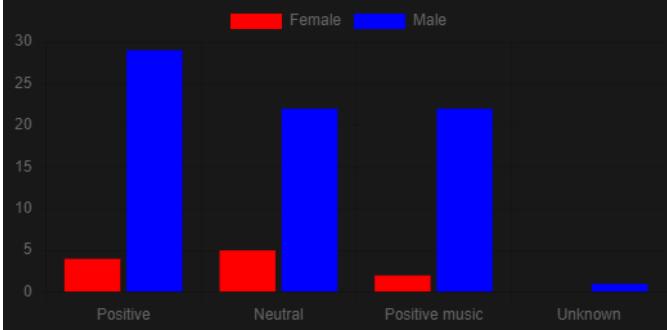
Posledným, vlastným implementovaným scenárom bolo zistiť, či má jeden participant v rámci rôznych úloh podobné tendencie (či napr. vždy začína prehľadávanie z rovnakého bodu).

V prípade, že chce používateľ sledovať jedného participantu, tak to vie docieliť pomocou sledovania piestika na rovnakej pozícii. To, či sa nepomýlil si dokáže skontrolovať za pomocí detailov zobrazených v ľavom hornom rohu, kde je informácia o Id participantu na základe ktorého je ľahké vykonať takúto kontrolu.

Následne si vie nechať označeného tohto participantu v rámci každého obrázku a porovnať počiatočné body jeho trasy. Počiatočný bod je označený žltou farbou.

Mimo už spomínaných vizualizácií sme implementovali aj graf, zobrazujúci počet participantov v rámci každej emócie pre každé pohlavie (obr. 21). Z ktorého vie používateľ vyčítať rozloženie pohlavia a participantov pre jednotlivé úlohy. Vie napríklad zistiť, že žien bolo v rámci vykonávaného experimentu výrazne menej ako mužov.

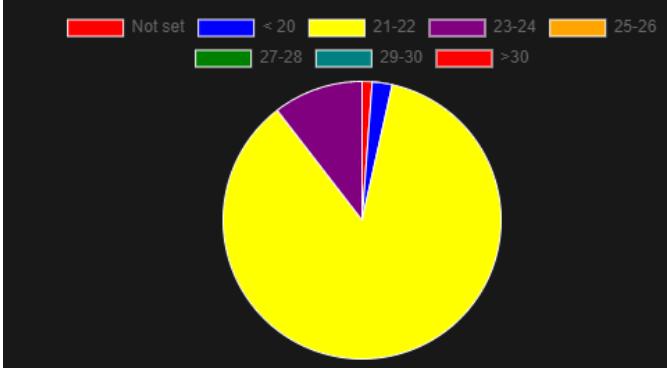
## Number of participants with regards to gender and given emotion



Obr. 19: Rozloženie participantov v rámci emócií

Ďalej za pomoci pie-chartu vieme zistiť rozdelenie vekových skupín, ktoré sa účastnili experimentu.

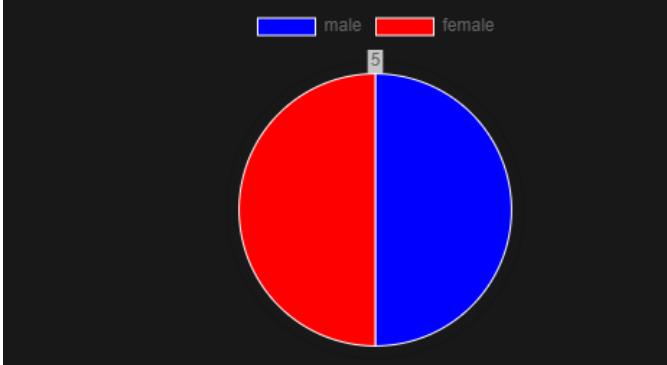
## Number of participants in age groups



Obr. 20: Početnosť vekových skupín

Poslednou, ešte nespomínanou metódou vizualizovania je polar area graf, ktorý zobrazuje priemerný čas, ktorý na vyriešenie úloh potrebovali ženy a muži. Rovnako ako v prípade doughnut chartu aj tu si vie používateľ pozrieť podrobnosti on-hover.

