

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Diplomová práce

Automatizace vyhodnocování dat UX výzkumu z hlediska sledování očí

Bc. Michal Flodr

© 2023 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michal Flodr

Informatika

Název práce

Automatizace vyhodnocování dat UX výzkumu z hlediska sledování očí

Název anglicky

Automation of UX research data from eye tracking

Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je návrh a následná analýza UI prototypu webové aplikace, která je následně určena pro automatizované zpracování dat z UX výzkumu, shromážděných při využití metody sledování očí (eye-tracking). UI musí být navrženo tak, aby efektivně umožňovalo aplikaci metod strojového učení s cílem automatické identifikace chování uživatele na základě pohybu jeho očí ve webové aplikaci.

Metodika

Metodika teoretické části diplomové práce bude založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů vztahujících se ke zvolenému tématu. Na základě studia odborných zdrojů a analýze stávajícího UI webové aplikace bude sestaven soubor požadavků které má nový návrh aplikace splňovat. Následně bude vytvořen nový prototyp uživatelského rozhraní, který bude podroben sérii testování s cílem odhalit možné nedostatky. Ze zjištěných výsledků testování bude celý prototyp zhodnocen a dále budou navrženy případné úpravy.

Na základě syntézy poznatků teoretické části a vyhodnocení výsledků praktické části budou formulovány závěry práce.

Doporučený rozsah práce

60 – 80 stran

Klíčová slova

UX, použitelnost, Eye tracking, UI, webová aplikace

Doporučené zdroje informací

BERGSTROM, J R. – SCHALL, A J. *Eye tracking in user experience design*. Amsterdam: Elsevier, Morgan Kaufmann is an imprint of Elsevier, 2014. ISBN 978-0-12-408138-3.

BRANSON, S. *UX : learn to design great products for a better user experience*. [New York]: Steven Branson, 2020. ISBN 9798608248474.

HOLMQVIST, K B I. – NYSTRÖM, M. – ANDERSSON, R. – DEWHURST, R. – JAROCZKA, H. – VAN DE WEIJER, J. *Eye tracking : a comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press, 2015. ISBN 978-0-19-873859-6.

KRUG, S. *Nenuťte uživatele přemýšlet! : praktický průvodce testováním a opravou chyb použitelnosti webu*. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2923-4.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Petr Benda, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 14. 7. 2022

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 11. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "**Automatizace vyhodnocování dat UX výzkumu z hlediska sledování očí**" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou vyjádřil své upřímné poděkování všem, kteří se podíleli na této diplomové práci a souvisejícím výzkumu za jejich přátelské jednání a vyjádřenou podporu.

Chtěl bych však zvlášť vyjádřit velký dík vedoucímu této závěrečné práce, Ing. Petru Bendovi, Ph.D. za jeho vynikající a neustálou podporu, kterou mi poskytoval během celé doby psaní této práce. Velkou dávkou trpělivosti a vstřícnosti. Jeho cenné rady a doporučení, které mi byly nesmírně užitečné a za něž jsem mu neskonale vděčný.

Dále bych rád poděkoval i svým bývalým kolegům z katedry KIT na PEF ČZU za jejich propůjčenou expertízu v oblasti laboratorního testování, uživatelské zkušenosti, bez které by se tato práce neobešla.

V poslední řadě bych rád poděkoval svým rodičům za projevenou morální a psychickou podporu, bez které bych se při psaní práce nemohl obejít.

Automatizace vyhodnocování dat UX výzkumu z hlediska sledování očí

Abstrakt

Tato diplomová práce zkoumá aplikaci technologie sběru dat pomocí sledování pohybu očí. Cílem diplomové práce je návrh a následná analýza UI prototypu webové aplikace, která je následně určena pro automatizované zpracování dat z User experience (UX) výzkumu, shromážděných při využití metody sledování očí (eye-tracking).

Rozhraní (UI) musí být navrženo tak, aby efektivně umožňovalo aplikaci metod strojového učení s cílem automatické identifikace chování uživatele na základě pohybu jeho očí ve webové aplikaci.

V teoretické části práce jsou uvedeny pojmy a principy, které s tématem práce a aplikovaným metodickým postupem věcně souvisí. Také jsou zde uvedeny způsoby k doplnění a obohacení sběru dat pomocí technologií ke sledování pohybu očí, jakožto i způsoby zachycování a grafickému vyjádření získaných dat.

V praktické části je prvním krokem testování stávajícího návrhu prototypu webové rozhraní formuláře. Testování se celkem účastnilo 151 jedinců, z nichž u 53 byla diagnostikována určitá forma zrakového postižení.

Výsledky laboratorního testování poukazují na řadu důležitých poznatků, které se týkají rozmístění některých elementů nacházejících se v prototypu formuláře. Z těchto zjištění lze vyvodit závěry, které vedou k úpravě stávajícího návrhu formuláře, který může být použit pro další sérii laboratorního testování a sběru eye-trackingových dat.

Klíčová slova: UX, použitelnost, Eye tracking, UI, webová aplikace

Automating the evaluation of UX research data from the perspective of eye tracking

Abstract

This thesis explores the application of data collection technology using eye movement tracking. The aim of the thesis is the design and subsequent UI analysis of a prototype web application, which is then intended for automated processing of User Experience (UX) research data collected using eye-tracking.

The interface (UI) must be designed to effectively allow the application of machine learning methods to automatically identify user behaviour based on the user's eye movements in the web application.

The theoretical part of the thesis presents concepts and principles that are substantively related to the topic of the thesis and the applied methodological approach. Also, ways to complement and enrich data collection using eye movement tracking technologies are presented, as well as ways to capture and graphically represent the collected data.

In the practical part, the first step is to test the existing prototype design of the web form interface. A total of 151 individuals participated in the testing, 53 of whom were diagnosed with some form of visual impairment.

The results of the laboratory testing point to several important insights regarding the placement of some of the elements found in the prototype form. From these findings, conclusions can be drawn that lead to modifications to the current form design that can be used for the next series of laboratory testing and eye-tracking data collection.

Keywords: UX, usability, eye tracking, UI, web application

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 1 Úvod..... | 11 |
| 2 Cíl práce a metodika | 12 |
| 2.1 Cíl práce | 12 |
| 2.2 Metodika..... | 12 |
| 3 Teoretická východiska | 13 |
| 3.1 Lidský zrak | 13 |
| 3.1.1 Charakteristika lidského oka | 14 |
| 3.1.2 Pohyb očí..... | 15 |
| 3.2 Zraková postižení | 18 |
| 3.2.1 Astigmatismus..... | 19 |
| 3.2.2 Hyperopie..... | 20 |
| 3.2.3 Myopie | 20 |
| 3.2.4 Strabismus..... | 21 |
| 3.2.5 Šedý zákal | 21 |
| 3.2.6 Barvoslepost..... | 22 |
| 3.2.7 Nystagmus..... | 23 |
| 3.3 Eye-tracking | 23 |
| 3.3.1 První implementace..... | 25 |
| 3.3.2 Technologie Eye-trackingu | 25 |
| 3.3.3 Klasický Eye-tracking..... | 27 |
| 3.3.4 Brýle pro sledování očí | 27 |
| 3.3.5 Fixace pozice hlavy..... | 28 |
| 3.3.6 Eye-tracking mimo akademickou činnost..... | 30 |
| 3.4 Měřitelné údaje o pohybu očí..... | 31 |
| 3.4.1 Metriky související s fixacemi | 31 |
| 3.4.2 Metriky související se sakádami | 32 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.4.3 | Metriky související se skenováním a zrakovými cestami..... | 33 |
| 3.4.4 | Metriky velikosti zornice a frekvence mrkání | 34 |
| 3.5 | Technologie k doplnění eye-trackingu..... | 34 |
| 3.5.1 | Elektrookulografie (EOG) | 34 |
| 3.5.2 | Videookulografie | 35 |
| 3.5.3 | Měření pomocí referenčního objektu..... | 35 |
| 3.6 | Heat mapy | 36 |
| 3.6.1 | Způsoby využití heat map..... | 37 |
| 3.6.2 | Počet fixací | 38 |
| 3.6.3 | Absolutní doba trvání pohledu..... | 39 |
| 3.6.4 | Procentuální podíl vzorku | 40 |
| 3.7 | Strojové učení..... | 41 |
| 3.7.1 | Supervizované učení | 41 |
| 3.7.2 | Nesupervizované učení | 42 |
| 3.7.3 | Posilující učení..... | 42 |
| 3.8 | Machine vision | 42 |
| 3.9 | User experience..... | 43 |
| 3.9.1 | User..... | 43 |
| 3.9.2 | User experience..... | 44 |
| 3.9.3 | Usability..... | 45 |
| 3.9.4 | UX Design proces | 45 |
| 3.10 | User interface | 52 |
| 3.10.1 | Graphical user interface (GUI) | 53 |
| 3.10.2 | Command line interaface (CLI)..... | 53 |
| 3.11 | Prototypy a prototypování aplikací | 54 |
| 3.11.1 | Drátové modely..... | 54 |
| 3.11.2 | Papírový prototyp | 55 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.11.3 | Digitální prototyp..... | 55 |
| 3.12 | Uživatelské testování..... | 56 |
| 3.12.1 | Testování..... | 56 |
| 3.12.2 | Kvantitativní testování..... | 56 |
| 3.12.3 | Kvalitativní testování..... | 58 |
| 4 | Vlastní práce | 59 |
| 4.1 | Problematika uživatelského chování a webových formulářů..... | 59 |
| 4.2 | Návrh formuláře pro sběr dat | 60 |
| 4.2.1 | Obor uživatelských akcí..... | 60 |
| 4.2.2 | Podoba formuláře..... | 61 |
| 4.3 | Testování v laboratoři použitelnosti..... | 66 |
| 4.3.1 | GDPR a shromažďování údajů o participantech..... | 66 |
| 4.3.2 | Tobii user studio..... | 67 |
| 4.3.3 | Nastavení snímacího SW | 68 |
| 4.3.4 | Kalibrace eye-trackingu | 68 |
| 4.3.5 | Princip 9 bodové kalibrace..... | 69 |
| 4.3.6 | Průběh testování..... | 71 |
| 5 | Výsledky a diskuse | 74 |
| 5.1 | Charakteristika testovací skupiny..... | 74 |
| 5.2 | Analýza nahrávek | 75 |
| 5.3 | Získané poznatky o chování participantů | 76 |
| 5.4 | Heat mapy..... | 77 |
| 5.5 | Úpravy prototypu | 82 |
| 6 | Závěr..... | 86 |
| 7 | Seznam použitých zdrojů..... | 88 |
| 8 | Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk | 91 |

1 Úvod

V současném světě se vytváří stále větší a větší množství dat, která jsou dále využívána na polích širokého množství vědecko-výzkumných disciplín. S nepřehledným množstvím dat požadavky na rychlost a preciznost jejich zpracování narůstají závratným tempem. Právě ve sféře zpracování dat se ukazuje technologie umělé inteligence jako velice vhodný a robustní nástroj na jejich zpracování, který má rovněž široké možnosti aplikací.

Jednou z možných aplikací umělé technologie je posouzení a kvantifikování eye-trackingových dat sesbíraných během uživatelských výzkumů. Význam takovýchto dat spočívá především v možnosti nahlédnout na věc doslova skrze oči uživatelů a porozumět tak problémům, se kterými se během používání nejrůznějších nástrojů potýkají.

Tato práce se zaměřuje zejména na sběr dat pomocí technologie sledování očí, získaných za účelem lépe porozumět potřebám uživatelů se snahou docílit co nejvyššího standardu uživatelské zkušenosti a použitelnosti.

Rovněž klademe důraz na možnosti analýzy získaných dat pomocí umělé inteligence a dalších nástrojů jako jsou kupříkladu strojové vidění.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je návrh a následná analýza UI webové aplikace pro automatizované zpracování dat, která jsou shromážděna při využití metody sledování očí. UI musí být navrženo tak, aby efektivně umožňovalo aplikaci metod strojového učení s cílem automatické identifikace chování uživatele na základě pohybu jeho očí ve webové aplikaci.

2.2 Metodika

Metodika teoretické části diplomové práce bude založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů vztahujících se ke zvolenému tématu. Na základě studia odborných zdrojů a analýze stávajícího UI webové aplikace bude sestaven soubor požadavků, které má nový návrh aplikace splňovat.

Následně bude vytvořen nový prototyp uživatelského rozhraní, který bude podroben sérii testování s cílem odhalit možné nedostatky. Ze zjištěných výsledků testování bude celý prototyp zhodnocen a dále budou navrženy případné úpravy. Na základě syntézy poznatků teoretické části a vyhodnocení výsledků praktické části budou formulovány závěry práce.

3 Teoretická východiska

3.1 Lidský zrak

Lidský zrak je složitý mechanismus, který umožňuje vnímat vizuální informace z okolního prostředí. Zrak vychází z oka, které je složeno z mnoha částí, jako je například rohovka, čočka, sítnice a nervový systém.

Při vnímání vizuálních informací paprsek světla prochází rohovkou a čočkou a pak se usazuje na sítnici. Sítnice je místem, kde dochází k transformaci světla na nervové impulsy, které jsou poté přenášeny do mozku pomocí optického nervu. Mozek pak zpracovává tyto informace a umožňuje nám vidět okolní svět.

Lidský zrak má několik charakteristik, které jsou důležité pro jeho funkci. Jednou z těchto charakteristik je rozlišovací schopnost, což je schopnost rozlišit dva blízké body. Tato schopnost je ovlivněna faktory, jako jsou velikost oka, délka vlny a kvalita optických komponent oka. (Synek & Skorovská, 2014)

Další charakteristikou lidského zraku je citlivost na světlo. Míra světelné citlivosti totiž určuje, jak velké množství světla je potřeba k tomu, aby byl vizuální stimul okem zachytitelný a vnímatelný. Tato schopnost je ovlivněna mnoha faktory, včetně stáří, genetických faktorů a stavu zrakového systému.

Lidský zrak má také schopnost adaptace, což znamená, že se může přizpůsobit různým úrovním světla v okolním prostředí. Adaptace je ovlivněna faktory, jako jsou velikost zorného pole a stav zrakového ústrojí jedince jakožto i genetické predispozice jedince.

V neposlední řadě je lidský zrak ovlivněn mnoha faktory, včetně genetických faktorů, stáří, nemocí a vnějších vlivů. Pro udržení zdraví očí a dobrého vidění je důležité pravidelně navštěvovat očního lékaře a chránit oči před škodlivými vlivy, jako jsou přímé sluneční paprsky a kouř. (Kandel, et al., 2000)

3.1.1 Charakteristika lidského oka

Zrak je u lidí nejsilnější a nejvíce využívaný smysl. Obě oči poskytují zhruba eliptický obraz prostoru o úhlovém rozpětí přibližně 200° na šířku a 130° na výšku (Biedert a kol., 2010). Struktura lidského oka je uzpůsobena potřebě promítnout paprsek světla na sítnici. Oko propouští světlo skrz zornici, následně je obraz převrácen a zaostřen na zadní stranu oční bulvy – sítnici. Světlo dopadající na sítnici pak způsobuje chemické přeměny ve světločivých buňkách. Těmi jsou tyčinky a čípky, které přemění dopadající světlo v elektrické impulzy, které jsou pomocí očního nervu přeneseny do mozku.

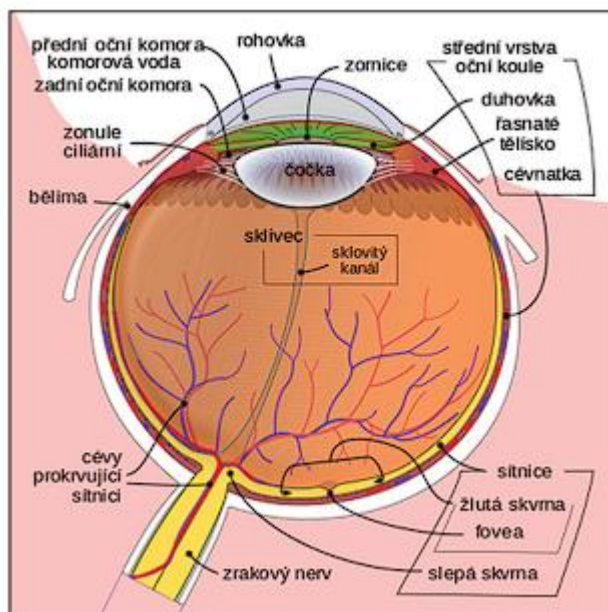
Oční bulva má tvar kulovitého charakteru s průměrem téměř 23 mm. V oční štěrbině mezi očními víčky se nachází pouze malá přední část oční bulvy. Zbytek zrakového ústrojí se nachází v zadní části oka, kde se nalézá očníce.

Oční bulva se sestává z předního a zadního pólu, kde přední pól odpovídá vrcholu rohovky. Oba tyto póly jsou spojeny geometrickou oční osou. Tato osa, avšak není totožná se zornou osou oka, která spojuje žlutou skvrnu a optický středový bod oka. (Synek & Skorovská , 2014)

Stěna oční bulvy se skládá ze zevní vazivové vrstvy (bělma a rohovka), prostřední vrstvy skládající se z cévnatky, řasnatého tělíska a duhovky. Poslední, vnitřní vrstva oční bulvy obsahuje sítnici oka.

Uvnitř v oční kouli se nacházejí číré struktury, které propuštěním a soustředěním dopadajících světelných paprsků lámou procházející světlo tak, aby dopadalo na sítnici oka. Tyto struktury jsou tvořeny oční čočkou, sklivcem a přední a zadní komorou oční. (Synek & Skorovská , 2014)

Obrázek 1 - Sestava oka



Zdroj: (Synek & Skorovská , 2014)

3.1.2 Pohyb očí

Pravděpodobně nejvýznamnějším druhem v kategorii pohybu očí je právě fixace. Fixace je pojem, který vyjadřuje schopnost oka udržet v pozornosti zaměřený bod v prostoru. Obvykle délka fixace trvá v rozmezí mezi od několika desítek milisekund po pár sekund. Označení termínem „fixace“ ovšem není úplně přesné, neboť oko není v žádném momentě s úplnou přesností fixováno na jeden daný body v prostoru. Během fixací můžeme rozeznat trojici základních mikropohybů. Tyto mikropohyby se rozlišují do kategorií označených jako tremor, drift a mikrosakády.

Obrázek 2 - Druhy mikropohybů



Zdroj: Martinez-Conde a Macknik, 2008

Tremor je druh pohybu oka s frekvencí blížící se 90 Hz, přesný smysl a funkce tremorů zatím nejsou doposud známy. Avšak doposud provedené výzkumy naznačují, že by se mohlo jednat o důsledek neschopnosti svalů ovládajících lidské oko o přesné a jemné ovládní.

Jako drifty jsou označovány pomalé pohyby, které mají klouzavý charakter. Tento druh pohybu posouvá oko mimo střed fixace. Pro představu, za 200 ms se osa pohledu může u průměrného člověka odchytil až o 6 úhlových míst. Tím pádem se výsledný obraz na sítnici oka posune o přibližně 10-15 čípků. (Synek a Skorovská, 2014).