## Average time per gender



Obr. 21: Priemerný čas potrebný na vyriešenie úloh v rámci pohlavia

## VI. ZHODNOTENIE

V rámci nášho riešenia sa nám podarilo úspešne implementovať všetky požadované scenáre. Používateľ má k dispozícii

jednoduchú a prehľadnú aplikáciu, ktorá sa dá modifikovať podľa potreby za využitia dvoch bočných panelov.

Kvôli ľahšej manipulácií s hlavnou 3D vizualizáciou sú ostatné 2D vizualizácie umiestnené v ľavom bočnom menu, ktoré umožňuje používateľovi zobraziť detaily na požiadanie.

Podarilo sa nám vytvoriť dve vlastné 3D vizualizácie, ktoré dokážu používateľovi zjednodušíť úlohy, v ktorých je za potreby porovnať výsledky pre viac ako jeden obrázok. Rovnako sme využili štyri existujúce vizualizácie pre zobrazenie doplňujúcich informácií.

Čo sa týka dát, tak sa nám podarilo odvodiť informácie o priemernom čase potrebnom na vyriešenie úloh v rámci rôznych emócií a rovnako pre rôzne pohlavia. Táto možnosť poskytuje používateľovi rýchli prostriedok na porovnanie výsledkov vizuálneho hľadania.

## LITERATÚRA

- [1] Blascheck, T., Kurzhals, K., Raschke, M., Burch, M., Weiskopf, D. and Ertl, T., 2014, June. State-of-the-art of visualization for eye tracking data. In EuroVis (STARs)
- [2] Laco, M., Polatsek, P., Dekrét, Š., Benesova, W., Baránková, M., Strnádelová, B., Koróniová, J., Gabliková, M., 2020, July, Effects of individual's emotions on saliency and visual search
- [3] Sauro J., 2016, December. Essential Eye-Tracking Visualizations and Metrics Accessed February 21, 2023. <https://measuringu.com/eye-tracking/>
- [4] Wang, Peng and Yang, Wenjuan and Wang, Dengju and He, Youjun, 2021. Insights into Public Visual Behaviors through Eye-Tracking Tests: A Study Based on National Park System Pilot Area Landscapes
- [5] Li, Xiang and Younes, Rabih and Bairaktarova, Diana and Guo, Qi, 2020, Predicting Spatial Visualization Problems' Difficulty Level from Eye-Tracking Data
- [6] K. Kurzhals and M. Hlawatsch and F. Heimerl and M. Burch and T. Ertl and D. Weiskopf, 2016, Gaze Stripes: Image-Based Visualization of Eye Tracking Data
- [7] LI, Xia; ÇÖLTEKIN, Arzu; KRAAK, Menno-Jan. Visual exploration of eye movement data using the space-time-cube. In: Geographic Information Science: 6th International Conference, GIScience 2010, Zurich, Switzerland, September 14-17, 2010. Proceedings 6. Springer Berlin Heidelberg, 2010.

PRÍLOHA A  
FIVE DESIGN-SHEET METHODOLOGY

## IDEAS

①



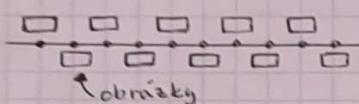
● <20  
● 21-22  
● 23-24  
● 25-26  
● 27-28  
● 29-30  
● >30

②



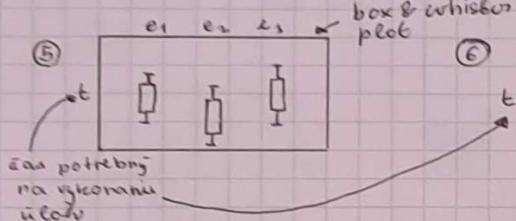
● male  
● female

③

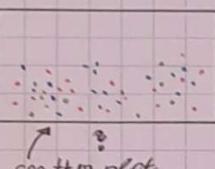


anášorzenie postupnosti  
viacich obrázkov v rámci  
jednej sekvencie

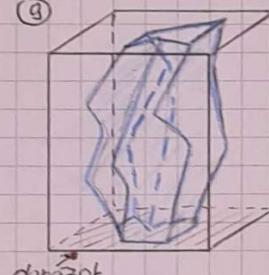
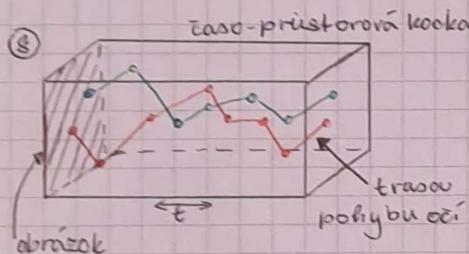
⑤



⑥



⑧

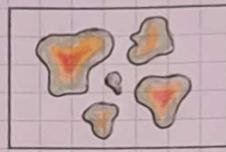


④

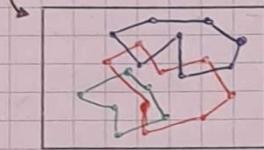


obrázok  
posúvanie  
v rámci jednej sek.

⑦



- časopriestorová koľka,  
kt. má v rámci 1 rody (normálnej  
čas) poprepijané fixačné body  
pre participantov a rôzne hodnoty  
emócií  
PRIEPEZ PRI 3 ETIČKÁCH



## CATEGORIZE

1. dátá o participantech: ①, ②

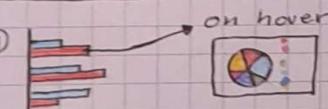
2. obrázkové dátav: ③, ④

3. čas potrebný na úlohu: ⑤

4. fixačné body: ⑥, ⑦, ⑧

## COMBINE & REFINING

② + ①

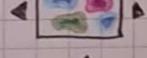


- zobrazí sa len info relevantné  
ke súťaži o ktorú má  
človek najmä

③ + ④



rôzne farby pre rôzne emócie



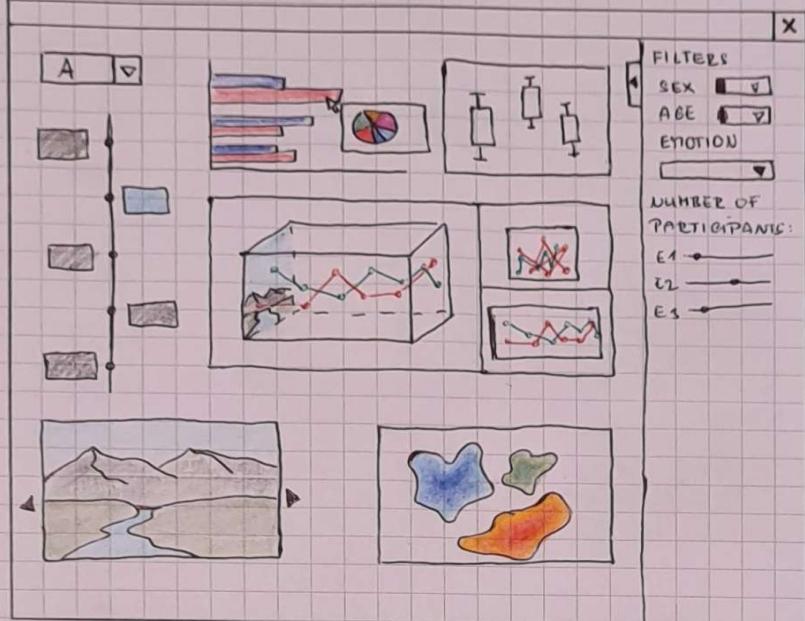
+ heat map

## FILTER

⑥ scatter plot

- nemá reálnu uplatnenie v  
rámci zadania
- v rámci box & whisker ⑤  
plotu náme získať ľahši  
prehľad o dátach

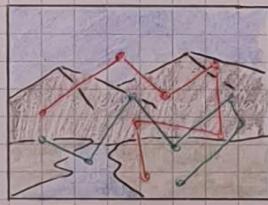
## LAYOUT



## FOCUS



t<sub>1</sub>  
čas - bočný pohľad  
- body nastala prvá fixácia, s ktorich bol...:



front view  
- zobrazenie trasy polych očí

## INFO

TITLE: Významnosť Eye-tracking  
dát v preplňovaných endciach  
AUTHOR: P. Kudela, S. Šabová  
DATE: 1.3.2022  
SHEET: 2

### OPERATIONS:

#### ① Filtration

- na základe
  - pohlavia
  - veku
  - emócií

#### ② zobrazenie špecifického množstva participátorov k zájmu emócie

#### ③ manipulácia s časom

- preklopanie zámkov
  - zoom
  - rotation
  - selection of specific participant (zámkov Sadli sú už bočom a prečom zobrazení)