Role mikrosakád spočívá ve vrácení oka zpět do středu fixace. Funkcí těchto pohybů je zabránit efektu saturace receptorů na sítnici, který by vedl ke slábnutí vidění. Lidé si těchto drobných pohybů nejsou vědomi (Biedert a kol., 2010). Mikropohyby probíhající během fixací je možné zaznamenat pouze s využitím vysokofrekvenčních eye-trackerů a jejich studiem se zabývá neurologie. Lze je využít například v klinických studiích zabývajících se autismem (van der Geest a kol., 2001).

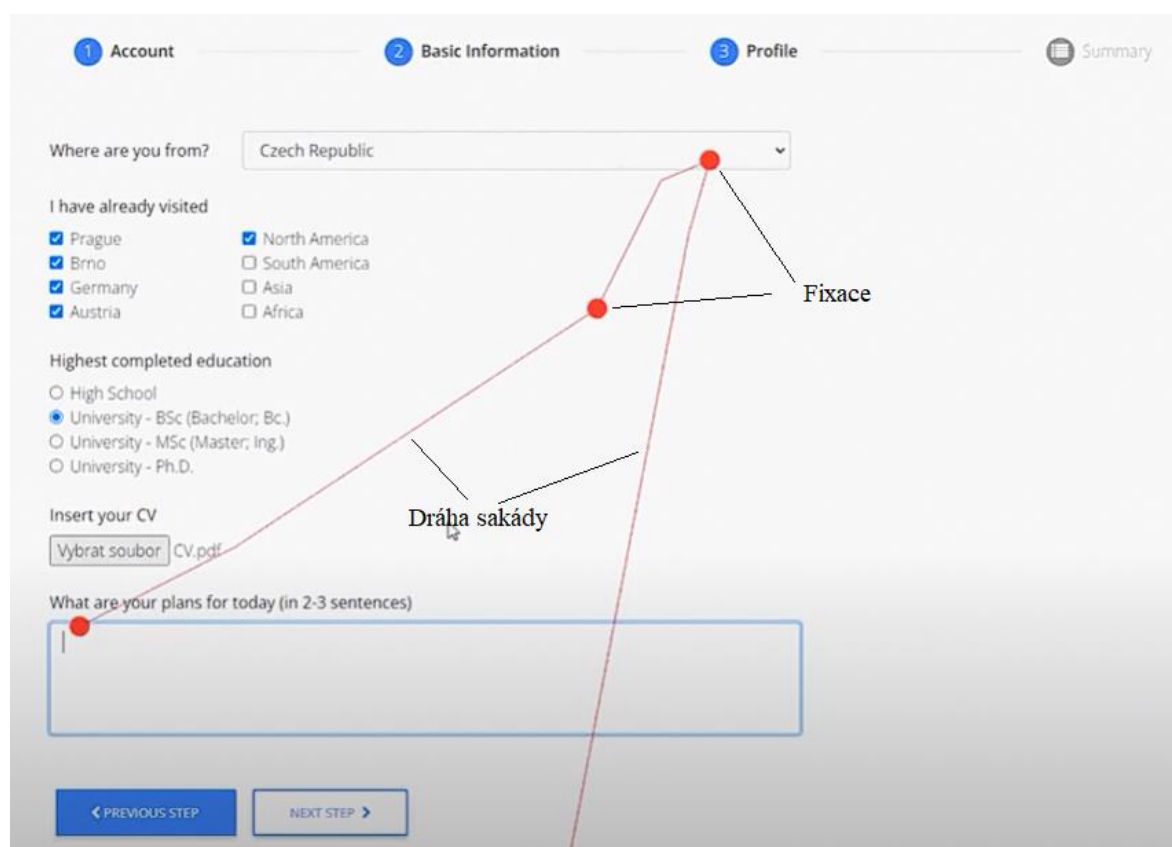
K přesunu mezi fixacemi dochází s použitím rychlých trhavých pohybů označovaných jako sakády. Tento druh pohybu představuje zatím nejrychlejší druh pohybu, kterého je lidské tělo schopné. Laboratorní testování zatím odhalilo, že některé ze sakád mohou dosáhnout rotační rychlosti až 500°/s. Běžná délka sakád se uvádí okolo 30-80 ms. (Holmqvist, et al., 2011).

Jako velice pozoruhodné můžeme vnímat fakt, že během výskytu sakád lidský mozek neregistruje žádný vizuální vjem. Tato skutečnost není způsobena pouze rozmazáváním vnímaného obrazu, ale také nervovým procesem označovaným „sakadické potlačení“. (Hammoud a Mulligan, 2008).

Díky této skutečnosti například není pro člověka možné sledovat pohyb vlastních očí v zrcadle. S použitím technologie eye-trackingu se obvykle jako sakády označují přímé spojnice mezi fixačními body, avšak jen velice vzácně tomu tak ve skutečnosti je. Ve skutečnosti sakády mnohdy nabývají různých druhů zakřivení a tvarů. (Bojko, 2009)

Nezanedbatelné množství sakád také nekončí přesně ve středu následující fixace, pohyb oka se totiž těsně před zastavením rozkolísá. Tento postsakadický pohyb bývá označován jako glisáda. Běžně oko provede 3–4 sakády za sekundu, což znamená, že za den jich vykoná 200 000. (Bojko, 2013).

Obrázek 3 - Fixace a sakády



Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

Mezi další pohyby oka patří například smooth pursuit neboli sledovací pohyb, což je pohyb, který oči vykonávají při sledování pomalu se pohybujícího objektu. Příkladem může být například pozorování letadla letícího na obloze (Synek & Skorovská, 2014).

Jestliže se předmět pohybuje rychlostí menší než 20–30°/s, dokáže jej fovea oka přesně sledovat. Začátek pohybů je opožděn asi o 150 ms. Opoždění za pohybujícím se předmětem je vyrovnáváno korekčními sakádami (Synek a Skorovská, 2014).

Sakády a smooth pursuit jsou zcela rozdílné pohyby a řídí je rozdílné části mozku. Na rozdíl od sakád vyžaduje smooth pursuit objekt ke sledování a nelze jej vykonávat ve tmě či před holou zdí. Následující tabulka znázorňuje typické hodnoty délky trvání, amplitudy a rychlosti nejběžnějších pohybů oka. Hodnoty jsou převzaty z publikace Holmqvista a kol. (2011) a mohou se lišit od hodnot udávaných jinými autory.

Obrázek 4 - Parametry pohybu oka

| Pohyb oka | Délka pohybu (ms) | Amplituda ° | Rychlost (°/s) |
|----------------|-------------------|-------------|----------------|
| Drift | 200-1000 | 1-60' | 6-25'/s |
| Tremor | N/A | <1° | 20'/s (max) |
| Smooth pursuit | N/A | N/A | 10-30°/s |
| Fixace | 200-300 | N/A | N/A |
| Sakáda | 30-80 | 4-20° | 30-500°/s |
| Glisáda | 10-40 | 0,5-2° | 20-140°/s |
| Mikrosakáda | 10-30 | 10-40° | 15-50°/s |

Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

3.2 Zraková postižení

V současné době trpí některou z forem zrakového postižení přibližně 3% celkové populace planety. To činí více než 200 milionů lidí na planetě a podle posledních predikcí se toto číslo do roku 2050 více než zdvojnásobí. V české republice trpí nějakou formou zrakového postižení téměř 75 tisíc obyvatel.

Mezi nejčastější formy zrakového postižení patří refrakční chyby, jako je krátkozrakost (myopie), dalekozrakost (hyperopie) a astigmatismus. Tyto chyby mohou být korigovány pomocí brýlí nebo kontaktních čoček.

Refrakční chyby jsou oční vady způsobené nesprávným lomem světla v oku. K lomu světla dochází na rohovce a čočce, které se chovají jako čočky ve fotoaparátu a zaostřují světelné paprsky na sítnici.

Refrakční chyba vzniká, když světlo procházející okem není korektně zaostřeno na sítnici, což vede ke zkreslení vidění. Tato chyba může být způsobena buď nesprávným zakřivením čočky v oku, nebo nesprávným zakřivením rohovky. Pokud je rohovka příliš zakřivená nebo

příliš plochá, světlo se bude lomit nekorektně a vytvoří se rozmazaný obraz na sítnici. Podobně, pokud má čočka v oku nesprávný tvar, světlo se nekorektně lomí a vytváří se zkreslený obraz.

Další způsoby zrakových postižení zahrnují kataraktu, glaukom, degeneraci sítnice a další nemoci, které mohou postihnout různé části oka a způsobit trvalé poškození zraku.

Některé zrakové postižení mohou být korigovány chirurgickými zákroky, jako je například korekce krátkozrakosti pomocí laserového zákroku LASIK. Nicméně, chirurgické zákroky nejsou vhodné pro všechny typy zrakových poruch a mohou být spojeny s riziky a komplikacemi.

Pro osoby s některým druhem zrakového postižení mohou být užitečné různé pomůcky, jako jsou například speciální osvětlení. Tyto pomůcky mohou pomoci zlepšit kvalitu života osob se zrakovým postižením.

Hlavní prevencí proti zrakovému postižení s trvalými následky je zejména včasná diagnostika a pravidelně prováděné oční vyšetření. Způsoby prevence a léčby zrakových postižení jsou klíčovými faktory při ovlivňování kvality života člověka s takovýmto druhem hendikepu.

3.2.1 Astigmatismus

Astigmatismus je jedním z nejčastějších typů refrakčních chyb oka, které ovlivňují kvalitu zraku. Jedná se o stav, kdy je zakřivení rohovky nepravidelné, což způsobuje, že světlo se lomí na různých místech rohovky a vytváří tak rozmazaný a zkreslený obraz.

Astigmatismus se často vyskytuje v kombinaci s krátkozrakostí nebo dalekozrakostí. Tato kombinace může způsobit další problémy s viděním, jako je potřeba soustředit se na objekty nebo snížení zorného pole a ztráta schopnosti zaznamenat dění ve sféře periferního vidění.

Existují dva typy astigmatismu: pravidelný a nepravidelný. Pravidelný astigmatismus je způsoben symetrickým zakřivením rohovky, zatímco nepravidelný astigmatismus může být způsoben nesymetrickým zakřivením nebo jinými faktory, jako je například jizva na rohovce.

Diagnostiku astigmatismu provádí oční lékař pomocí refraktometru, který měří lomivost oka a určuje přesné dioptrie refrakční vady. Pro korekci astigmatismu se používají brýle nebo kontaktní čočky s cylindrickou dioptrií, která koriguje nepravidelné zakřivení rohovky.

Chirurgické řešení astigmatismu je také možné pomocí LASIK operace, která mění tvar rohovky laserovým zákrokem. Tato metoda může být účinná při korekci mírného až středně silného astigmatismu.

3.2.2 Hyperopie

Hyperopie, také nazývaná dalekozrakost, je běžné zrakové postižení, které postihuje velkou část populace. Při hyperopii může být obraz, který vidíme, neostřejší, než by měl být. Tento problém se vyskytuje tehdy, když oční čočka a rohovka nedokáží ohnout světlo tak, aby se obraz dostal na správné místo na sítnici.

Hyperopie se obvykle vyskytuje v důsledku toho, že buď oční bulva (axiální hyperopie) nebo refrakční síla rohovky a čočky (lomová hyperopie) je příliš slabá. Lidé s hyperopií často mají potíže s čtením nebo viděním blízkých předmětů a mohou mít také problémy s oční únavou nebo bolestmi hlavy.

Hyperopie může být korigována brýlemi nebo kontaktními čočkami, které pomáhají ohýbat světlo tak, aby se obraz dostal na správné místo na sítnici. V některých případech může být nutné chirurgické řešení, které může pomoci změnit tvar rohovky a zlepšit lomovou sílu oka.

Výzkum v oblasti hyperopie se stále rozvíjí, a to včetně zkoumání genetických faktorů, které mohou hrát roli v tom, kdo může mít tendenci k tomuto postižení. Studie také zkoumají dopady hyperopie na rozvoj dětského zraku a vývoj školních dovedností.

3.2.3 Myopie

Myopie, zvaná také krátkozrakost, je jedním z nejčastějších refrakčních vad oka. Myopie se vyskytuje, když rohovka nebo čočka příliš silně lomí světlo a obraz se zaostřuje před sítnicí namísto na ní. To vede k tomu, že pacienti vidí vzdálené předměty rozmazaně, zatímco blízké předměty jsou jasně viditelné.

Myopie může být dědičná nebo způsobena prostředím, jako je čtení v nedostatečně osvětleném prostoru nebo nadměrné používání digitálních zařízení. V posledních letech se myopie stává stále více rozšířenou v populaci, což má pravděpodobně spojitost se změnami v životním stylu a nárůstem používání digitálních zařízení.

Korekce myopie se obvykle provádí brýlemi nebo kontaktními čočkami, které kompenzují silné lomivé vlastnosti oka. Alternativními metodami jsou refraktivní chirurgie, jako je LASIK nebo PRK, které trvale upravují tvar rohovky a snižují refrakční chyby.

3.2.4 Strabismus

Strabismus, také známý jako šilhání, je oční porucha, která způsobuje, že oči nejsou správně zarovnané. U osob se strabismem se jedno nebo obě oči mohou pohybovat jiným směrem než zbytek obličeje. To může vést ke dvojitému vidění, problémům se soustředěním a sníženému zraku.

Existují různé typy strabismu, včetně esotropie (kdy se jedno oko otáčí směrem k nosu) a exotropie (kdy se jedno oko otáčí směrem ven). Strabismus může být přítomný od narození, nebo se může vyvinout později v dětství nebo v dospělosti. Příčiny strabismu jsou různé, ale mohou zahrnovat genetické faktory, poranění hlavy nebo problémy s nervovým systémem.

Diagnóza strabismu zahrnuje vyšetření očí a testy na posouzení zarovnání očí. Léčba strabismu se může lišit v závislosti na příčině a závažnosti poruchy. Může zahrnovat nošení brýlí nebo kontaktních čoček, tréninkové cvičení očí, chirurgii a v některých případech i terapii šilhání.

Strabismus může mít negativní dopad na kvalitu života pacienta, včetně narušení estetického vzhledu obličeje, sociální izolace a snížení sebevědomí. Proto je důležité co nejdříve vyhledat odbornou pomoc a řešit poruchu.

3.2.5 Šedý zákal

Šedý zákal (katarakta) je nejčastější příčinou ztráty zraku u lidí starších 50 let. Jedná se o postupné zhoršování kvality čočky, což vede ke snížení průchodu světla a rozmazání

obrazu na sítnici. Tento proces může být způsoben různými faktory, jako jsou věk, genetické faktory, metabolické poruchy, záněty nebo traumatická poranění.

Symptomy šedého zákalu mohou zahrnovat rozmazané vidění, sníženou ostrost zraku, zhoršenou vnímavost kontrastu a potíže s rozlišováním barev. Pokud se šedý zákal nechá neléčen, může vést k postupnému zhoršování zraku až do slepoty.

Léčba šedého zákalu spočívá v chirurgickém odstranění poškozené čočky a nahrazení umělou intraokulární čočkou. Tato operace se nazývá kataraktová operace a je považována za bezpečnou a účinnou. Po operaci se většina pacientů vrátí k dobrému vidění a zlepšení kvality života.

Existují různé typy šedého zákalu, jako je například jaderný, kortikální nebo zadní subkapsulární katarakta, které se liší v místě poškození čočky. Pro přesnou diagnózu a stanovení vhodné léčby je nutné konzultovat očního lékaře.

3.2.6 Barvoslepost

Barvoslepost, také známá jako dyschromatopsie, je oftalmologické onemocnění, při kterém je postižen vnímání barev. Toto postižení může být způsobeno buď geneticky, nebo získané v důsledku poškození očí nebo nervového systému.

Vnější faktory, jako jsou špatné světelné podmínky nebo znečištění ovzduší, mohou mít také vliv na vnímání barev, ale v těchto případech se jedná o dočasné změny.

Barvoslepost se obvykle dělí do tří kategorií: protanopie, deuteranopie a tritanopie. Protanopie ovlivňuje vnímání červené barvy, deuteranopie zelené barvy a tritanopie modré barvy.

Toto onemocnění může být diagnostikováno prostřednictvím různých testů, jako je Ishiharův test, který vyžaduje, aby pacient identifikoval čísla vytvořené z různých barev. Léčba pro barvoslepost zatím není známa, ale některé zdroje uvádějí, že speciální brýle nebo kontaktní čočky mohou pomoci s rozlišováním barev.

Výzkum ukázal, že barvoslepost je dědičné a postihuje převážně muže. Zdroje také uvádějí, že některé profese, jako jsou piloti, elektrikáři nebo řidiči, mohou být pro lidi s barvoslepostí problematické.

3.2.7 Nystagmus

Nystagmus je neurologické onemocnění charakterizované nekontrolovanými, rytmickými pohyby očí. Tyto pohyby mohou být horizontální, vertikální nebo rotující a mohou být viditelné pouhým okem. Nystagmus může být příznakem mnoha různých onemocnění, včetně neurologických, očních, vrozených a získaných poruch.

Nejčastějším typem nystagmu je vestibulární nystagmus, který je způsoben poruchou vestibulárního aparátu, tedy struktury v uchu, která kontroluje rovnováhu a polohu těla. Vestibulární nystagmus se obvykle projevuje jako rychlý pohyb očí směrem k jednomu směru, následovaný pomalejším pohybem zpět na výchozí pozici.

Dalším typem nystagmu je optický nystagmus, který je způsoben poruchou očních svalů. Optický nystagmus se obvykle projevuje jako rychlé pohyby očí směrem k jednomu směru, které jsou vyvolány pokusem o fixaci pohybujícího se předmětu.

Nystagmus může být také způsoben neurologickými poruchami, jako je roztroušená skleróza, nebo vrozenými poruchami, jako je albinismus.

Léčba nystagmu se obvykle zaměřuje na léčbu základní příčiny onemocnění. Mohou být také předepsány brýle nebo kontaktní čočky, které pomáhají korigovat poruchy zraku spojené s nystagmem. V některých případech mohou být indikovány chirurgické zákroky.

3.3 Eye-tracking

Eye-tracking neboli technologie sledování očí je souhrnné označení technologií, které monitorují a měří pozici spočinutí lidského oka na ploše daného objektu nebo kdekoliv v prostoru.

Jednoduše řečeno, význam Eye-trackingu se skrývá právě v měření aktivity očí. Tato technologie nám umožňuje sledovat a zaznamenávat polohu oka a jeho pohyb v prostředí na základě optického sledování odrazů rohovky pro posouzení zrakové pozornosti.

Komerční využívání technologie Eye-trackingu je v dnešní době na výstupu. Raná zařízení, která umožňovala monitorování oka byla nesmírně náročná na kalibraci a zároveň bylo jejich používání velice těžkopádné. Soudobá technologie a možnosti její implementace si za dlouhá léta prošli značným vývojem, který takřka vymýtil mnohé nedostatky a neduhy.