#### ④ rýbok obrázkového sietu a posúvanie v rámcu sietu (pozreť do dat pre konkrétny obrázok)

## DISCUSSION

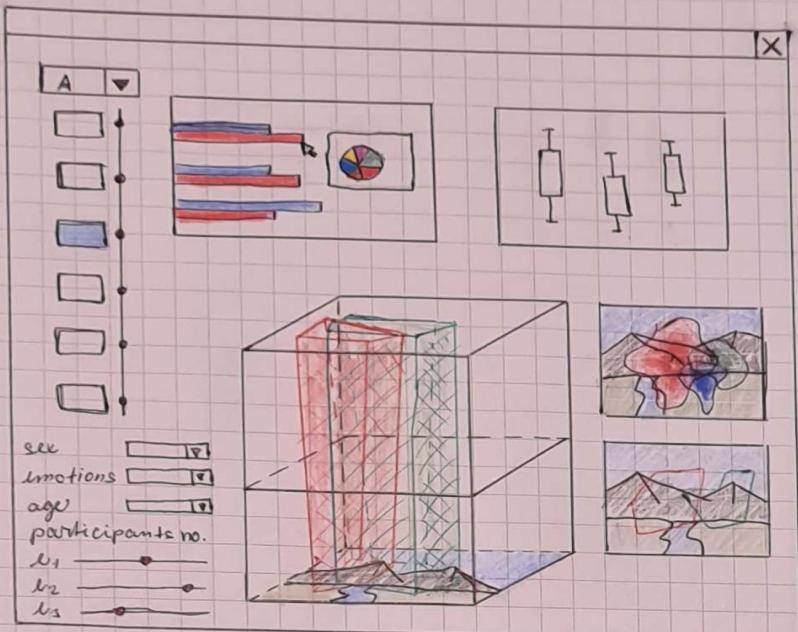
#### ⊕ jehočmelný dizajn

- rela filtračnej možnosti
- interaktívnu zobrazenie lokality
- prehľadné zobrazenie sietu obrázkov

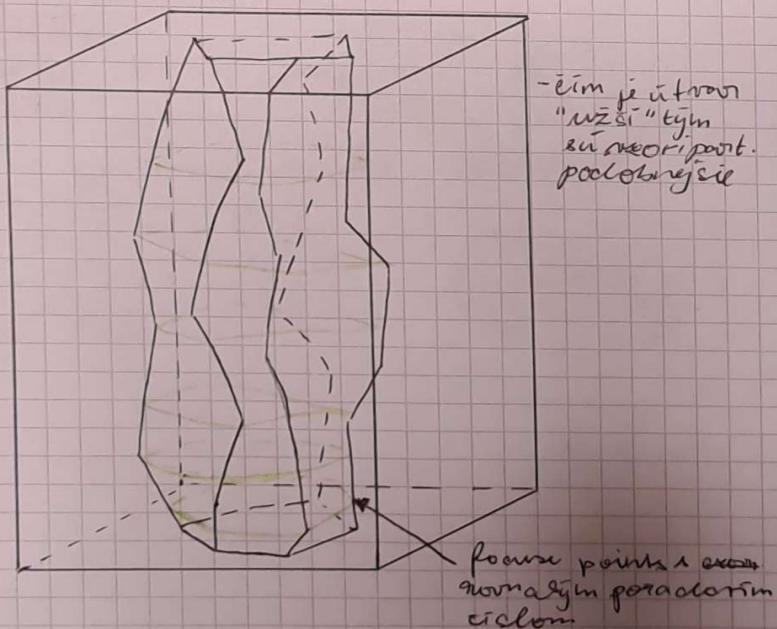
#### ⊖ preplňný layout

- môže byť overwhelming
- rela pohľadu st. sú nečiary sú celcebo
- Zámkov sú stava nespravidelnou pri velkou množstve dát

## LAYOUT



## FOCUS



## INFO

TITLE: Vizualizácia eye-tracking dat s príslušnou emociou  
AUTHOR: P. Kudela, S. Lrakova  
DATE: 1.3.2023  
SHEET: 3

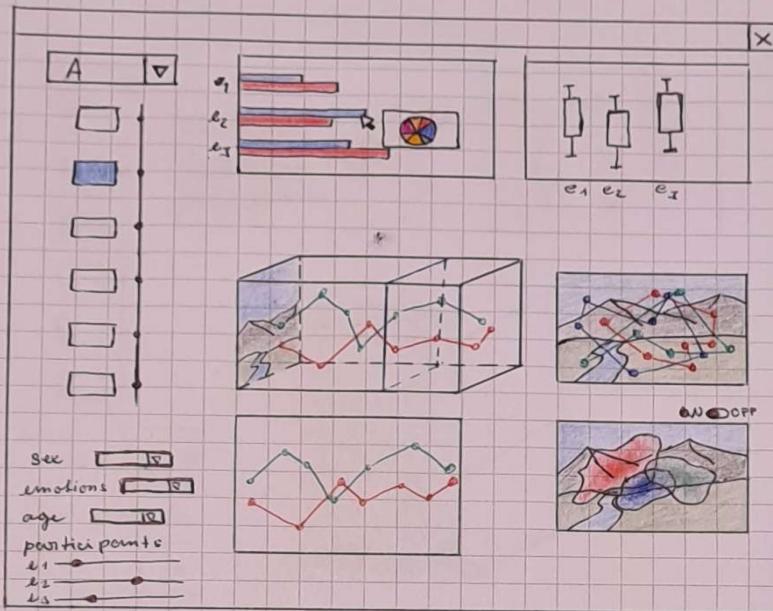
## OPERATIONS

- ① filtrovanie
  - polohová
  - emócie
  - rozm.
  - množstvo participantov
- ② vyber obr. sestu
- ③ vyber rozsahu na zobrazenie

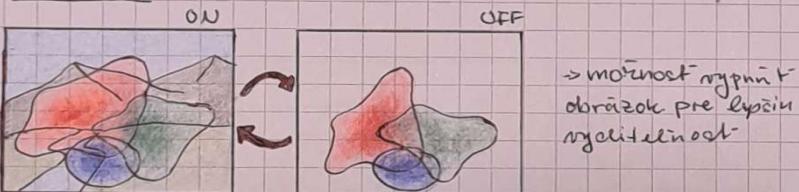
## DISCUSSION

- ④ mení vizualizácií
  - odkiaľ pricup
  - ďalšie zobrazenie
  - zorov
- ⑤ - zobrazenie nemusí byť celosvetové
  - Členba info o čase

## LAYOUT



## FOCUS



## INFO

TITLE: Vizualizácia eye-tracking  
dát s využitím emociami  
AUTHOR: P. Kudela, S. Šarbová  
DATE: 2. 4. 2023  
SHEET: 4