Moderní iterace Eye-trackingových zařízení jsou pouze o něco málo větší než chytré telefony nebo další kapesní zařízení a neomezují tak participanty při práci. Právě tato skutečnost a možnost simulovat podmínky z běžného prostředí zvyšuje význam a kvalitu získaných dat ze sledování pohybu oka. (Farnsworth, 2022)

Tento fakt činí z Eye-trackingu velice cenný nástroj při studiu lidského chování, který umožňuje objektivní měření očí v reálném čase.

Aktivita očí se u eye-trackingu dělí na dvě hlavní složky – sakády a fixace. Fixace jsou relativní pauzy v pohybu oka, během kterého se sítnice oka ustálí na konkrétním bodě ve vizuálním prostoru. Naopak sakády se dají popsat jako velice rychlé záchvěvy oří, které tvoří pohyb oka mezi jednotlivými fixacemi. Jinými slovy se jedná o rapidní přesuny pozornosti oka na body v prostoru, kde se nachází informace nutná pro nynější kognitivní úlohu. (Bergstrom & Schall, 2014)

Fixace mají standartní zaznamenanou délku trvání mezi 150 až 600 ms a tvoří téměř 90% zrakové činnosti. Zahrnují i velice drobné pohyby očí jako jsou drobné záchvěvy, drifty nebo mikrosakády. Sakády trvají kdekoliv od 10 do 100 ms a jsou považovány za rapidně vyskytující se změny v pozornosti, které jsou úmyslné. Z provedeného výzkumu bylo rovněž zjištěno, že kromě sakád a fixací existuje i další kategorie pohybu oka, která je nazývána „hladké stíhání objektu“ (smooth object pursuit). Tento druh pohybu se od zmíněných dvou odlišuje snahou oka co nejpřesněji kopírovat trajektorii okem snímaného objektu. (Duchowski, 2007)

Pro správnou interpretaci dat z eye-trackingu je tedy klíčové izolovat fixace, sakády a hladké stíhání objektů, neboť se jedná o způsob zachycení úmyslné vizuální pozornosti.

3.3.1 První implementace

Pokusy o sledování pohybu očí sahají až do první poloviny 19. století, kdy byly používány jednoduché metody jako zrcadla umístěná před očima a následné pozorování očních pohybů. V roce 1879 objevil francouzský neurolog Louis Émile Javal, že čtenáři posouvají své oči během čtení zleva doprava. Javal také zaznamenal, že pohyby očí jsou rychlejší při čtení slov, která nejsou častá.

V roce 1901 americký psycholog Edmund Huey vyvinul první přístroj na sledování očních pohybů s názvem "Oculusics". Tento přístroj byl velmi primitivní a zahrnoval sérii zrcadel, které umožňovaly sledování pohybu očí.

V roce 1914 vytvořil německý psycholog Alfred Yarbus první experiment, při kterém bylo použito sledování očních pohybů. Jeho experimenty ukázaly, že lidé aktivně hledají informace v okolí a to, na co se zaměřují, je ovlivněno kontextem situace. Jeho studie poskytly první důkaz toho, že sledování očních pohybů může poskytnout informace o myšlení a pozornosti.

Další pokrok v oblasti eye-trackingu přišel v 50. a 60. letech 20. století, kdy byly vyvinuty nové technologie a metody pro sledování očních pohybů. Mezi tyto technologie patří například elektrookulografie, která umožňuje zaznamenávat elektrické signály vytvářené pohyby očí, a infračervená technologie, která umožňuje zaznamenávat pohyby očí pomocí infračervených paprsků.

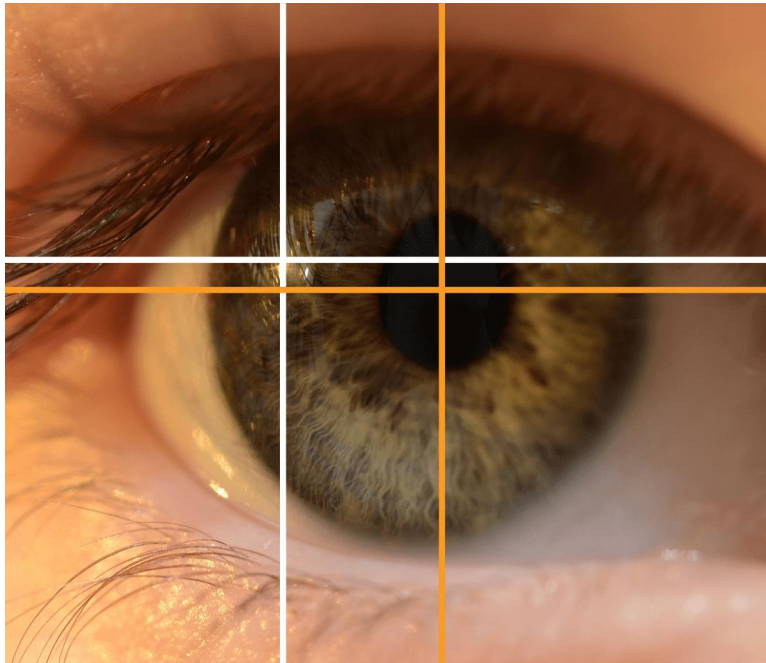
V roce 1977 byl vyvinut první počítačový program na sledování očních pohybů nazvaný "Eye-Mark Recorder". Tento program umožňoval vytvářet záznamy o tom, jak uživatelé reagují na digitální obsah. (Holmqvist, et al., 2011)

3.3.2 Technologie Eye-trackingu

Většina moderních sledovačů očí využívá technologii blízkého infračerveného záření spolu s kamerou s vysokým rozlišením (nebo jiným optickým senzorem) ke sledování směru pohledu. Základní koncept, běžně označovaný jako Pupil Center Corneal Reflection (PCCR), je ve skutečnosti poměrně jednoduchý.

V podstatě zahrnuje kameru, která sleduje střed zornice a místo, kde se světlo odráží od rohovky.

Obrázek 5 - Pupil center corneal reflection (PCCR)



Zdroj: Farnsworth, 2022

Přesnost měření pohybu očí silně závisí na jasném ohraničení zornice a detekci odrazu rohovky.

Laboratorní pokusy naznačují, že světlo z viditelného spektra vytváří nekontrolované odrazy, zatímco osvětlování oka infračerveným světlem – které není lidským okem postřehnutelné – činí vymezení zornice a duhovky snadným úkolem – zatímco světlo vstupující přímo do zornice se odráží od duhovky.

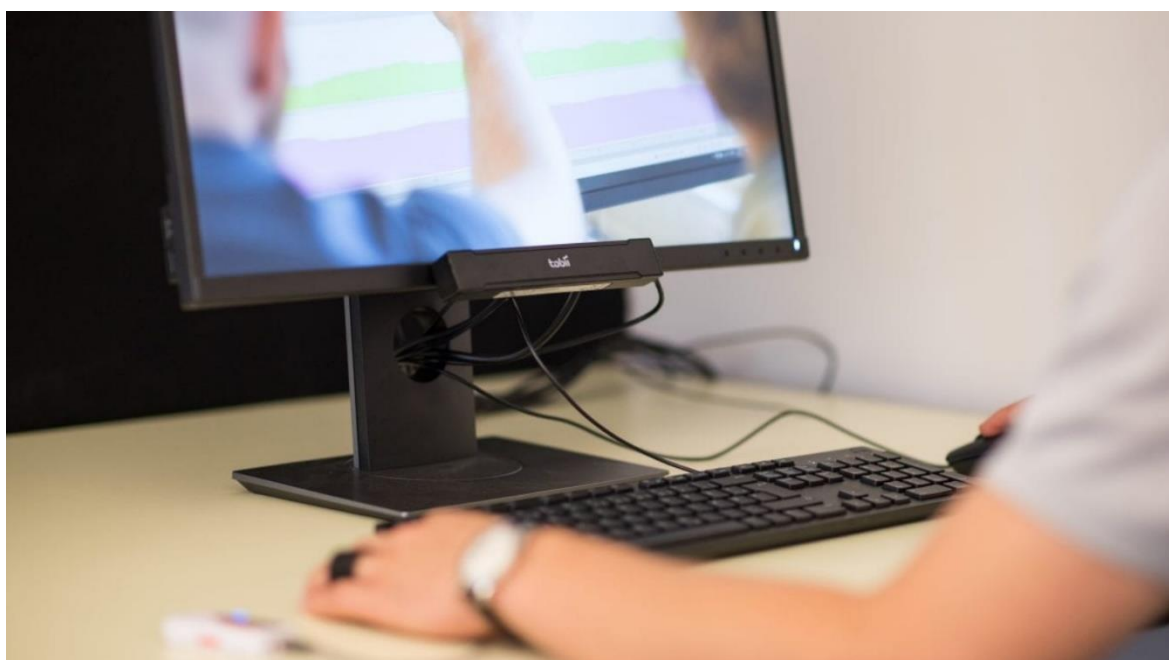
To znamená, že je generován jasný kontrast (s malým šumem), a proto jej mohou snadno následovat algoritmy k zaznamenání oční aktivity jedince a vypočtení fixačních bodů (Farnsworth, 2022)

3.3.3 Klasický Eye-tracking

Klasická implementace eye-trackingu se využívá především pro snímání chování a celkového pohybu očí na obrazovce monitoru. Tato implementace tedy vyžaduje, aby byl respondent usazen u stolu s monitorem, na jehož obrazovku je promítán digitální obsah v podobě snímků, nahrávek, či nějaké aplikace.

I přesto, že se participant během testování nemůže pohybovat s absolutní volností, neboť snímání pohybu očí je v tomto případě výrazně omezené záběrem sledovaného prostoru („head box“), by měl vzniklý prostorový rámec pro pohyb dopřát participantům dostatečnou možnost se hýbat (alespoň jedná-li se o normální rozsah pohybu, u kterého se participant soustředí a plně vnímá obsah promítaný na monitor před ním). (Roche, 2021), (Farnsworth, 2022)

Obrázek 6 - Screen-based eye-tracking



Zdroj: Farnsworth, 2022

3.3.4 Brýle pro sledování očí

Pro některé způsoby testování – field testing – je ovšem nevhodné omezit participantovi možnost se hýbat. Rovněž můžeme chtít sledovat pohyb očí a monitorovat chování

participanta v prostředí, kde není možné uplatnit laboratorní podmínky jako u klasické implementace eye-trackingu.

V takovém případě máme možnost využít speciálního druhu brýlí, který si participant nasadí a není tak nutné, aby seděl přímo před monitorem a pohyboval se pouze minimálně. Tento způsob monitorování nám poskytuje šanci sledovat participanta a monitorovat pohyby jeho očí při interakci s prostředím a kterýmkoliv z jeho prvků. To znamená, že získaná data jsou kvalitnější, neboť je narušení chování participanta z důvodu nošení brýlí minimální až zanedbatelné.

Obrázek 7- Osoba s eye-trackingovými brýlemi



Zdroj: Farnsworth, 2022

3.3.5 Fixace pozice hlavy

Fixace pozice hlavy při sledování očních pohybů pomocí eye-tracking technologie je klíčovým faktorem pro získání kvalitních a reprodukovatelných dat. V průběhu měření je nutné zajistit pevnou fixaci hlavy, aby nedocházelo k nechtěným pohybům, které by mohly ovlivnit výsledky.

K dosažení fixace pozice hlavy se využívají různé metody a zařízení, jako jsou čelní podpěry, opěrky brady, přilby nebo podobná zařízení. Tyto metody jsou důležité nejen pro zajištění stability hlavy jedince, ale také pro filtraci pohybového šumu, který by mohl ovlivnit výsledky měření.

V průběhu výzkumu bylo provedeno mnoho studií, které se zabývaly různými aspekty fixace pozice hlavy během sledování očních pohybů. Mezi nejvýznamnější patří práce od Nyströma et al. (2013), která zkoumala vliv použití brady a čelní podpory na kvalitu dat získaných pomocí eye-trackingu, a dále práce od Unema et al. (2005), která se zabývala vlivem použití různých typů brad na stabilitu hlavy.

Další výzkum se soustředil na vliv věku a kognitivních schopností na fixaci hlavy během měření pomocí eye-tracking technologie (viz např. studie od Pelz a Canosa, 2001). V průběhu posledních let se také objevuje trend využívání virtuální reality k simulaci přirozeného pohledu a zajištění fixace pozice hlavy (viz např. studie od Morimoto et al., 2020).

Ačkoliv fixace hlavy participanta při sledování pohybu očí umožňuje získávání eye-trackingových dat ve vysoké kvalitě, není její použití nijak rozšířené. Důvodem je její vysoká míra restrikce.

Minimalizování pohybu člověka během sledování očních pohybů totiž může u lidí způsobit pocit stísnění, a tak ovlivnit jejich chování a tím i kvalitu dat. Navíc není fyzické omezování pomocí opěrek či rámců přirozené, a tak na data nemůžeme pohlížet jako na reprezentativní vzorek pro podmínky mimo laboratorní testování.

V mnoha studijních oborech se tak od významného omezování pohybů participanta upouští, jelikož zvýšení kvality dat není dostatečný přínosem za tuto cenu. Příklad takovýchto studií mohou být studie, které se soustředí na lidskou interakci nebo na chování člověka v běžné či pracovním prostředí.

Z těchto důvodů je třeba velice pečlivě zvážit jaký druh sledování očí a jaké podmínky u zkoumání zajistit, aby se podařilo obdržet data v dostatečné kvalitě a zároveň je uměle nezkruslovat.

3.3.6 Eye-tracking mimo akademickou činnost

Efektivní využívání eye-trackingu je jedním z předpokladů pro efektivní rozmístění klíčových bloků aplikací, u kterých je nutné, aby si jich uživatelé všimli a bezproblémově je dokázali identifikovat a rozlišit od jiných. Taktéž se díky využití této technologie můžeme dozvědět, kterým částem uživatelé věnují velmi malé procento své pozornosti nebo jaké elementy vynechávají úplně.

Eye-tracking technologie se používá nejenom v rámci vědeckého výzkumu, ale také v průmyslu a marketingu či zdravotnictví. Je to vzhledem k tomu, že umožňuje získat užitečné informace o tom, jak lidé vnímají vizuální podněty, jako jsou například webové stránky, reklamní materiály nebo produkty.

V oblasti marketingu a reklamy může být eye-tracking technologie použita k posouzení toho, jak lidé vnímají reklamní materiály, jako jsou například plakáty nebo televizní reklamy. Tím, že jsou umístěny kamery, které sledují oční pohyby, lze zjistit, na které části reklamního materiálu se lidé nejčastěji dívají a jak rychle se pohybují mezi jednotlivými prvky.

V oblasti průmyslu se eye-tracking technologie často používá k posouzení ergonomie a bezpečnosti práce. Sledováním očních pohybů pracovníků je možné zjistit, jakým způsobem se dívají na své pracoviště a zda jsou vystaveni riziku úrazu nebo přetížení.

Eye-tracking rovněž nachází své využití v diagnostice a léčbě různých poruch zraku a neurologických poruch. Například, eye-tracking může být použit k diagnostice poruch pozornosti a hyperaktivity (ADHD). Výzkum ukázal, že u dětí s ADHD jsou oční pohyby nekoordinované a nesprávně zaměřené. Eye-tracking může být také použit k diagnostice poruch zraku, jako je například nystagmus (rychlé, nekontrolovatelné pohyby očí). Výzkum ukázal, že eye-tracking může být přesnější než klasické metody diagnostiky nystagmu.

Eye-tracking také umožňuje lékařům lépe porozumět, jak pacienti s neurologickými poruchami vnímají vizuální podněty. Například, výzkum ukázal, že pacienti s Alzheimerovou chorobou mají problémy s rozpoznáváním tváří a čtením emotivních výrazů. Eye-tracking umožňuje lékařům sledovat, jak se pacienti dívají na různé vizuální podněty a jakým způsobem je interpretují.

Eye-tracking také může být použit k hodnocení účinnosti léčby u pacientů s neurologickými poruchami. Například, u pacientů s Parkinsonovou chorobou může být eye-tracking použit k hodnocení účinnosti léčby a k monitorování změn v očních pohybech v průběhu času. Eye-tracking může také být použit k hodnocení účinnosti léčby u pacientů s poruchami zraku, jako je například amblyopie (lenočka), kde může být eye-tracking použit k posouzení zlepšení zrakové schopnosti po léčbě.

Dalším využitím eye-tracking technologie mimo vědeckou činnost může být testování uživatelského rozhraní softwaru nebo webových stránek. Sledování očních pohybů uživatelů umožňuje identifikovat problémy v uživatelském rozhraní, jako jsou například špatně umístěná tlačítka nebo nečitelný text.

3.4 Měřitelné údaje o pohybu očí

Před samotným použitím eye-trackingu pro jakékoliv účely je třeba vybrat sadu metrik adekvátních k posouzení míry stimulace zraku participanta při pohledu na předložený stimul. Řada vědeckých článků a publikací nabízí čtyři základní kategorie, do kterých sledované metriky lze zařadit.

Jsou to:

- Metriky související s fixacemi
- Metriky související se sakádami
- Metriky související se skenováním a zrakovými cestami
- Metriky velikosti zornice a frekvence mrkání

3.4.1 Metriky související s fixacemi

Nejrozšířenějším měřitelným údajem získaným během nasazení nástrojů ke sledování pohybu očí jsou právě údaje související s fixacemi. Fixace jsou nejprve identifikovány pomocí algoritmů na bázi identifikace rychlosti změny vnímaného úseku předloženého stimulu, algoritmů, které využívají přirozený rozptyl detekovaných fixačních bodů či algoritmů, které využívají rozdělení stimulu na tzv. „Oblasti zájmu“ (Areas of interest). (Mahanama, et al., 2022)

U fixačního měření jsou nejvíce sledovanými ukazateli právě délky fixací, což je doba, po kterou zrak participanta byl upřen na jeden jediný bod v prostoru a dále počet rozeznávaných fixací.

Jak ve svém výzkumu uvádí Holmqvist et. al (2011), počet fixací se dá dále rozdělit do případů, kdy rozdělujeme obraz stimulu do oblastí zájmu. Tím můžeme sledovat které oblasti mají největší tendenci přitahovat vizuální pozornost participanta.

Druhým způsobem je sledování vývoje počtu fixací během celého sledování stimulu participantem. Právě takovýto údaj použily ve svém výzkumu týmy Goldbeg & Kotval, (1999) a později Jacob & Karn, (2003). Cílem jejich výzkumu bylo zjistit efektivitu a obtížnost vyhledávání informací.

Jak ve svém výzkumu uvádí Rayner, (1978), průměrná délka fixace se pohybuje okolo 200 až 300ms. Salthouse a Ellis, (1980) ve svém výzkumu také poukazují na fakt, že delší trvání fixací znamená hlubší kognitivní aktivitu u participanta.