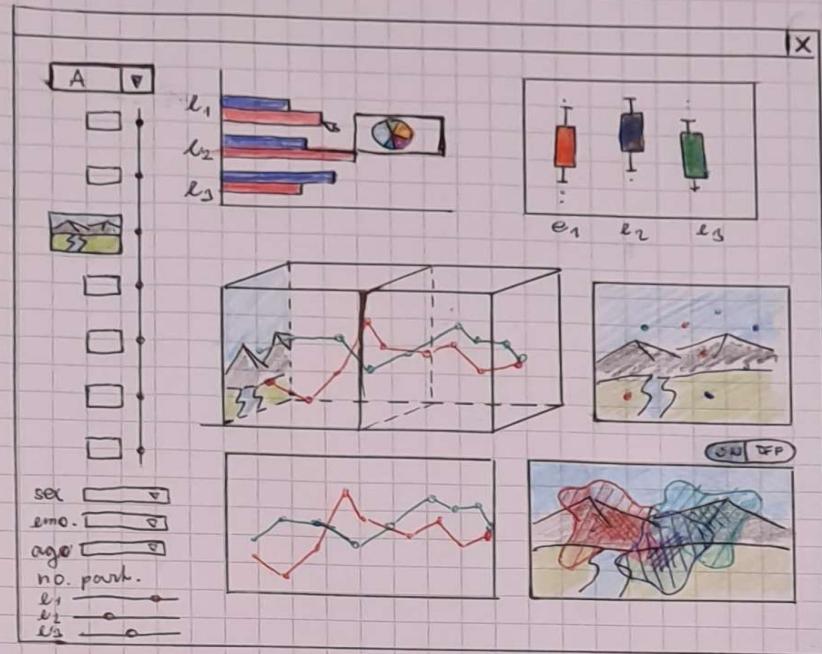
## OPERATIONS

- ① filtrovanie
  - sek
  - sex
  - ~~emo~~ emócie
  - počet participantom
- ② náhľad obrázkového sútu + posun v rámci náhľu
- ③ náhľad časového intervalu v rámci času - priestorovej hľadby
  - ↳ Zobrazovanie rozorov v rámci rozsahu
  - zoom, rotácia
  - vyberanie konkrétneho participanta / emócie
- ④ možnosť myknúť obrázok pre heat-map pre ľahšie zobrazenie rozorov

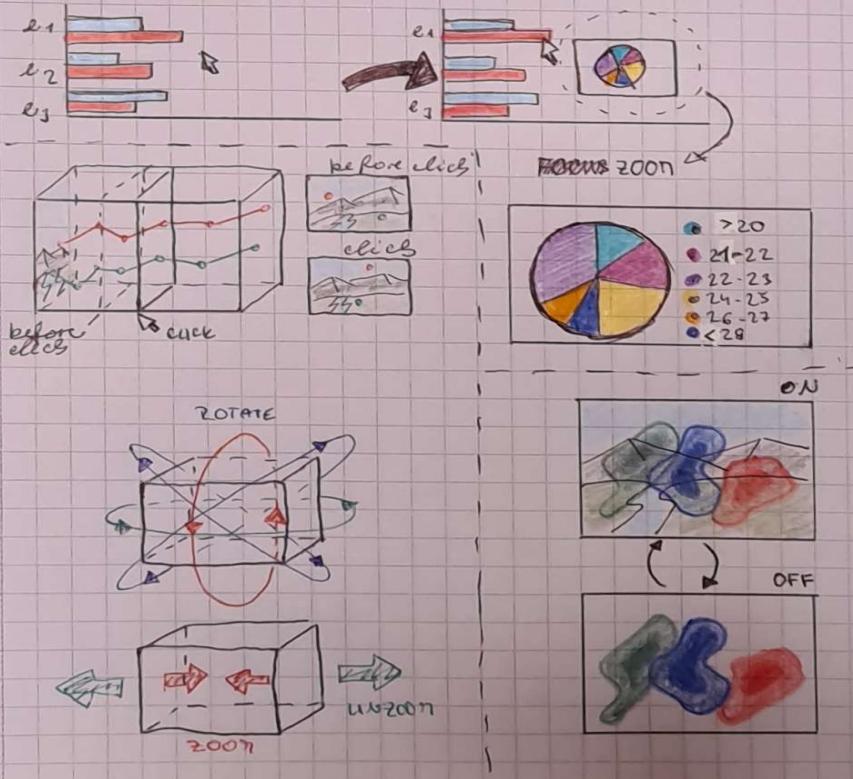
## DISCUSSION

- ⑤ filtrovanie na jednom mieste (následky operácií sú položky)
- lemovaný počet využívaných spôsobov spojením náhľadu obr. a heat map
- ⑥ nie všetky prvky sú prepojené

## LAYOUT



## FOCUS



## INFORMATION

TITLE: Visualizácia Eye-tracking  
 dňať vyučovacích emócií  
 AUTHOR: P. Kuchta, S. Szabóvá  
 DATE: 2.3.2023  
 SHEET 5

## OPERATIONS

### FILTRÉ:

- rok
- emócia
- pohyby
- počet participantov pre jednotlivé emócie
- roba obrázkovy súbor
- roba kontextuálneho obrázku