Z řad dalších výzkumů můžeme rovněž usuzovat, že délka doby trvání fixací může být ovšem velmi proměnlivá. V laboratorním testování byly odhaleny i takové fixace, které trvaly i několik sekund. Oproti tomu bylo zaznamenáno fixační měření s krátkou délkou trvání pohybující se mezi 30 - 40ms. (Mahanama, et al., 2022)

3.4.2 Metriky související se sakádami

U sakadického měření se využívá zejména metrik, které vypovídají o směru, rychlosti, poměru počtu sakadických pohybů za jednotku času či vzdálenosti uražené mezi jednotlivými sakádami.

Pro výpočet trajektorie sakády se využívá souřadnic po sobě jdoucích fixací, které je ohraničují. Hodnota trajektorie pak může, v závislosti na zvoleném výpočtu, být reprezentována diskrétní, absolutní či relativní veličinou.

Vyjádření trajektorie sakády obvykle podléhá metodice a cílům zkoumání. Například hodnota trajektorie sakadického pohybu vyjádřena diskrétním způsobem byla využita při porovnávání strategií vizuálního vyhledávání u různých subjektů. Ke studiu způsobu

vizuální orientace a vyhledávání cílového bodu byla naopak využita absolutní hodnota trajektorie. (Mahanama, et al., 2022)

Promítneme-li počet výskytů sakadického pohybu vzhledem k časovému úseku, dostáváme informaci o frekvenci vykonaných sakadických očních pohybů. U statických podnětů je frekvence sakadických pohybů podobná frekvenci fixace. U dynamicky se pohybujících podnětů je však frekvence sakadických pohybů mírou náhrazkových sakád vytvořených během plynulého sledování (Holmqvist et al., 2011).

U sakadických očních pohybů se dále dá měřit prodleva mezi začátkem podnětu a zahájením tohoto druhu pohybu. V praxi je měření sakadické latence ovlivněno dvěma hlavními faktory: vzorkovací frekvencí zařízení a dobou detekce sakády. Vzorkovací frekvence se týká operační frekvence sledovače očí, kde operační frekvence negativně koreluje s chybou. Čas detekce sakády je doba, kdy zařízení detekuje sakády dosažením kvalifikované rychlosti nebo kritérií v algoritmu detekce sakád. (Mahanama, et al., 2022)

3.4.3 Metriky související se skenováním a zrakovými cestami

Do této kategorie se řadí metriky, které napomáhají objasnit participantem zvolenou strategii při vyhledávání informací při pohledu na předložený stimul. Způsob vyhledávání informací zrakem kombinuje výskyty sakadických pohybů očí, fixací pohledu a v některých případech i hladké stíhání objektu. (Mahanama, et al., 2022)

Například k zaznamenání přechodu mezi oblastmi zájmu se využívá frekvence změny pozornosti. Tento údaj poskytuje přehled o přechodech mezi oblastmi zájmu za minutu. Velmi časté přechody mezi oblastmi zájmu byly například odhaleny u osob trpících poruchou osobnosti s hyperaktivitou.

Jako další sledovaný údaj můžeme rovněž zařadit shodu zrakových cest („scanpaths match“). Tato shoda se měří na základě Needleman-Wunsch algoritmu používaného v bioinformatice pro porovnávání sekvencí DNA. Výsledkem algoritmu je podobnostní skóre podle k porovnání dvojice zrakových cest.

3.4.4 Metriky velikosti zornice a frekvence mrkání

Frekvence mrkání se obvykle měří v mrkáních za minutu. V některých studiích se namísto toho měří časový interval mezi mrkáními (nebo interval mezi mrkáními). Některé studie z počátku používání technologie ke sledování pohybu očí ukazují, že tempo mrkání je ovlivněno faktory jako osvětlení, doba dne (únava), teplota, vítr, věk a pohlaví.

Navíc, zatímco mrkání jsou převážně nevědomá (člověk nemá úplnou kontrolu nad pohybem očního víčka), jsou potlačována během soustředěné vizuální pozornosti, aby se minimalizovalo přerušení vizuální informace způsobené mrkáním (Ranti, et al., 2020)

Současné výsledky výzkumů rovněž naznačují, že existuje vztah mezi touto dvojicí metrik a kognitivní zátěží. Nižší frekvence mrkání naznačuje nutnost subjektu vynaložit větší úsilí k udržení pozornosti a odpovídá tak vyšší pracovní zátěži. (Sharafi, et al., 2015)

3.5 Technologie k doplnění eye-trackingu

3.5.1 Elektrookulografie (EOG)

EOG je způsob měření rozdílů elektrického odporu kůže pomocí elektrod umístěných kolem očí. Zaznamenáváním poměrně malých rozdílů v kožním odporu byl vypočítán pohyb očí. Jednou z výhod EOG je možnost měřit i pohyb zavřených očí. Toho se využívá například v klinických studiích zaměřených na oční pohyby během spánku. (Young & Sheena , 1975)

Tato technika měří polohu očí vůči hlavě, proto ji nelze využít ke zjišťování směru pohledu (Point of Regard), pokud není současně měřena pozice hlavy (pomocí head-trackeru). V polovině sedmdesátých let 20. století bylo EOG nejpoužívanější technikou eye-trackingu (Young a Sheena, 1975), tato technika je ovšem méně přesná, než některé další alternativy aproximace sledovaného bodu (Yarbus a kol., 1967).

Obrázek 8- Ukázka okulografie využívající elektrod kolem očí



Zdroj: Larson a kol., 2017

3.5.2 Videookulografie

Tato technika měření pohybu oka a celkové aktivity zrakového aparátu spočívá v měření pozice několik částí lidského oka. K výpočtu směru pohledu a bodu zájmu se v tomto případě používá pozice rohovky a bělimy a odrazu paprsku infračerveného světla, které je pod úhlem namířeno na rohovku. (Young & Sheena , 1975)

Získaná data o pohybu očí a celkové oční aktivitě jsou v mnoha případech podrobena SW úpravě, v některých případech je ovšem i tento způsob zpracování dat nežádoucí. Zejména chceme-li blíže porozumět některým skrytým tendencím v pohybu oka. Je ovšem nutné podotknout, že manuální zpracování a editace všech takto získaných záznamů je velice časově náročná a extrémně náchylná k chybám. Rovněž zde platí i omezení, která jsou způsobena stropem ve vzorkovací frekvenci použitého zařízení. (Young & Sheena , 1975)

Pro odstranění některých nežádoucích efektů vzniklých při testování tímto způsobem je vhodné použít k ustálení horní poloviny těla nějaké formy ukotvení. Nejčastějším způsobem je v tomto případě použita série opěrek hlavy anebo tzv. bite-baru. (Young & Sheena , 1975)

3.5.3 Měření pomocí referenčního objektu

Tento druh měření a sledování pohybu oka je jedním z nejpřesnějších způsobů pro stanovení směru pohledu a stanovení bodu dopadu pohledu. Způsob měření se provádí pomocí použití mechanického či optického objektu ke kontaktní čočce. Nově vzniklý aparát je dále umístěn přímo na povrch oka.

První verze tohoto systému sledování oční aktivity participanta využívala několik sádrových misek, které byly propojeny se záznamovým perem, které na zaznamenávalo pohyby čočky na arch pod ním. Systém misek a záznamového pera byl spojen pomocí drátů, jejichž role byla přenášet otřesy způsobené pohybem oční bulvy do pera.

Pozdější iterace tohoto druhu sledování oční aktivity využívaly různé řady mechanických či optických zařízení jako je například drátěná cívka či fosfor. V případě, že byla použita drátěná cívka se pomocí jejího pohybu vypočítala změna proudů indukovaných třemi navzájem kolmými zdroji magnetického pole. (Hammoud a Mulligan, 2008)

Vložení čočky do oka vyžaduje péči a cvičení a její použití je pro respondenta nepohodlné. I tato technika měří polohu oka vzhledem k hlavě.

Obrázek 9 - snímací klec pro měření změn v magnetickém poli



Zdroj: Horace, T., 2017

3.6 Heat mapy

Heat mapy jsou vizuální nástroje pro prezentaci dat, které umožňují rychlou a intuitivní analýzu velkých souborů dat. Tyto mapy využívají barevnou škálu, aby reprezentovaly hodnoty dat v různých oblastech. Tento typ vizualizace dat se používá v mnoha oborech,

jako jsou například finance, zdravotnictví, marketing, meteorologie a další. (Ding, et al., 2016)

Většina heat map je založena na matematické transformaci dat, aby bylo možné je reprezentovat v oblasti, kde jsou data zobrazována. To znamená, že data jsou nejprve zpracována pomocí nějakého matematického modelu nebo algoritmu a pak jsou převedena na vizuální reprezentaci. Typickým příkladem je použití heat map pro sledování návštěvnosti webu, kde se na základě četnosti návštěv zobrazují různé oblasti stránky v různých barvách, což umožňuje snadnou identifikaci oblastí s nejvyšší návštěvností. (Khan, et al., 2016)

Další příklady použití heat map jsou například analýza finančních trhů, kde se na základě změn cenových trendů zobrazují různé oblasti trhu v různých barvách, nebo analýza zdravotnických dat, kde se na základě určitých ukazatelů zobrazují různé oblasti těla v různých barvách, aby se identifikovaly potenciální problémy. (Khan, et al., 2016)

V oblasti uživatelského zážitku mohou heat mapy reprezentovat různé typy dat, jako je použití (např. kliknutí, stisknutí kláves), přesnost nebo vizuální pozornost. Tento článek se zaměřuje výhradně na heat mapy pozornosti, které se v posledních letech staly populárními díky zvýšenému používání technologie sledování očí. (Bojko, 2009)

3.6.1 Způsoby využití heat map

Existují různé aspekty pohybů očí, které mohou heat mapy reprezentovat. Kupříkladu můžeme využít heat map k zaznamenání celkové počtu fixací na jednom bodě, absolutní nebo relativní délku pohledu a procentuální podíl participantů, kteří se dívali na některou z oblastí podnětu. Volba správné heat mapy k prezentaci závisí na vytyčených cílech výzkumu a sledovaného pohybu očí. (Bojko, 2009)

Chceme-li například zjistit, jakým způsobem participant vyhledával potřebnou informaci kdekoli na ploše předloženého stimulu, jako vhodná metrika ke sledování je počet fixací před nalezením cíle. Ke znázornění tohoto druhu informace se nabízí využít heat mapy, která prezentuje počet fixací. (Bojko, 2009)

3.6.2 Počet fixací

Tento druh heat mapy nachází své využití při znázorňování akumulovaného množství fixací napříč skupinou testovacích účastníků. Každá ze zaznamenaných fixací se promítne do mapy pomocí změny barevné značky.

Použití tohoto druhu mapování oblastí zájmu je třeba brát v potaz, že barevná značka reprezentující úseky stimulu, na kterých spočinul zrak participanta, je neměnná nehlédě na dobu trvání zaznamenané fixace. Jinými slovy bod fixace se zaznamenanou délkou 200ms je na mapě reprezentován stejným způsobem (barevným označením) jako bod fixace s délkou trvání 2000ms.

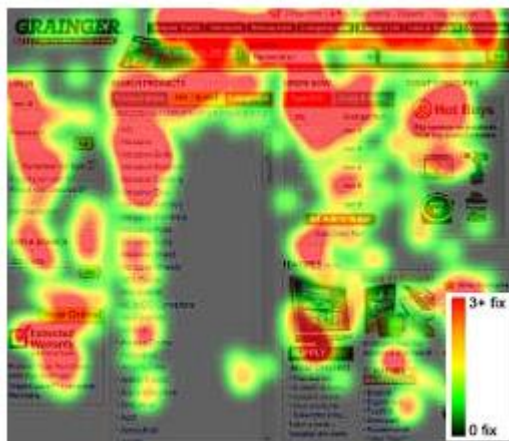
To tedy znamená, že při nahlížení na zjištěné výsledky s použitím tohoto druhu heat mapy nemůžeme usuzovat, že stejně obarvené úseky stimulu mají shodné délky na nich se nacházejících fixací.

Výsledná heat mapa může rovněž být ovlivněna, pokud se ve skupině participantů nacházejí jedinci, kteří projevují zájem sledováním určitého druhu elementů. Například můžeme tento jev pozorovat s použitím rozdílného barevného schématu u stejného druhu elementů jako jsou například tlačítka a navigační prvky. (Bojko, 2009)

V takovémto případě by se mohli různé úseky předloženého stimulu jevit jako stejně atraktivní. S přihlédnutím na celkový počet fixací a počet participantů, u kterých fixace na daném úseku proběhla se ovšem dozvídáme opak. Například, máme dva úseky, které se jeví jako stejně atraktivní. Při bližším zkoumání zjistíme, že úsek A zaznamenal celkem 8 fixací u pouze jednoho participanta ze skupiny. Zatímco úsek B byl vystaven fixacím od 8 participantům. (Bojko, 2009)

Rovněž může výslednou podobu heat mapy ovlivnit přítomnost výsledků od participantů, kteří stráví podstatně více času sledováním a zkoumáním stimulu. Tito participanté mají více času stimul zrakem probádat což vede ke zvýšenému množství vyprodukovaných fixací. (Bojko, 2009)

Obrázek 10- Zaznamenaný počet fixací*



Zdroj: Bojko, 2009

*Snímek byl pořízen ve skupině 13 participantů, barevné schéma odpovídá době expozice od 0 do 12 sekund.

3.6.3 Absolutní doba trvání pohledu

Tento druh heat mapy představuje celkovou dobu všech participantů v testovací skupině, kterou strávili vnímáním předloženého stimulu. Každá zachycená fixace, kterou participant vytvořil mění barevné označení úseku, na němž fixace proběhla. V tomto případě je i barevná změna proporcionalní době trvání fixace.

Jelikož je barevná změna ohodnocení úseku stimulu úměrná době, po kterou participant hleděl na daný úsek, můžeme na zjištěné výsledky nahlížet jako na indikátory kognitivního zpracování informace, která se na korespondujícím úseku nachází. Můžeme tak sledovat, které úseky stimulu vyžadovaly vyšší úroveň náročnosti na pochopení u participanta a u kterých naopak k rozklíčování předložené informace docházelo s velice malým zpožděním. (Duchowski, 2007)

Obrázek 11 - Absolutní doba trvání expozice úseku stimulu*



Zdroj: Bojko, 2009

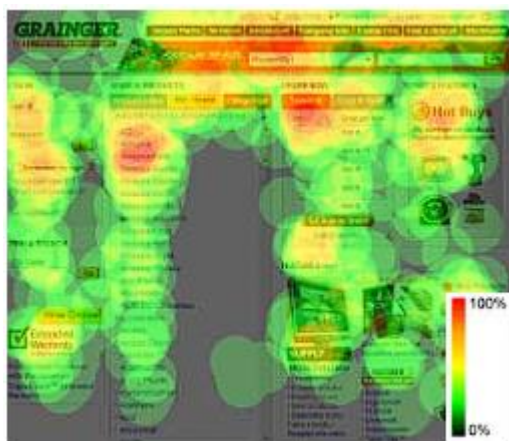
*Snímek byl pořízen ve skupině 13 participantů, barevné schéma odpovídá celkové zaznamenané době expozice u všech participantů, časový úsek od 0 do 12 sekund.

3.6.4 Procentuální podíl vzorku

Pomocí heat mapy můžeme znázornit i jakou procentuální složku participantů ve skupině zaujal konkrétní úsek stimulu. Každý participant mění svým pohledem na daný úsek stimulu jeho barevné ohodnocení jako u výše zmíněných druhů heat map, ovšem v tomto případě je hodnota změny konstantní. (Bojko, 2009)

Z barevného označení úseku stimulu tedy nelze vyčíst, zda se na něm nachází malé množství fixací vytvořených každým participantem ve skupině či vysokým množstvím zaznamenaných fixací u nichž je doba trvání výrazně delší. (Bojko, 2009)

Obrázek 12 - Procentuální podíl zaznamenaných fixací v testovací skupině*



Zdroj: Bojko, 2009

*Snímek byl pořízen ve skupině 13 participantů, barevné schéma odpovídá procentuálnímu podílu zaznamenaných fixací všech participantů ve skupině, časový úsek od 0 do 12 sekund.

3.7 Strojové učení

Strojové učení (Machine learning v zahraniční literatuře) je odvětví počítačové vědy, která si obecně klade za cíl vytvořit počítače se schopností učit se bez nutnosti přímého programování. Základní stavební kameny tohoto odvětví pochází z vědy o umělé inteligenci (Artificial Intelligence, AI) z 50. a 60. let minulého století a pokládá velký důraz na praktické využití strojového učení, především v případech stanovování predikcí, rozhodovacích modelů a optimalizačních úloh.

Princip strojového učení tkví v „učení“ stroj skrze analýzu a následné zlepšování počínání stroje při řešení úloh pomocí „zkušeností“. Zde se zkušenostmi chápe přibližování se reálným datům, což v překladu znamená, že neexistuje jasná hranice mezi strojovým učením a statistickým přístupem u řešení úloh. (Goodman, et al., 2019)

3.7.1 Supervizované učení

V případě supervizovaného učení je počítačový algoritmus trénován za využití datového souboru vstupů a výstupů. Cílem úlohy je obvykle vytvoření obecné matematické funkce, pravidla, která má vysvětlovat cílovou proměnou za pomoci množiny vstupních

proměnných. Nejpoužívanější implementací tohoto druhu učení je například Klasifikační modely a Regresní modely. (Ayodele, 2010)

3.7.2 Nesupervizované učení

U nesupervizované učení je počítačovému stroji pouze množina vstupních parametrů a není tak známa hodnota cílové proměnné nebo proměnných. Místo toho, je cílem navrhnout matematický model s cílem odhalit souvislosti ve struktuře vstupů bez její předchozí znalosti nebo možnosti získané výsledky porovnat s množinou cílových proměnných. Konkrétní iterace takového typu učení se například nazývá Klastrování, které má za cíl odhalit existenci skupin v datové základně s podobnými charakteristikami.

Další iteraci je Odhad hustoty, který zkoumá statické rozdělení datové základny. Tento druh učení mimo jiné dále zahrnuje vizualizaci a projekci. Tyto metody mají za cíl snižovat počet dimenzí datového souboru s cílem zjednodušit jeho interpretaci. (Ayodele, 2010)

3.7.3 Posilující učení

V tomto případě probíhá učení stroje následujícím způsobem. Počítačový algoritmus zkoumá problém v dynamické prostředí s cílem najít optimální řešení. Během práce počítačového algoritmu dostává stroj zpětnou vazbu v podobě odměn, které ovlivňují parametry jeho učení a výsledné řešení problému. (Ayodele, 2010)

3.8 Machine vision

Machine Vision (MV) je technologie, která se používá k poskytování analýzy na základě obrazu pro aplikace, jako je automatická inspekce, řízení procesu a navigace robotů v průmyslu. Tyto systémy analyzují obrazy pro provedení vizuální inspekce, kontroly provedení povrchu předmětu, určení polohy a kontrolu vad.

Tyto systémy strojového vidění mohou být použity v široké škále aplikací díky jejich flexibilitě a všestranným vlastnostem. Avšak, použití těchto systémů při kontrolách a řízení pohybu kladou na zpracování obrazu v reálném čase řadu omezení. (Nandini, et al., 2016)

Tyto snímací systémy mohou být použity k přesnému měření proměnných, jako je vzdálenost, úhel, poloha, orientace, barva atd. Hlavní výhodou systému založeného

na strojovém vidění je jeho nekontaktní inspekční princip, což je klíčové v případech, kdy je obtížné provést kontaktní měření. (Prakash, 2015)

Technologie Machine Vision také pomáhá dosáhnout lepší produktivity a pomáhá v celkovém řízení kvality, čímž představuje významnou konkurenci pro ostatní průmysly, které těchto systémů doposud nevyužívají. (Nandini, et al., 2016)

Rozsah systémů založených na vidění není omezen pouze na oblasti popsané v této práci, ale rozšiřuje se na mnohem více průmyslových odvětví, jako jsou například svařovací průmysly, kde se Machine Vision používá k identifikaci a klasifikaci vad svařování v prostředích, kde lidská kontrola není efektivní. S pokrokem v této oblasti zahrnuje počítačové vidění dokonce i systémy pro rozpoznávání lidského chůze. (Prakash, 2015).

Prvním a nejdůležitějším krokem ve strojovém vidění je získání obrazu. Zachycení obrazu se provádí pomocí primárního vstupního zařízení, základní analogové / digitální kamery. V případě analogového obrazu je nutné použít frame grabber, aby se obraz převedl na digitální. (Prakash, 2015)

Zachycení obrazu musí být provedeno s maximální péčí, protože správný obraz eliminuje většinu zpracovávaných kroků, jako jsou manipulace s kvalitou pořízeného obrazu, potlačení šumu atd. Zpracování obrazu se váže ke způsobu, jakým je zachycený obraz převeden do konkrétního formátu, aby mohl být pokračováno v dalším testování nebo inspekci. (Nandini, et al., 2016)

3.9 User experience

Cílem této kapitoly je čtenáři představit a blíže jej seznámit s pojmem User experience neboli uživatelskou zkušeností. Definovat základní pojmy, které s touto oblastí souvisí. Následně je představen pojem User experience design proces, zkráceně UX Design proces.

3.9.1 User

Uživatel je osoba, která používá produkt nebo službu, ať už se jedná o software, hardware nebo jakýkoliv jiný typ technologie (Norman, 2013). Zážitek uživatele s produktem může

významně ovlivnit celkový úspěch technologie a také spokojenost uživatele s produktem (Nielsen, 1994). Proto je důležité brát uživatele v úvahu při všech fázích vývoje produktu.

Jedním z klíčových aspektů úspěšného designu produktu je porozumění uživateli a jeho potřebám (Barnum, 1999). Aby bylo možné vytvořit produkt, který splňuje požadavky uživatele, musí být uživatel zohledněn ve všech fázích vývojového procesu, od počátečního konceptu až po konečný produkt (Holtzblatt & Beyer, 1997). Proto je role uživatele při vývoji produktu klíčová pro vytvoření produktu, který bude úspěšný na trhu.

Aby bylo možné navrhnout produkt, který splní potřeby uživatele, byly vyvinuty metody designu zaměřeného na uživatele (UCD). UCD je designová filozofie, která staví uživatele do centra designového procesu (Holtzblatt & Beyer, 1997). Toto zahrnuje zohlednění potřeb, požadavků a omezení uživatele ve všech aspektech designového procesu (Nielsen, 1994).

Zážitek uživatele s produktem se označuje jako uživatelská zkušenost (UX). UX zahrnuje všechny aspekty interakce uživatele s produktem, včetně vizuálního designu, funkčnosti a celkové použitelnosti (Norman, 2013). Pozitivní UX je pro úspěch produktu klíčová, protože může zvýšit spokojenost uživatele a pravděpodobnost dalšího používání (Barnum, 1999).

3.9.2 User experience

Pojem User experience, v češtině znám jako uživatelská zkušenost, zahrnuje veškeré aspekty interakce uživatele s daným produktem anebo službami konkrétní firmy. Cílem user experience je plně porozumět potřebám uživatelů, jejich cílům a motivacím. Tyto informace vedou k vytvoření nástrojů a procesů, které kromě toho, že uživatelům umožňují dosáhnout jejich cílů, jim rovněž zprostředkovávají kladný požitek během jejich používání.

Koncept interakce se za posledních 30 let značně vyvíjel a stále se posouvá dále. Rané počátky interakce člověka a počítače spočívaly v předávání dat pomocí děrovaných štítků s instrukcemi a daty pro jejich zpracování. Postupně se interakce přesunula do podoby, kterou známe dnes a odehrává se prostřednictvím obrazovek, klávesnic, myší, kamer a mikrofónů.

S postupným zdokonalování HW a miniaturizací zařízení se naskytla možnost využívat i přenosná zařízení v podobě telefonů, čteček, a později i dalších, jako jsou chytré hodinky, brýle a sluchátka. S rozvinutím IoT zařízení nyní můžeme i provádět různé interakce i se spotřebiči v naší domácnosti na dálku, jako je nastavení vytápění, ohřevu vody nebo osvětlení či zavření oken.

S narůstajícím množstvím digitálních zařízení, která jsou všudypřítomná a neustále spolu komunikují, je naše interakce s nimi téměř neustálá. Z čehož plyne, že kvalitní uživatelský prožitek je stále důležitější, neboť narůstá jeho dopad na nás.

3.9.3 Usability

Usability neboli použitelnost, lze popsat jako míru, do jaké je daný subjekt schopen používat konkrétní systém k uspokojení definovaných cílů a to efektivním, účinným a uspokojivým způsobem, který se přesně shoduje s kontextem používání. Podle této definice se použitelnost skládá ze tří hlavních faktorů, které souvisejí s charakteristikami a cíli uživatelů a kontextem použití. Tedy efektivita, účinnost a uspokojení (HASSENZAHN & TRACTINSKY, 2006)

Použitelnost je schopnost softwarového produktu být pochopen, naučen a efektivně ovládan. Dále by měl být uživatelsky přívětivý a vyhovovat standardům při používání za konkrétních podmínek. Při hodnocení použitelnosti je tedy cílem ověřit, zda jsou aspekty v souladu s testovaným produktem, např. účinnost a efektivita. Hodnocení použitelnosti je tedy důležité, protože hodnotí pragmatické aspekty produktu, které souvisejí s cíli chování, jichž musí software dosáhnout (HASSENZAHN & TRACTINSKY, 2006)

3.9.4 UX Design proces

Proces implementace uživatelské zkušenosti do daného produktu se liší v závislosti na mnoha faktorech, jako jsou charakteristiky cílové skupiny, účel produktu, platforma, na které je produkt provozován, komplexnost problematiky, existence bariér pro efektivní práci a další.

V závislosti na zvolené metodologii, použité při zajišťování dobrého uživatelského prožitku, může mít tento proces 3-6 etap, které svým významem napomáhají k vytvoření plnohodnotného produktu, který rovněž plní všechny aspekty a zásady správného UX.

Design Thinking

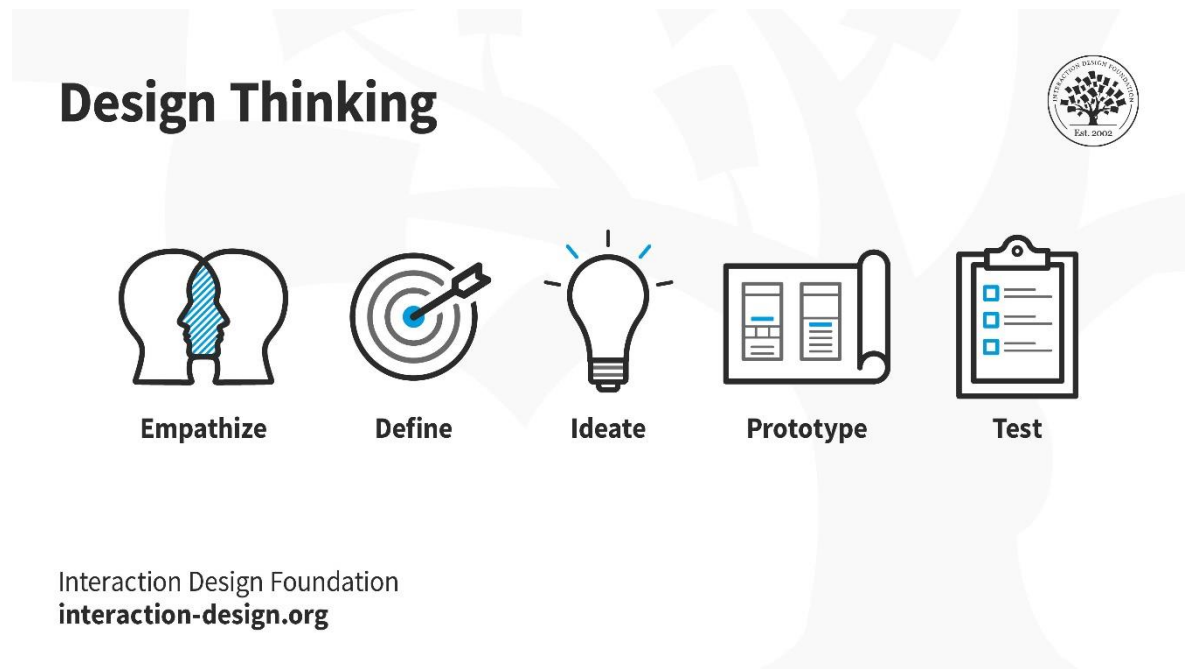
Design Thinking je soubor nelineárních, iterativních procesů, metodologií a postupů, které UX designérům pomáhají pochopit potřeby a role uživatelů během práce s produkty.

Počátky této designové „školy“ se odhadují kolem let 1950-60, avšak spíše se tyto zmínky vztahují právě k oblastem architektury a inženýrství než UX.

Samotné principy Design Thinking se začínaly rýsovat kolem roku 1970, kdy držitel Nobelovy ceny Herbert A. Simon poprvé položil základní kameny o smýšlení o designu jako o způsobu přemýšlení a bádání ve své knize *The Sciences of the Artificial*.

Celá metodologie se rozpadá na pětici hlavních fází, z nichž každá má svůj vymezený cíl. Vzhledem k tomu, že nejedná o lineární nebo vodopádový model, nejsme omezeni jednosměrným průchodem při aplikaci této metodologie, ale můžeme se k jednotlivým krokům vracet s novými poznatky a proces tak měnit během celého jeho trvání.

Obrázek 13- Etapy Design Thinking



Zdroj: Interaction design foundation

1 Porozumění uživateli

V této etapě je naším cílem se vcítit do role uživatele a porozumět jeho potřebám, cílům a problémů při jeho počínání. K dosáhnutí empatie s uživatelem se obvykle využívá uživatelského výzkumu, který nám zprostředkovává pohled na věc očima uživatele.

Způsoby sběru dat mohou být formou rozhovorů s uživateli, dotazníkovými šetřeními, pomocí organizování Focus groups nebo user sessions či přímo uživatelským testováním.

Focus Group sessions

Skupinový rozhovor moderovaný psychologem. Jedná se o kvalitativní metodu, která využívá skupinovou dynamiku. Cílem této metody je odhalit hlubší myšlenkové struktury a jejich logiku.

Rozhovor je veden podle předem připraveného scénáře, který je postaven tak, aby respondentům poskytl velký prostor pro vyjádření jejich názorů, postojů, myšlenek. V rámci FGD je využívána řada projektivních, asociačních, a jiných psychologických technik.

Obvyklá délka Focus groups je 90 až 120 minut. Delší FGD se obvykle nerealizují, protože respondenti jsou po dvou hodinách poměrně unavení a jejich produktivita velmi klesá. V některých případech je výhodná realizace tzv. extended FGD, které mají delší časové vypětí.

Důvod k využití těchto prodloužených FGD leží v nutnosti probádat komplexnější vzory chování a chápání skupiny koncových uživatel. V takovém případě je potřeba poskytnout respondentům dostatečně dlouhou přestávku spojenou s občerstvením.

Z průběhu FGD je obvykle pořizován videozáznam, který slouží pro účely obsahové analýzy. Klient může průběh FGD sledovat z jiné místnosti a do diskuse zasahovat doplňkovými otázkami.

V tomto případě je možné skupinový rozhovor sledovat ze své kanceláře či z domova. Předpokladem je připojení k internetu. Menší a levnější variantou FGD jsou tzv. mini focus group, kterých se účastní 3-4 účastníci.

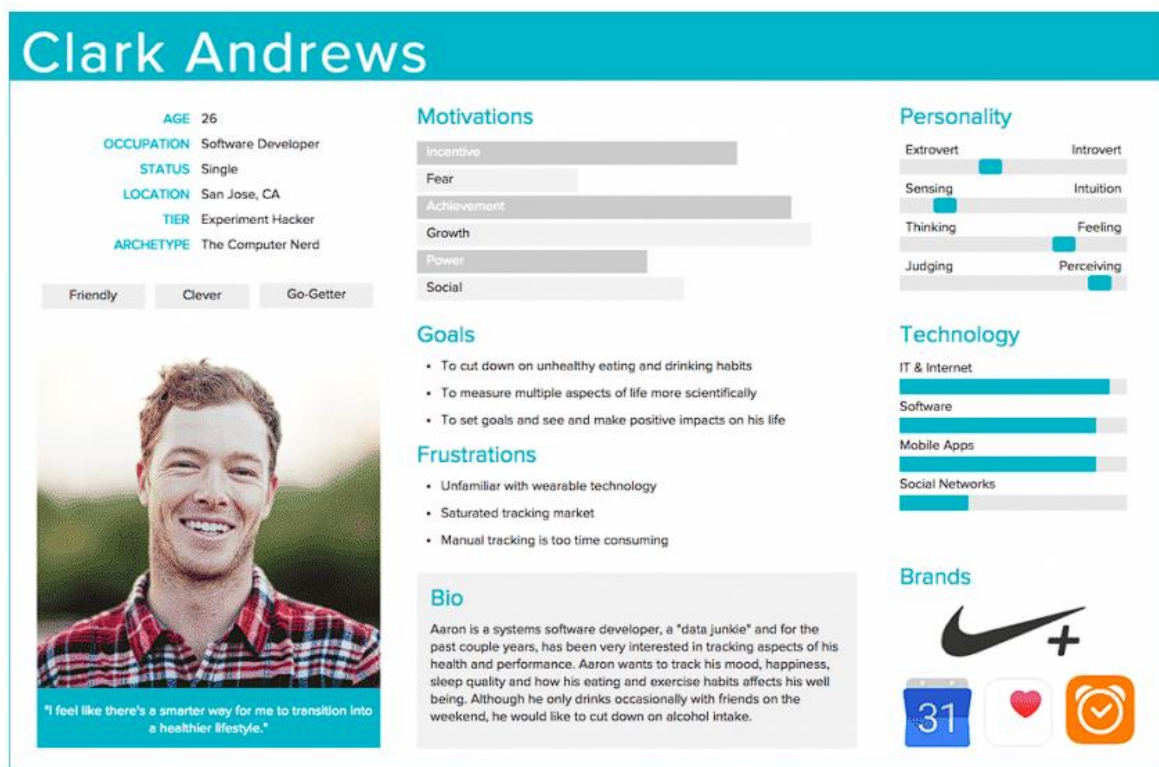
2 Definování problémů

V této etapě shromažďujeme informace o uživateli z předchozí etapy. Získané informace se pak podrobí zevrubnému zkoumání, které má za cíl odhalit veškeré nedostatky a problémy, se kterými se uživatelé potýkají. Veškeré zjištěné problémy se dále formulují do tezí, které mají za úkol objasnit problém v širších souvislostech.

Persony

Jedním z praktických nástrojů, jak zajistit, že v centru řešení uživatelských problémů stojí opravdu reálný člověk je tvorbou modelových person. Persona je fiktivní jedinec, který věrně vystihuje charakterové rysy a dovednostní vlastnosti cílové skupiny uživatelů.

Obrázek 14 - Vzorová uživatelská persona



Zdroj: Faller, 2019

3 Sběr nápadů

Třetí etapa je zaměřená na vytvoření velkého množství nápadů, ze kterých se různými způsoby selekce vyberou ty nejvhodnější a nejbližší cílovým uživatelům. V této fázi se nutně nesnažíme omezit své myšlení pouze na nejvíce vhodná nebo nejrychleji implementovatelná řešení s cílem je co nejrychleji otestovat. Je důležité prozkoumat co největší množství možných řešení – právě z tohoto důvodu je důležité dodržet zásadu svobodného myšlení a dostatečného prostoru pro každý získaný návrh.

K získání velkého množství nápadů můžeme využít techniky brainstormingu, cílené vyhledávání nejhoršího možného řešení nebo například skicování. Právě tyto a mnohé další techniky nám napomáhají stimulovat naše myšlení.

4 Sestavování prototypů

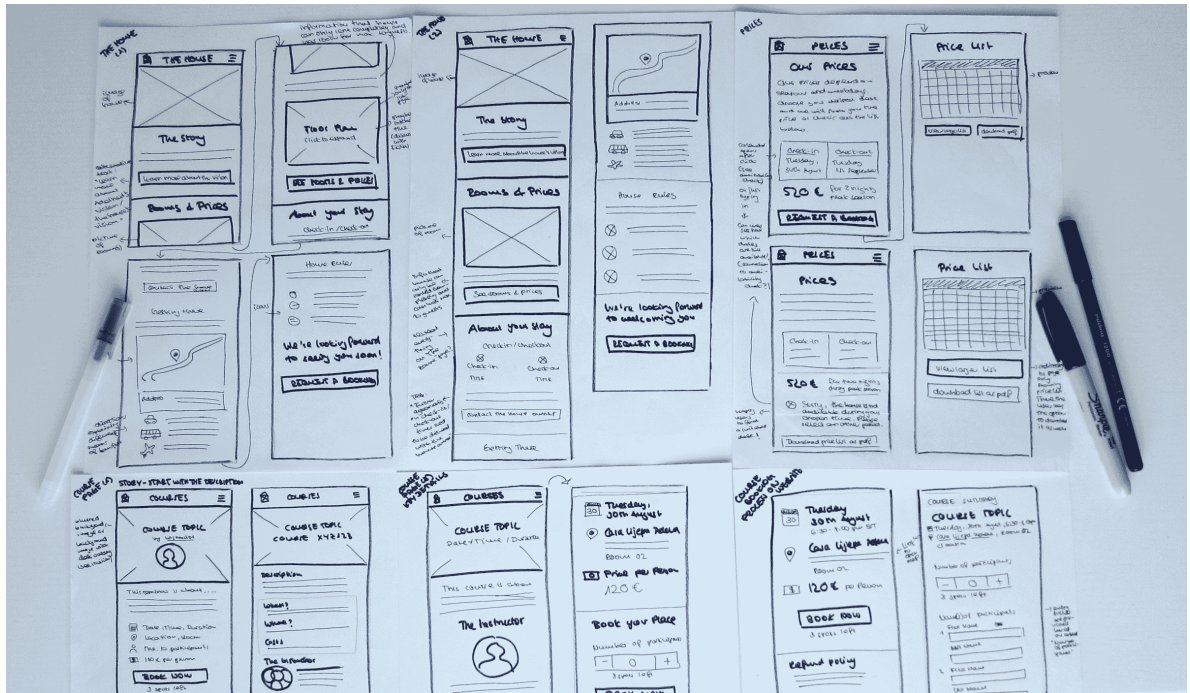
Jedná se o experimentální fázi v kreativním procesu Design Thinking. Cílem této etapy je identifikování vhodných způsobů k řešení všech nalezených problémů a nedostatků zjištěných během uživatelského výzkumu. Jde nám především o vytvoření prvních hmatatelných artefaktů, které můžeme podrobit uživatelskému testování a získat představu o tom, zda se nám podařilo identifikované problémy odstranit všechny, nebo jestli nějaké stále přetrvávají či zda se objevily další.