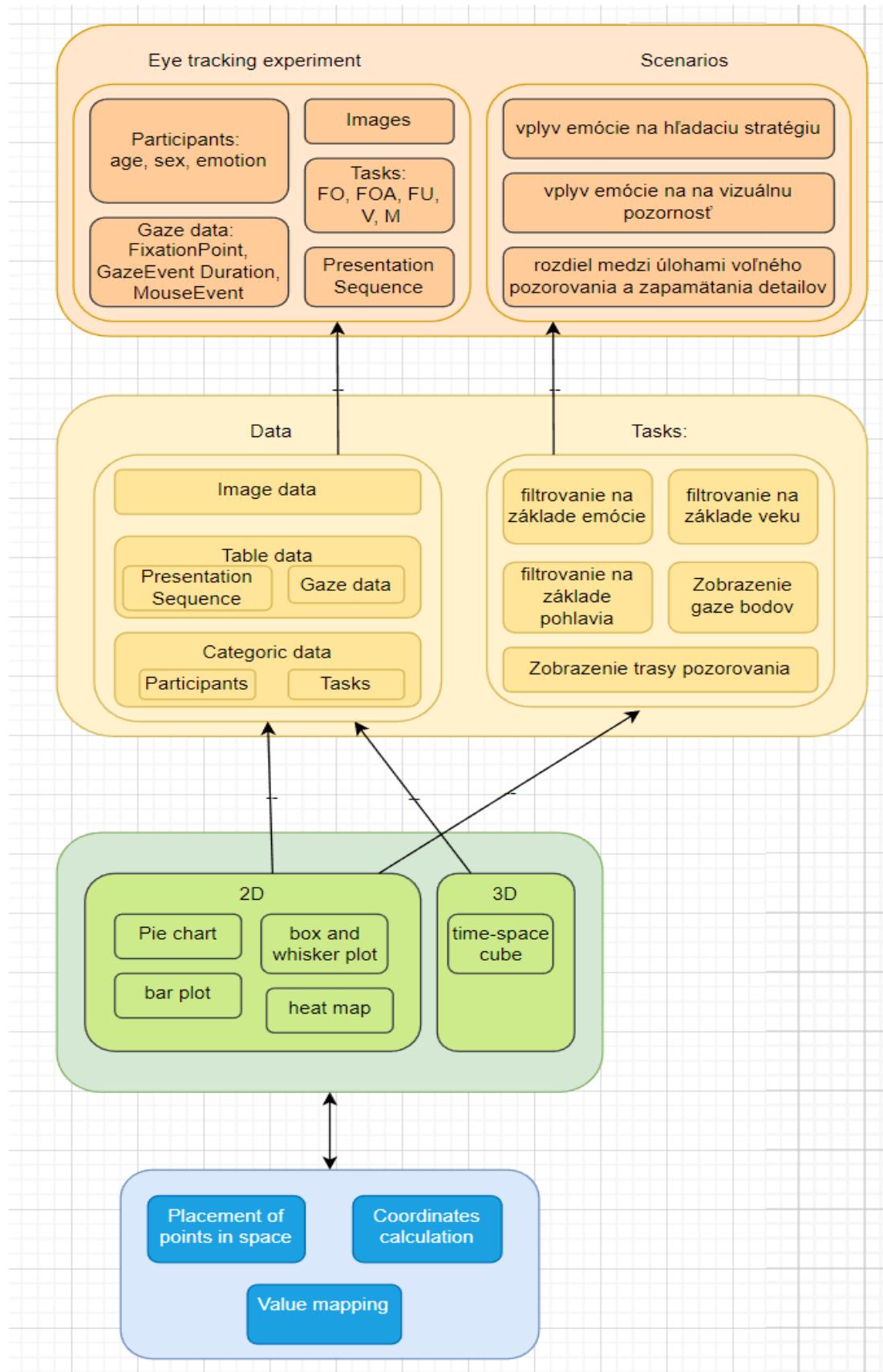
### DETAIL:

- zobrazenie rebus na polohu pie-chart pri prejednom myšom nad barem chart
- 'rypnutie' (seryfus) obrázkov pri heatmape
- manipulácia o časoch
- prešetrovanie robočou
- priblíženie
- rybok kontextuálneho participantu
- rotácia
- mýber časovej mestov

### DETAIL

- dataset eye-tracking  
dňať vyučovacích emócií
- Prostredie
  - React Three Fiber
  - Next JS
  - Next JS a API volania
  - Drei (Three fiber  
zorgstüm helper  
fun leci)

**PRÍLOHA B**  
**NESTED BLOCKS AND GUIDELINES**



**PRÍLOHA C**  
**PRIPOMIENKY**

- Zpracovanie trás v čase.
- Zpracovanie trás pre obrázky voľného pozorovania
- Zmení náhľad obrázka na viac užitočnú vizualizáciu
- Implementovanie všetkého čo sa dalo ako nastavenie pre užívateľa
- Optimalizovanie aplikácie