Papírový prototyp

Papírové prototypování je technikou návrhu, ve které se používá papírových modelů pro simulaci počítačových, webových nebo mobilních aplikací. Jsou nejrychlejším způsobem, jak získat zpětnou vazbu na předběžnou informační architekturu, design, nebo obsah na webu. Papírové prototypy jsou velice nenáročné; jejich tvorba je v porovnání s High-fidelity prototypy velice levná a rychlá.

Pro každý ze snímků obrazovek je využit samostatný kus papíru. V rámci uživatelského testování účastník pouze uvede, kam chce kliknout, aby zjistil informace, a výzkumník následně změní stránku tak, aby zobrazovala novou zvolenou obrazovku. Tuto techniku je možné využít, jak na začátku pro vylepšování počátečního návrhu, tak ve fázi testování před implementováním rozsáhlých změn.

Obrázek 15 - Papírový prototyp



Zdroj: Eierdanz, 2016

High-fidelity prototyp

Tento druh prototypu věrně napodobuje finální verzi produktu v tom smyslu, že se již jedná o digitální verzi. Není zde třeba manuálně počítat s vyměňováním snímků obrazovky záměnou papírových stránek. Takovýto typ prototypu je náročnější na vytvoření, než jeho papírový protějšek ovšem nese i své kladné stránky.

Digitální prototypy poskytují lepší zpětnou vazbu jejich uživatelům a napomáhají tak k přesnější identifikaci možných problémů. Rovněž nám poskytují možnost získat podrobnější informace od účastníků během uživatelského testování.

5 Testování

Celá tato etapa je zasvěcená uživatelskému testování vytvořených prototypů, ať už se jedná o prototypy papírové či digitální. Hlavním bodem zájmu je zde zjistit, které prvky vytvořených prototypů skutečně fungují a které je potřeba změnit.

Součástí testování je i sepsání testovacího scénáře. Jedná se o dokument, který obsahuje sérii úkonů, které má participant v aplikaci vykonat. Průchod celého testovacího scénáře je zaznamenán – většinou se jedná o audio a video záznam celého testování.

V některých případech je uživatelské testování obohaceno i o další způsoby sběru dat o interakci uživatele s aplikací – například technologií sledování očí, monitorování tepu srdce u participanta nebo mozkové činnosti. V závislosti na průchodu testovacím scénářem se dále můžeme navrátit do kterékoliv z předchozích etap a využít nově nabyté poznatky ke zkvalitnění prototypu a tím i uživatelského požitku.

Moderované testování

Jedná se o zvláštní druh uživatelského testování, během kterého je v místnosti s participantem přítomen i moderátor. Role moderátora během celého testování spočívá v pozorování a monitorování počínání participanta, pořizování vlastních poznámek.

Moderátor může během testování participantovi pokládat různé otázky – například aby mu sdělil, jestli mu některá z položek testovacího scénáře činí problém nebo aby participant vysvětlil své počínání během testování.

3.10 User interface

Uživatelské rozhraní neboli User Interface, zkráceně UI, je bod interakce mezi člověkem a počítačem jehož prostřednictvím se odehrává veškerá komunikace. Nejběžnější elementy zprostředkovávající takovýto druh komunikace a interakce jsou různé druhy obrazovek nebo klávesnice a myš. Rovněž se jedná o způsob interakce člověka s jakoukoliv aplikací či webovou stránkou.

Díky rostoucí závislosti mnoha podniků na webových aplikacích a mobilních aplikacích se prioritou, kladená na kvalitu UI a celkové uživatelské zkušenosti značně zvyšuje. (Churchville, 2019)

3.10.1 Graphical user interface (GUI)

Grafické uživatelské rozhraní, známé také jako GUI, se stalo klíčovým prvkem pro interakci uživatelů s počítači a aplikacemi. GUI se skládá z různých prvků, jako jsou tlačítka, výběrová pole, nabídky a ikony, které umožňují uživatelům snadno manipulovat s počítačem bez nutnosti znát příkazy příkazového řádku. Tyto prvky umožňují vizuální organizaci informací, což umožňuje snadnější hledání a manipulaci s daty. (Zhang & Chen, 2007)

Podle práce Zhang et.al. 2007, přináší GUI řadu výhod pro uživatele, jako jsou snadnější použití a lepší přehlednost. Tyto výhody jsou důležité nejen pro běžné uživatele, ale také pro firmy a organizace, které se snaží zjednodušit práci svých zaměstnanců a zlepšit efektivitu. GUI také umožňuje vývojářům snadněji vytvářet aplikace, které jsou přívětivé pro uživatele (Kernighan & Pike, 1999).

V současnosti existuje mnoho různých typů GUI, od tradičních desktopových operačních systémů, jako je Windows a MacOS, až po mobilní operační systémy, jako je iOS a Android. Tyto různé typy GUI se liší svými funkcemi a designem, ale všechny slouží k usnadnění interakce uživatele s počítačem.

GUI tak představuje vysoce důležitý prvek pro interakci uživatele s počítačem. Jeho výhody jako snadné použití a lepší přehlednost zlepšují práci jak pro běžné uživatele, tak pro firmy a organizace. GUI se neustále vyvíjí a zlepšuje, aby zvládlo uspokojit stále větší požadavky uživatelů.

3.10.2 Command line interface (CLI)

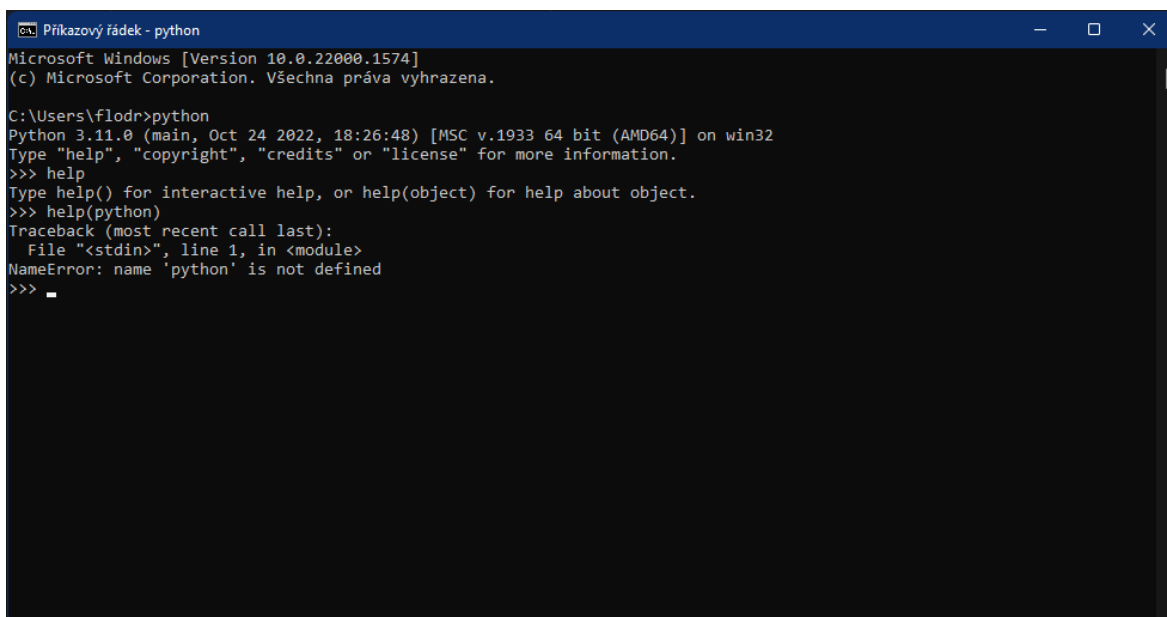
Command Line Interface (CLI) je způsob, jakým uživatelé mohou interagovat s operačním systémem nebo aplikací pomocí textového rozhraní. CLI umožňuje uživatelům zadávat příkazy pomocí klávesnice a zobrazuje výstup na obrazovce. CLI je tradiční způsob interakce s počítačem, který se používal již od počátku vývoje počítačů. CLI má řadu výhod,

například rychlost, efektivitu a možnost automatizace úkolů pomocí skriptů. (Dietel & Dietel, 2014)

Podle Deitel a Deitel (2014), CLI byl hlavním způsobem interakce s počítačem v průběhu 60. a 70. let. S nástupem grafických uživatelských rozhraní (GUI) se však popularita CLI snížila. GUI umožňuje uživatelům interagovat s počítačem pomocí klikání na tlačítka a ikony, což je pro většinu uživatelů intuitivnější a přístupnější, než CLI.

Podle Ibarrola et al. (2019), výhody CLI jsou však stále důležité pro některé uživatele, zejména pro programátory a správce systému. CLI umožňuje programátorům a správcům systému přesnou kontrolu nad výstupem a umožňuje jim rychlejší a efektivnější řešení problémů.

Obrázek 16- Ukázka CLI



```
Příkazový řádek - python
Microsoft Windows [Version 10.0.22000.1574]
(c) Microsoft Corporation. Všechna práva vyhrazena.

C:\Users\flodr>python
Python 3.11.0 (main, Oct 24 2022, 18:26:48) [MSC v.1933 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> help
Type help() for interactive help, or help(object) for help about object.
>>> help(python)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
NameError: name 'python' is not defined
>>> _
```

Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

3.11 Prototypy a prototypování aplikací

3.11.1 Drátové modely

Logický design, taktéž Wireframe nebo drátový model, znázorňuje logické uspořádání obsahu na konečné stránce či aplikaci. Jedná se o hrubý náčrt, který se vytváří v prvotním

stádiu konstrukce návrhu. Z celého modelu by mělo být jasné, jak je celé rozhraní rozděleno, jaké prvky slouží k navigaci a jaká je logická struktura zamýšleného prototypu.

Na rozdíl od plnohodnotných prototypů, které disponují plným barevným rozlišením a takřka bez výjimky jsou plně funkční slouží tento druh modelu k rychlému testování použitelnosti. Nízká náročnost na vytvoření modelu nám totiž umožňuje model rychle vyvinout, otestovat a v případě zjištěných nedostatků okamžitě pozměnit. Celý tento proces je možné mnohokrát iterovat, dokud nedostaneme model, který splňuje veškeré nutné předpoklady z hlediska použitelnosti a zároveň vyhovuje logickému uspořádání obsahu.

3.11.2 Papírový prototyp

Jedna z možností vytváření prototypů aplikací je právě papírové prototypování, které se používá pro simulaci aplikací nebo webových stránek. Jedná se o velice rychlý a nenákladný způsob vytvoření prototypu. Právě jeho rychlost a celková nenákladnost na jeho vytvoření dovoluje rychlé nasazení do uživatelského testování. To nám poskytuje možnost získat zpětnou vazbu od uživatelů během testování za výrazně krátkou dobu.

Koncept papírového prototypu tkví v rozdělení každé obrazovky na vlastní kus papíru. Ten je během uživatelského testování předkládán participantovi, který během testování s prototypem zachází, jako by skutečně před sebou měl zařízení, na jehož obrazovce se promítá nakreslený obsah. V případě, že participant potřebuje přejít na další stránku nebo snímek, je list papíru zachycující momentální stav obrazovky vyměněn za další.

Nevýhodou papírového prototypování je právě fakt, že se jedná o hrubou simulaci – prototyp se nedá ovládat tak, jako by jej koncový uživatel ovládal na svém telefonu či počítači. V kombinaci s nutností listy papíru během testování vyměňovat za jiné znamená, že participant se nemusí v mnoha případech věnovat právě ovládání aplikace a objektivně tak nelze říci, jestli mu zamýšlený způsob navigace spolu s logickou strukturou aplikace přijde přirozený.

3.11.3 Digitální prototyp

Digitální prototyp je forma návrhu aplikace zachycená s použitím softwarových pomůcek, které prototypu dodají interaktivní charakter. Výhody volby tohoto prototypu jsou rychlé

odezvy na akce podniknuté uživatelem a velice přesný způsob znázornění všech prvků aplikace. Nevýhodou je nákladnější způsob oprav a úprav prototypu spojených s využitím softwarového prostředí.

Jelikož se jedná o prototyp v jeho digitální podobě, uživatelské testování nám přináší daleko spolehlivější data o spokojenosti uživatele při jeho ovládání aplikace. Dá se tak lépe ověřit, zda jsme vytvořeným prototypem eliminovali všechny zjištěné nedostatky, které jsme zjistili během uživatelského výzkumu.

3.12 Uživatelské testování

Tato podkapitola vysvětluje základní pojmy související s uživatelským testováním. Následně představuje testování použitelnosti a jeho význam. Testování je následně rozděleno na kvalitativní a kvantitativní. U obou testování budou uvedeny příklady. Dále budou uvedeny konkrétní implementace testování použitelnosti.

3.12.1 Testování

Testování SW je empirický technický výzkum prováděný za účelem ověřit kvalitu testovaného softwarového produktu nebo služby. Zjednodušeně řečeno jde o zkoumání kvality. Kvalita je stupeň shody s implicitními a explicitními požadavky. Testování dále umožňuje podniku poskytnout nezávislý objektivní pohled na software a ocenit a pochopit rizika implementace softwaru. Testování se provádí za účelem najít chyby nebo jiné skryté vady v softwaru a zjistit, zda je vhodný k používání. Testování je dnes již součástí vývoje software.

3.12.2 Kvantitativní testování

Kvantitativní testování je proces sběru a analýzy kvantitativních dat o uživatelském chování a interakci s produktem. Tyto testy se zaměřují na měření určitých vlastností produktu, jako je efektivita, účinnost a spokojenost uživatele (Nielsen, 1993). Kvantitativní testování poskytuje přesné a opakovatelné výsledky, které umožňují porovnávání a vyhodnocování výkonu produktů (Wixon, 2003).

Mezi běžně používané kvantitativní metody patří A/B testování, klikací analýzy a dotazníkové průzkumy. A/B testování je proces porovnávání dvou různých verzí produktu,

kde se měří, která verze je účinnější v dosažení stanoveného cíle (Kohavi et al., 2007). Klikací analýzy sledují chování uživatelů při interakci s produktem a poskytují informace o tom, jaké části produktu jsou nejvíce používané a jaké jsou nejvíce ignorovány (Brown, 2009). Dotazníkové průzkumy se zaměřují na sběr dat prostřednictvím standardizovaných otázek a poskytují kvantitativní informace o spokojenosti uživatelů s produktem (Sauro, 2011).

Kvantitativní testování může být velmi užitečné pro vylepšení produktů a zvyšování uživatelské spokojenosti. Je však důležité si uvědomit, že kvantitativní data nemohou vysvětlit, proč se uživatel chová tak, jak se chová. Kombinace kvantitativního a kvalitativního testování může poskytnout komplexnější a ucelenější pohled na uživatelské chování a pomoci lépe pochopit potřeby uživatelů a jaké změny v produktech jsou potřebné (Hertzum a Jacobsen, 2001).

Výhody a omezení kvantitativního testování musí být pečlivě zvažovány při rozhodování, zda použít tuto metodu a jak ji použít k dosažení cílů výzkumu. Nicméně, kvantitativní testování zůstává klíčovým nástrojem pro vývoj a zdokonalování produktů s cílem zlepšit uživatelskou spokojenost a efektivitu. Další výhodou kvantitativního testování je, že poskytuje statistické údaje, které lze dále analyzovat a porovnávat. To umožňuje objektivně porovnat různé designové možnosti a rozhodovat se na základě dat namísto subjektivních názorů (Cairns, Cox, & Cairns, 2014).

Nicméně, kvantitativní testování není univerzálním řešením a má své nevýhody. Například, některé aspekty uživatelského zážitku nelze snadno měřit pomocí numerických dat, jako jsou emocionální reakce nebo intuitivní pohyb po stránce. Kromě toho, testování v laboratorních podmínkách může ovlivnit uživatelské chování, protože se jedná o umělé prostředí a neodráží skutečné používání produktu v reálných podmínkách (Nielsen, 2012).

Nicméně, při správném použití a kombinaci s kvalitativními metodami může kvantitativní testování být cenným nástrojem pro návrh produktů, které splňují potřeby uživatelů a dosahují požadovaného výkonu.

3.12.3 Kvalitativní testování

Uživatelské kvalitativní testování je proces sběru a analýzy dat, který umožňuje získat užitečné informace o tom, jak uživatelé vnímají a používají produkt nebo službu. Tento typ testování se zaměřuje na zlepšení uživatelského zážitku a může vést k výraznému zlepšení produktů a služeb.

Podle Nielsona (2012) je klíčové zaměřit se na cílovou skupinu uživatelů během testování, aby bylo možné získat užitečné informace o tom, jak produkt funguje v reálném světě. Dle toho "uživatelské testování by mělo být zaměřeno na ty uživatele, kteří představují cílovou skupinu produktu, aby bylo možné získat relevantní zpětnou vazbu" (Nielsen, 2012, s. 2).

Pro sběr dat se často používají metody jako jsou rozhovory, pozorování a testování produktu v reálném prostředí. Podle Kujalova (2013) je nejlepší provádět uživatelské testování v podmínkách mimo laboratorní prostředí, tedy v reálném světě, kde uživatelé mohou testovat produkt bez stěžujících okolností, jako jsou laboratorní postupy a přesně zařízení, a poskytnout užitečné zpětné vazby (Kujalova, 2013, s. 25).

V posledních letech se stále více používají technologie pro uživatelské kvalitativní testování, jako jsou softwary pro analýzu dat a nástroje pro testování uživatelského rozhraní. Podle Hassenzahla a Tractinského (2010) nástroje pro testování uživatelského rozhraní umožňují výzkumníkům sledovat uživatelské chování a interakce s produktem a umožňují získat detailní informace o uživatelském zážitku (Hassenzahl & Tractinsky, 2010, s. 57).

Uživatelské kvalitativní testování může být prospěšné pro vývoj produktů a služeb, protože umožňuje identifikovat problémy a nedostatky a získat zpětnou vazbu od uživatelů. Jak uvádí Dumas a Redish (2018), testování s uživateli je klíčové pro úspěšný design produktu nebo služby, protože umožňuje vývojářům získat informace o tom, jak produkt funguje v reálném světě a jak ho uživatelé vnímají (Dumas & Redish, 2018, s. 71).

4 Vlastní práce

Praktická část této diplomové práce se opírá o výzkum probíhající na Katedře informačních technologií. Cílem tohoto výzkumu je blíže porozumět jednání uživatelů webových stránek při vyplňování formulářových prvků.

Sběr dat bude probíhat v regulovaném prostředí laboratoře HUBRU. Takto získaná data budou dále využita k vytvoření umělé inteligence se schopností automaticky klasifikovat uživatelem prováděné akce během vyplňování formulářů.

4.1 Problematika uživatelského chování a webových formulářů

Problematika uživatelského chování se týká i používání formulářů na webových stránkách. Tyto formuláře se často používají k shromažďování osobních údajů, jako je jméno, e-mail a platební a fakturační údaje. Tyto informace mohou být potenciálně zneužity ke krádeži identity nebo k jiným bezpečnostním hrozbám.

Uživatelské chování při vyplňování formulářů na webových stránkách je ovlivněno řadou faktorů, jako je důvěra ve webovou stránku a jejího majitele, informace o ochraně osobních údajů a návyky týkající se bezpečnosti. Tyto faktory mohou ovlivňovat, zda uživatelé vyplní formuláře na webových stránkách nebo ne.

Někteří uživatelé mohou být ochotni sdílet své osobní údaje, aniž by si uvědomili potenciální rizika, zatímco jiní mohou být opatrnější a odmítat vyplňovat formuláře na webových stránkách, pokud nemají důvěru v danou stránku nebo nemají dostatek informací o ochraně svých osobních údajů.

Kromě toho by měly webové stránky dodržovat přísné standardy ochrany osobních údajů a zobrazovat transparentně své zásady ochrany soukromí a způsoby, jakými budou data uživatelů používat. Tyto informace by měly být snadno dostupné a srozumitelné pro uživatele.

4.2 Návrh formuláře pro sběr dat

Samotným cílem diplomové práce je navržení webového formuláře ke sběru dat shromážděných během uživatelského testování. Pořízené nahrávky z uživatelských testování, na kterých je zachyceno chování a postup uživatele během vyplňování webového formuláře, budou plnit funkci vstupních dat pro zmíněnou umělou inteligenci.

Tato umělá inteligence by měla být ze získaných nahrávek schopná rozpoznávat akce jako jsou například vyplňování polí se jménem, elektronickou mailovou schránkou, údaje o věku a pohlaví osoby ale i další druhy akcí jakými jsou zaškrtování polí z nabídky či nahrávání souboru.

Z tohoto důvodu je tedy za potřebí navrhnout takový webový formulář, který nám po dobu uživatelského testování poskytne dostatečnou základu k zaznamenání uživatelem podniknutých akcí, které budou sloužit jako datová báze k vytvoření AI.

Rovněž je důležité, aby výsledný webový formulář, který má být předložen koncovým uživatelům se co nejlépe přiblížil reálným implementacím webovým formulářům dostupných kdekoli na internetu. Klíčovým bodem uživatelského testování je totiž sběr reálných, nezkrácených a ryze dat, která věrně zachycují skutečné jednání uživatelů ve skutečném světě. Jakékoliv zkrácení získaných dat by mělo za následek nedosažení zvoleného cíle výzkumu.

4.2.1 Obor uživatelských akcí

Cílem výše uvedeného výzkumu je získání umělé inteligence se schopností rozpoznávat uživatelské akce prováděné během vyplňování formulářů a dotazníků. V předchozí kapitole byly shrnuty logické požadavky na podobu testovaného formuláře. Dále je třeba stanovit obor uživatelských akcí, které má konečná umělá inteligence být schopná rozeznat. Tento seznam uživatelských akcí bude dále použit společně s eye-trackingovou nahrávkou z testování k vytvoření báze dat, na které se bude provádět učení umělé inteligence.

Celkový soubor rozeznávaných akcí je popsán v následující tabulce.

Obrázek 17 - Soubor uživatelský akcí

| Label name | Description |
|---|--|
| Reading paragraph | User is reading a paragraph of text |
| Reading label | User is reading a form item label |
| Reading description | User is reading a description of an element |
| Filling text input | User is filling a text input item (name, address, etc...) |
| Filling number | User is filling a number input item (date of birth, telephone number, etc...) |
| Filling text area | User is filling a text area form input element (Notes section, sending an e-mail, etc...) |
| Filling checkboxes | User is ticking a checkbox or multiple checkboxes |
| Filling options | User is filling radio button groups |
| Filling selectbox | User is picking an optionm from a selectbox dropdown menu |
| Submit button | User's attention is on the ,submit button' element or they are clicking on the submit button element |
| File input | User is browsing a file explorer in order to select a file or multiple files to load/extract/etc... |
| Forward/Backward navigation button | User's attention is either directly at the navigation buttons or they are clicking on these elements. (Buttons to progress through or return back to a previous/next form page) |
| Breadcrumb buttons | User's attention is either directly at the bread crumb buttons or they are clicking on them. These types of button mark chapters within the form |
| Other | User's attention is focused at an area where no element is present. Another explanation is the user is currently not facing the screen directly and they are ither looking down on the keyboard or otherwise facing away from the screen |

Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

4.2.2 Podoba formuláře

Pro účely uživatelského testování v laboratorním prostředí byl sestaven webový prototyp. Aplikace byla navržena v souladu s výše uvedenými požadavky a předpoklady s cílem simulovat reálnou podobu webového rozhraní.

K vytvoření webového rozhraní byl využit CSS framework Bootstrap verze 4, jehož použití je velice běžně rozšířené. Tento framework byl vybrán především pro jeho vysoce četné používání pro implementace formulářů například k registracím na webu.

Celý formulář je rozdělen do čtveřice sekcí, z nichž každá sekce obsahuje skupinu elementů, které korespondují se seznamem uživatelských akcí.

Obrázek 18 - Testovací formulář, první stránka

The image shows a registration form with a breadcrumb navigation bar at the top. The breadcrumb consists of four items: '1 Account' (active), '2 Basic Information', '3 Profile', and 'Summary'. Below the breadcrumb, there is a paragraph of text: 'Please, read the following paragraph' followed by a longer paragraph: 'In our research, we generally aim at an analysis of eye-tracking data. You are participating in the experiment necessary for gathering the data. Please, fill each form item and insert actual data. We will use the data from questions as a source for descriptive statistics.' The form contains the following fields: 'Full name' (text input), 'Your email' (text input), 'Your age' (text input), 'Choose your sex' (radio buttons for 'Female' and 'Male'), 'Occupation' (dropdown menu with '-- select one --'), 'Profile picture' (file upload button labeled 'Vybrat soubor' and 'Soubor nevybrán'), and 'Your lucky number' (text input). At the bottom left, there is a blue button labeled 'NEXT STEP >'.

Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

Úvodní obrazovka webového formuláře obsahuje tyto prvky (v pořadí odshora dolů):

- 1) Čtveřice breadcrumb tlačítek sloužící k přepínání mezi různými stránkami ve formuláři
- 2) Nadpis a odstavec s textem, který si má uživatel přečíst. Série kolonek k zadání celého jména, emailové adresy a věku uživatele
- 3) Dvojice radiobuttonů k zaškrtnutí pohlaví uživatele
- 4) Rozbalovací nabídka určená k výběru zaměstnání.
- 5) Tlačítko k nahrání profilové obrázku, dále pak kolonka k zadání šťastného čísla

Pod formulářem je umístěno tlačítko k přesměrování uživatele na další stránku ve formuláři.

Z podoby formuláře je patrné, že vybrané elementy a celý styl formuláře byl zvolen tak, aby odpovídal současné podobě běžně používaných registračních formulářů. Takovéto prostředí

by pro uživatele mělo být známé a nemělo by jim klást žádné překážky při vyplňování formuláře.

Především nás na této stránce ve formuláři zajímá způsob jednání uživatele při vyplňování registračního formuláře. Zejména jakým elementům věnuje uživatel pozornost, které elementy upřednostňuje před jinými a které naopak ignoruje.

Obrázek 19 - Testovací formulář, druhá stránka

1 Account ————— 2 Basic Information ————— 3 Profile ————— Summary

Again, please, read the following carefully

After we gather the data, we have to label it. We mark the data using special software VEAX. After labeling, we merge the data with eye-tracking export. Then we do a preprocessing using Google Colab and Python programming language.

Characterise yourself (in 2-3 sentences)

Please, choose what corresponds to your eye conditions?

| | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> No, I have healthy eyes | <input type="checkbox"/> Short-sightedness (Myopia) | <input type="checkbox"/> Far-sightedness (Hyperopia; reading problems) |
| <input type="checkbox"/> Glasses | <input type="checkbox"/> Strabismus (non aligned eyes) | <input type="checkbox"/> Color blindness |
| <input type="checkbox"/> Contact lenses | <input type="checkbox"/> Astigmatism | <input type="checkbox"/> Other |

Evaluate your computer skills

- Use it mainly for web browsing and emails
- I use it at work (web, email, excel, word,...)
- I am an IT student
- I work in IT

◀ PREVIOUS STEP NEXT STEP ▶

Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

Druhá stránka formuláře se sestává z:

- 1) Nadpis s odstavcem textu, který si uživatel má přečíst
- 2) Textové pole, do nějž má uživatel vepsat krátký text v délce 2-3 vět
- 3) Skupina checkboxů, kde uživatel má vybrat, zda trpí některou formou zrakového postižení (dalekozrakost, krátkozrakost, barvoslepost, ...) či nikoliv
- 4) Skupina elementů, kde uživatel má vybrat svou úroveň uživatelské gramotnosti PC.

Pod formulářem je umístěna dvojice navigačních tlačítek, která slouží k přepínání mezi další a předcházející stránkou ve formuláři.

Především nás zde zajímá, jakým způsobem se bude odvíjet jednání uživatele v případě, kdy má před sebou úkol vybrat element z nabídky a jakým způsobem si bude při vyhledávání nejvhodnějšího elementu počínat.

Obrázek 20 - Testovací formulář, třetí stránka

1 Account 2 Basic Information 3 Profile Summary

Where are you from?

I have already visited

| | |
|----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Prague | <input type="checkbox"/> North America |
| <input type="checkbox"/> Brno | <input type="checkbox"/> South America |
| <input type="checkbox"/> Germany | <input type="checkbox"/> Asia |
| <input type="checkbox"/> Austria | <input type="checkbox"/> Africa |

Highest completed education

High School
 University - BSc (Bachelor; Bc.)
 University - MSc (Master; Ing.)
 University - Ph.D.

Insert your CV

Soubor nevybrán

What are your plans for today (in 2-3 sentences)

Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

Předposlední stránka formuláře se sestává z:

- 1) Rozbalovací nabídky určené k výběru občanství
- 2) Nabídky checkboxů, v níž má uživatel zaškrtnou veškerá místa, která dříve navštívil

- 3) Nabídka radiobuttonů, kde má uživatel vybrat nejvyšší úroveň dosaženého vzdělání
- 4) Tlačítko „vybrat soubor“ k nahrávání životopisu
- 5) Textové pole, do nějž má uživatel vepsat text v délce 2-3 vět

Na této stránce si rovněž můžeme povšimnout změny barevného schématu u dvojice tlačítek umístěných pod formulářem. Na předchozí stránce je tlačítko pro přepnutí na další stránku formuláře vybarveno modře s bílým textem a šipkou směřující vpravo. Tlačítko pro navrácení se na předchozí stránku ve formuláři má schéma opačné, tedy bílé pozadí a modrou barvu. Toto schéma je taktéž zachováno na úvodní a poslední stránce formuláře. Účel záměny barevného schématu u těchto navigačních prvků tkví ve snaze zjistit, zda dojde u uživatele ke zmatení či je schopen si záměny barevného schématu vědomě všimnout. Tento detail nám pomůže lépe nahlédnout do prahů vnímání participantů.

Obrázek 21 - Testovací formulář, poslední stránka

1 Account 2 Basic Information 3 Profile 4 Summary

On behalf of the Department of Information technologies, we would like to thank You for finding time to participate in this research.

I agree that my data will be used anonymously for the purpose of the presented research only
 I read this because I was instructed to. There is no sense in this sentence. Just tick it please.

Thank you for participating in the experiment. Just click the button submit to finish.

◀ PREVIOUS STEP SUBMIT

Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

Konečná stránka formuláře se sestává z formálního poděkování za účast na výzkumu a dvojice checkboxů, které má uživatel zaškrtnout. Níže se nachází dvojice tlačítek pro přepnutí na předchozí stránku ve formuláři a ukončení testování.

4.3 Testování v laboratoři použitelnosti

Testování bylo realizováno v laboratořích HUBRU na Provozně Ekonomické Fakultě ČZU v Praze. Před testováním byly o jednotlivých participantech zjištěny základní údaje o věku, zaměstnání, informace týkající se uživatelské gramotnosti a nejvyšší úroveň dosaženého vzdělání.

Zvláštní pozornost byla rovněž věnována sběru informací souvisejících s existující poruchou zrakového ústrojí, například druhem zrakového postižení či používání brýlí nebo kontaktních čoček.

4.3.1 GDPR a shromažďování údajů o participantech

V rámci uživatelského testování v laboratoři použitelnosti bylo o každém participantovi vedena i bližší evidence doplňujících informací jako například zda nosí brýle, dioptrické čočky či trpí nějakou formou zrakového postižení. Vzhledem k druhu evidovaných informací nastává povinnost ze strany výzkumníka či týmu výzkumníků zajistit správné a bezpečné nakládání s evidovanými údaji.

Z tohoto důvodu bylo před samotným zahájením uživatelského testování nutné napřed od jedince obdržet písemný souhlas s evidencí a uchováním osobních údajů v souladu s generálním nařízením o ochraně osobních údajů.

Toto evropské právní nařízení má za cíl chránit osobní údaje a práva subjektů údajů v rámci Evropské unie. Nařízení vstoupilo v platnost 25. května 2018 a nahrazuje předchozí směrnici z roku 1995.

Cílem GDPR je poskytnout subjektům údajů větší kontrolu nad jejich osobními údaji a zajistit, aby byly osobní údaje správně a bezpečně zpracovávány. Nařízení stanovuje povinnosti pro správce údajů, kteří jsou zodpovědní za zpracování osobních údajů, a poskytuje subjektům údajů řadu práv, jako je například právo na přístup k údajům, právo na opravu údajů a právo na zapomenutí.

GDPR také stanovuje povinnosti pro tzv. zpracovatele údajů, kteří zpracovávají osobní údaje na žádost správce údajů. Tyto povinnosti zahrnují například dodržování bezpečnostních

opatření, zveřejnění informací o zpracování údajů a informování o porušení ochrany osobních údajů.

Porušení GDPR může vést k vysokým sankcím, a to až do výše 4 % ročního obratu nebo 20 milionů eur, podle toho, co je vyšší. Tyto sankce mají za cíl motivovat správce a zpracovatele údajů k dodržování povinností stanovených nařízením a zajistit, že budou osobní údaje správně a bezpečně zpracovávány.

4.3.2 Tobii user studio

Eye-trackingový software Tobii User Studio je softwarový nástroj pro výzkum očních pohybů a interakce uživatelů s digitálními médii. Tento software je výrobek společnosti Tobii Technology, která se specializuje na výrobu očních sledovacích zařízení a softwaru pro výzkum a analýzu očních pohybů.

Tobii User Studio umožňuje vědcům a výzkumníkům získat detailní informace o tom, jak uživatelé vnímají a reagují na digitální média, jako jsou webové stránky, mobilní aplikace, reklamy a herní rozhraní. Software umožňuje zaznamenávat a analyzovat oční pohyby a reakce uživatelů v reálném čase. Tobii User Studio také poskytuje řadu nástrojů pro analýzu a vizualizaci dat, jako jsou heatmapy, fixace, sádky a další.

Další výhodou Tobii User Studio je jeho snadné použití. Software má intuitivní uživatelské rozhraní a umožňuje uživatelům snadno vytvářet a provádět oční sledovací studie. Tobii User Studio také nabízí možnost exportovat a sdílet data v různých formátech, jako jsou CSV, Excel nebo SPSS.

Mezi další funkce Tobii User Studio patří integrace s jinými nástroji pro výzkum uživatelského chování, jako jsou dotazníky, analýza EEG, měření srdečního tepu a další. Tyto funkce umožňují výzkumníkům získat komplexní pohled na uživatelské chování a reakce.

Využití Tobii User Studio může být velmi široké. Software se používá v oblastech jako jsou marketingový výzkum, design uživatelských rozhraní, psychologie, neurověda, sociologie a další. Tobii User Studio je také často používán ve výuce a výzkumu v oblasti interakce člověka s počítačem.

4.3.3 Nastavení snímacího SW

K zajištění jednotných podmínek pro každého participanta, který se uživatelského testování v laboratoři účastnil, bylo třeba přednastavit veškerá softwarová nastavení. Tato nastavení se týkají způsobu vyhodnocení kalibračních vah pro správnou funkci eye-trackingového softwaru a uvedení webového formuláře do standardního stavu.

Jedním z těchto bodů nastavení je nastavení nejkratší rozeznatelné hranice trvání fixací, což je proces, ve kterém se vynechávají a odstraňují detekované body vázané k pohybu lidského oka, fixace, které jsou kratší, než je zvolená minimální délka trvání. Důvod pro takovéto filtrování získaných dat je nutnost brát v úvahu, že některé zjištěné fixace mohou mít příliš krátkou dobu trvání a tím jejich význam upadá. Velice krátké fixace totiž nepřinášejí mnohdy nový druh informace, který by výzkumníkům napomohl se lépe vcítit do role uživatele a lépe tak porozumět jeho motivacím a jednání.

Odstranění krátkých fixací je typicky prováděno taktéž z důvodu odstranění „šumu“ ze zjištěných dat a tím očištění chtěných dat od těch, která by poškozovala kvalitu sesbíraných měření.

Hranice pro označení minimální délky trvání fixací se nastavuje z řady důvodů, které mohou být například v návaznosti na potřeby a cíle výzkumného týmu, v závislosti na použitém softwarovém rozhraní či hardwarové stránce stroje, na které se data sbírají.

Tímto nastavením nám Tobii User Studio umožňuje velice přesnou a jemnou manipulaci se sbíranými daty a rovněž i jasnější reprezentování chování uživatele a jeho tendence při sledování aplikačního rozhraní.

Pro účely testování byla zvolena hodnota minimální délky fixací 100ms. Tato hodnota se v mnoha odborných publikacích považuje za minimální práh k rozeznávání fixací od sakád.

4.3.4 Kalibrace eye-trackingu

Kalibrace v Tobii User Studio se používá ke zjištění nejvýhodnějšího bodu sledování oka pro uživatele. Tato kalibrace může být nastavena na 9, 5 nebo 3 kontrolní body, což určuje, kolik bodů bude použito pro kalibraci. Čím více bodů je použito pro kalibraci, tím přesnější bude sledování oka.

9 bodová kalibrace v Tobii User Studio je nejvíce detailní a přesná možnost, protože určuje 9 různých bodů na obrazovce, které budou sledovány při kalibraci. Tyto body zahrnují rohy a střed obrazovky, což zajistí, že sledování oka bude přesné v celé oblasti obrazovky.

Výsledky kalibrace jsou uloženy jako profil uživatele a mohou být použity pro sledování oka v různých aplikacích a hrách. Obecně se doporučuje využít právě 9 bodovou kalibraci pro zpřesnění výsledků testování.

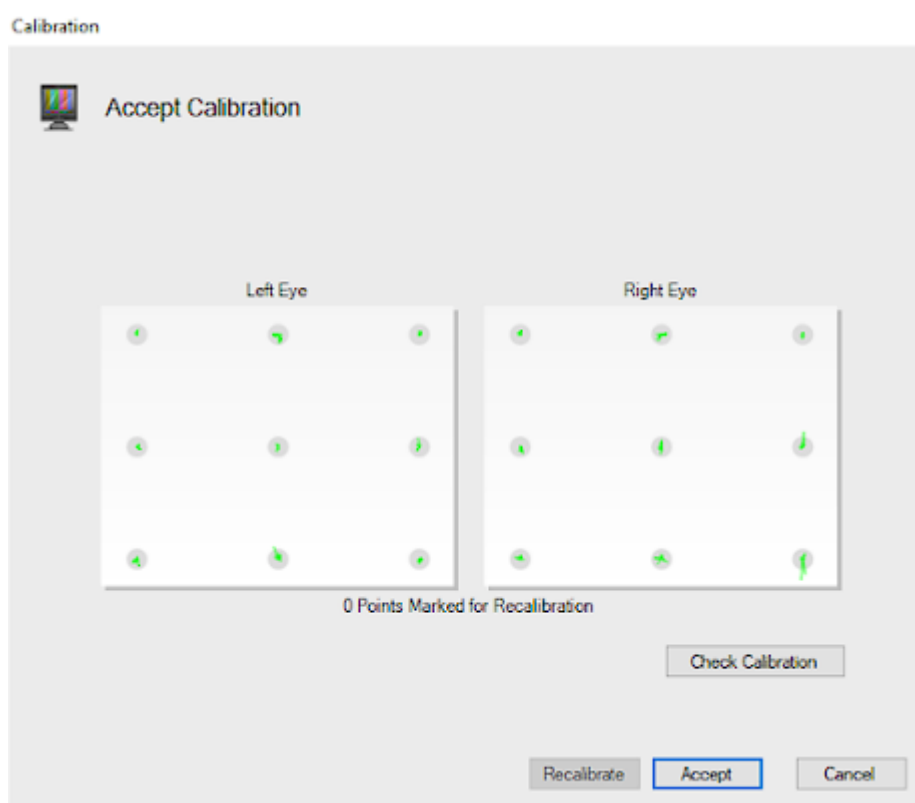
4.3.5 Princip 9 bodové kalibrace

Princip 9 bodové kalibrace v Tobii User Studio je založen na sledování pohybu oka uživatele při kalibraci. Proces kalibrace spočívá v tom, že se na obrazovce zobrazí 9 bodů, které jsou rozmístěny v různých částech obrazovky. Uživatel se poté soustředí na každý bod, zatímco Tobii Eye Tracker sleduje pohyb jeho očí a zaznamenává jejich souřadnice. Tyto souřadnice jsou poté použity k výpočtu korekčního modelu, který určuje, jakým způsobem se pohyby očí přenášejí na pohyby kurzoru na obrazovce.

Cílem kalibrace je najít nejlepší bod sledování pro uživatele, aby bylo zajištěno co nejlepší spojení mezi pohyby očí a pohyby kurzoru na obrazovce. 9 bodová kalibrace v Tobii User Studio umožňuje pokrýt široký rozsah oblastí obrazovky a tím zajistit co nejlepší přesnost sledování oka.

Výsledky kalibrace jsou uloženy jako profil uživatele a mohou být použity pro sledování oka v různých aplikacích a hrách. 9 bodová kalibrace v Tobii User Studio je vhodná pro uživatele, kteří potřebují vysokou přesnost sledování oka, jako jsou například profesionálové v oboru grafického designu nebo herních vývojářů.

Obrázek 22 - Grafický výsledek 9 bodové kalibrace



Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

Na snímku je vyobrazen výsledek 9 bodové kalibrace provedené v prostředí Tobii User Studio. Snímek je rozdělen na dvě části – levé a pravé oko participanta. Každý panel obsahuje skupinu bodů, které znázorňují kde na obrazovce se během kalibrace vyskytla značka, kterou měl participant sledovat. Zelené čáry představují eye-trekkingovým softwarem zjištěné místo, kam pohled oka participanta směřoval.

V ideálním případě by se žádá zelená čára neměla vyskytovat mimo označený bod. Přítomnost takovýchto bodů totiž znamená, že je záznam pohledu oka nepřesný což by s sebou neslo následky, které by se dále projevovaly během analýzy získaných dat.

V takovémto případě je vhodné kalibraci u problémových bodů provést znovu. Kalibrace se bude tak provádět jen na určených místech, kde došlo ke zjištění poruchovosti.

Během výzkumu bylo dovoleno maximálně použít možnost recalibrace nanejvýš 3x. Zejména z toho důvodu, že se sice snažíme dosáhnout co nejlepších výsledků, chceme ovšem taktéž, aby výsledky mohli být aplikovatelné i mimo přísně kontrolované laboratorní prostředí – v reálném světě.

4.3.6 Průběh testování

Testování se skládá z několika částí:

- Uvedení do problematiky výzkumu
- Seznámení participanta s ochranou jeho identity, podpis formuláře GDPR
- Uložení doplňujících informací o participantovi
- Seznámení participanta s průběhem celého testování
- Usazení participanta
- Provedení 9 bodové kalibrace, uložení výsledku
- Spuštění záznamového SW
- Testování použitelnosti
- Zaznamenání, zda si participant všiml změny barvy u tlačítek
- Poděkování za účast na výzkumu

Jako první bylo nutné každého účastníka na testování v laboratoři seznámit o jaký typ uživatelského testování se jedná. Mnozí z participantů vyjádřili své obavy a pocit úzkosti. Tyto pocity jsou velice běžné u jedinců, kteří se doposud s žádnou formou uživatelského testování nesetkali. Z těchto důvodů bylo důležité zmínit, že není třeba se čehokoliv obávat. Každému ze zúčastněných bylo vysvětleno, že v kterémkoliv bodě v průběhu testování se mohou na cokoliv zeptat, pokud něčemu nebudou rozumět.

Jedním z omezujících faktorů pro participanty byla především nutnost držet během celého průběhu testování stejnou polohu těla. Tento požadavek byl pro mnohé participanty velice nepříjemným. (autorova pozn.)

Dalším bodem bylo seznámení participanta se zásadami ochrany osobních údajů podle nařízení GDPR (viz. kapitola 4.3.1) a obdržení souhlasu participanta s uchováním

a zpracováním některých jeho osobních údajů tak jako pořizováním kamerového a audio záznamu jeho hlasu pomocí testovacího SW.

Participantů bylo před začátkem celého testování sděleno, že v případě, kdyby s pořizováním záznamu či evidováním jakýchkoliv jejich osobních údajů nesouhlasili, bude celé testování ukončeno bez jakéhokoliv postihu.

Participantovi byly dále položeny otázky týkající se jeho věku, nejvyššího dosaženého vzdělání a zdravotního stavu týkajícího se jeho nebo jejího zrakového ústrojí.

V následujícím kroku byl participantovi vysvětlen celý průběh uživatelského testování v jednotlivých jeho etapách. Participantovi byl nejdříve vysvětlen princip a způsob provedení kalibrace eye-trackingového softwaru po němž byl participant instruován o minimalizování pohybu během celého testování. Participant byl dále pohodlně usazen do křesla před testovacím PC. V případě, že by byl způsob usazení participantovi nepříjemný a bylo by pro ni/něj nutné se hýbat, mělo by to negativní dopad na kvalitu získaných dat.

Hned poté následovalo provedení 9 bodové kalibrace, ve které se měl participant za úkol soustředit a oběma očima sledovat pohybující se bod na obrazovce. (více o kalibraci v kapitole 4.3.3). V případě potřeby byla kalibrace provedena opětovně avšak nanejvýš 3x z důvodu zachování standardizovaného měřítka. Získaný výsledek byl dále uložen pro pozdější dokumentaci.

Následovalo spuštění snímacího SW pro pořízení video a audio záznamu z testování participanta. Před samotným spuštěním bylo participantovi znovu zopakováno, jakou formou bude zbytek testování probíhat a pokud by nastala chvíle, kdyby participantovi nebylo cokoliv jasné, má možnost se kdykoliv zeptat. Rovněž byla re iterována připomínka o zachování stejného držení těla a minimalizaci pohybu participanta.

Až po participantově prohlášení, že všem bodům a podmínkám testování rozumí bylo testování použitelnosti zahájeno.

Po ukončení uživatelského testování byl snímací SW zastaven a participant měl dále zodpovědět, zda skutečně rozpoznal změnu barev u tlačítek na obrazovce formuláře.

Odpověď byla zaznamenána do uživatelského dotazníku s ostatními získanými údaji o participantovi.

V závěru bylo participantovi poděkováno za jeho či její účast na výzkumu a testovací stanice byla uvedena do počátečního stavu, tak aby bylo možné zahájit testování s dalším participantem.

5 Výsledky a diskuse

K testování byly využity laboratoře HUBRU Provozně ekonomické fakulty České zemědělské univerzity v Praze. Průměrná doba k otestování jedné osoby se pohybovala okolo 10 minut.

5.1 Charakteristika testovací skupiny

Celkem se testování použitelnosti účastnilo 151 participantů, z nichž 104 jsou muži a 47 ženy. Z toho 47 zúčastněných nosí brýle či kontaktní čočky.

Nejčetnější věkovou kategorií zastoupenou v testovací skupině jsou mladí, ve věku mezi 19 a 29 lety. Tuto skupinu tvoří zejména studenti bakalářských a magisterských oborů na České zemědělské univerzitě. Ostatní věkové skupiny již tak četné zastoupení nemají.

Obrázek 23 - Věkové skupiny participantů



Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

53 participantů rovněž potvrdilo, že trpí jedním či vícero druhy zrakového postižení. Byly zaznamenány 4 jedinci trpící astigmatismem, 10 trpících hyperopií, 37 trpících myopií, 1 trpící strabismem a jeden trpící barvoslepostí. 4 z participantů dále trpí nespecifikovanou zrakovou poruchou.

Z hlediska počítačové gramotnosti 42 využívá počítač především pro základní funkce jako je přístup k emailové adrese, univerzitnímu portálu či procházení webu. 22 participantů uvedlo, že počítač berou využívají v souladu s vykonáváním pracovní náplně v zaměstnání. 21 se dále vzdělává v oblasti informačních a komunikačních technologií, jako největší skupinou čítajících 66 jedinců jsou participant, kteří současně pracují v IT.

5.2 Analýza nahrávek

Veškeré získané nahrávky s daty o pohybu očí bylo dále nutné manuálně projít a zkontrolovat kvalitu získaných dat. Zejména ujistit se, že v získaných nahrávkách není přítomen jakýkoliv prvek, který by měl svým výskytem za následek znehodnocení získaných dat.

Přítomnost těchto prvků může být následkem technické poruchy (například nesprávné nastavení snímacího softwaru) či způsobená pohybem participanta mimo pole snímané eye-trackingovou kamerou.

Druhy konkrétní technické poruchy mohou být například špatné snímání stimulu na obrazovce, kdy snímací software v určitém bodě není schopen zachytit snímaný objekt a v nahrávce tak vznikne „prázdné místo“ s bílou obrazovkou. V takovém případě tak nejsme schopni rozeznat na kterou část stimulu se participant v danou chvíli díval.

Znehodnocení nahrávky může mít ovšem na svědomí i participant, nedochází k tomu však vědomě. V případě, že pro účely testování nebyly použity pomůcky k fixaci pohybu hlavy či horní poloviny těla participanta, může nastat situace kdy participant opustí eye-trackingovým nástrojem snímaný prostor.

Zařízení pak v důsledku pohybu participanta mimo zabíraný prostor není schopné detekovat lidské oko. V takovém případě eye-tracker není schopen stanovit kam se v danou chvíli jedinec díval.

Ze všech získaných nahrávek bylo zjištěno, že došlo ke znehodnocení dat pouze u 27 z nich. U 18 nahrávek bylo zjištěno, že k poškození nahrávky došlo vlivem pohybu participanta. Participant se buď pohybem hlavy či vrchní poloviny těla dostal mimo snímaný prostor nebo

jeho v důsledku jeho pohybu byla výrazně zhoršena přesnost výpočtu odhadu fixace a pohybu pohledu.

Dále byla u čtveřice nahrávek zjištěna přítomnost blíže neurčených blikajících skvrn, které v některých částech nahrávky překrývaly oblasti stimulu, kam momentálně směřoval pohled participanta. Jelikož tyto skvrny přímo zakrývaly části obrazu, a tudíž nebylo možné zjistit přesně kam participant hledí, byly vyřazeny z dalšího zpracování.

Posledních pět nahrávek bylo vyřazeno z důvodu softwarové chyby, která se vyskytla během laboratorního testování. Těchto pět nahrávek mělo nefunkční snímání očí z blíže neurčeného důvodu.

5.3 Získané poznatky o chování participantů

Bližší prozkoumání zbývajících nepoškozených nahrávek přineslo s sebou několik poznatků o chování participantů při navigaci prototypem webového formuláře, který sloužil ke sběru dat.

Nejvýznamnějším zjištěním bylo procento participantů, kteří nezaregistrovali odstavec textu v úvodní části prototypu. Ze 124 participantů jej nezaregistrovalo 92 jedinců, což je přibližně 75 %. Z těchto 92 participantů dále 22 zcela nezaregistrovalo ani druhý z odstavců textu nebo mu věnovalo pozornost jen velice krátce.

Skutečnost, že byl tento element zcela nebo částečně ignorován tak velkým podílem participantů může být způsobena řadou faktorů. Jedním z možných vysvětlení je, že blok textu v obou případech působí méně výrazně než zbytek elementů na stránce. Participant se tak při pokusu vstřebat předložené informace na stránce nevědomě dopouští ignorování některých prvků, které jsou přítomné.

Dalším možným vysvětlením je zásah podvědomí participanta do jeho počínání. To se týká hlavně odstavce na úvodní obrazovce prototypu. Pod odstavcem se totiž nachází registrační formulář, který mají participanté za úkol vyplnit. Podoba formuláře byla zvolena tak, aby přesně kopíroval podobu běžně na internetu používaných registračních formulářů.

Je tedy možné, že participant byl podvědomě donucen ignorovat text nacházející se nad formulářem, jelikož podobnou interakci již zažil mnohokrát. Jednalo by se tedy o podvědomý reflex, který si vyžádal zásah do participantova chování.

Dalším zjištěním byla skutečnost, že participantů při přechodu na další či předchozí obrazovku velice málo využívali horní skupinu navigačních tlačítek (breadcrumbs). Ze 124 participantů tuto možnost využilo pouze 32 jedinců. A to i v případě, že se participant chtěl vrátit i o více než jeden krok zpět.

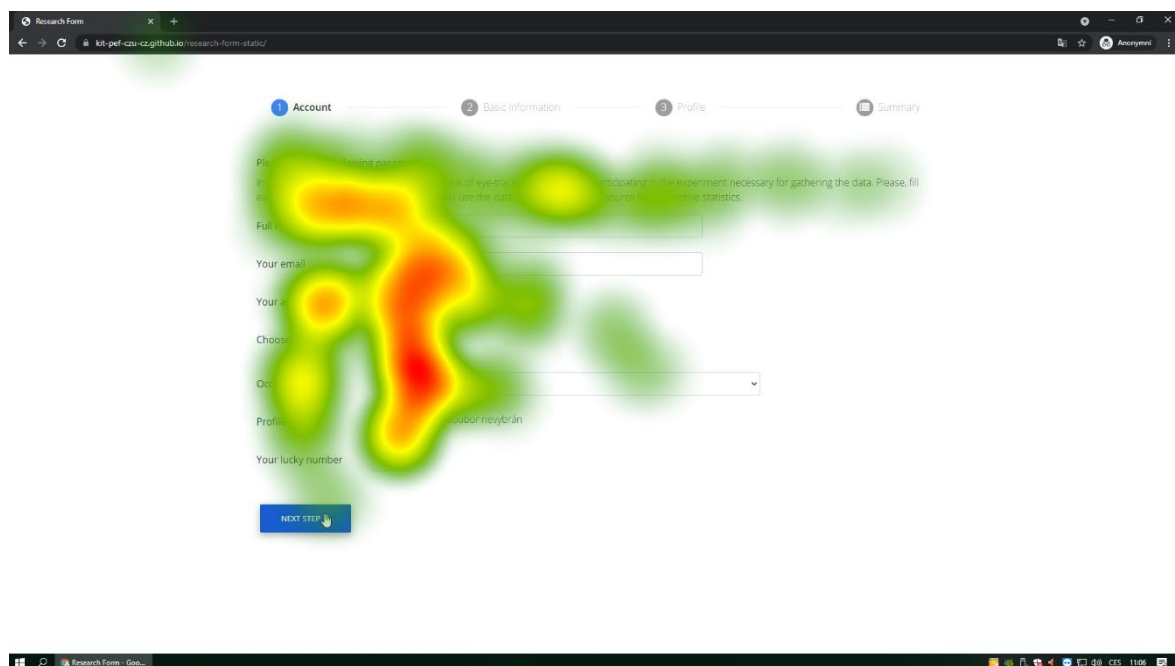
Posledním zjištěním byla míra rozpoznání změny barvy u tlačítka nacházejícího se v dolní části obrazovky v třetím kroku prototypu. Ze všech dotázaných 151 participantů změnu zaregistroval pouze jediný účastník.

O participantovi je známo, že pracuje v oboru IT a současně studuje na Provozně ekonomické fakultě obor Informatika. Participant dále uvedl, že se mu změna zdála na první pohled zřejmá, jelikož se pohybuje v oboru IT a návrhářství aplikací již několik let.

5.4 Heat mapy

Závěry o chování participantů při vyplňování a navigaci v prototypu formuláře taktéž potvrzují i získané heat mapy, které byly vygenerovány z prostředí Tobii user studia. Na heat mapách lze pozorovat, které části jednotlivých sekcí prototypu si u participantů vyžádaly největší míru pozornosti a které naopak byly participantem vnímány méně nebo dokonce byly přeskočeny.

Obrázek 24 - Podíl časové expozice elementů, 1. snímek*



Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

*snímek představuje data získaná ze skupiny participantů $N=5$, 0–15 s

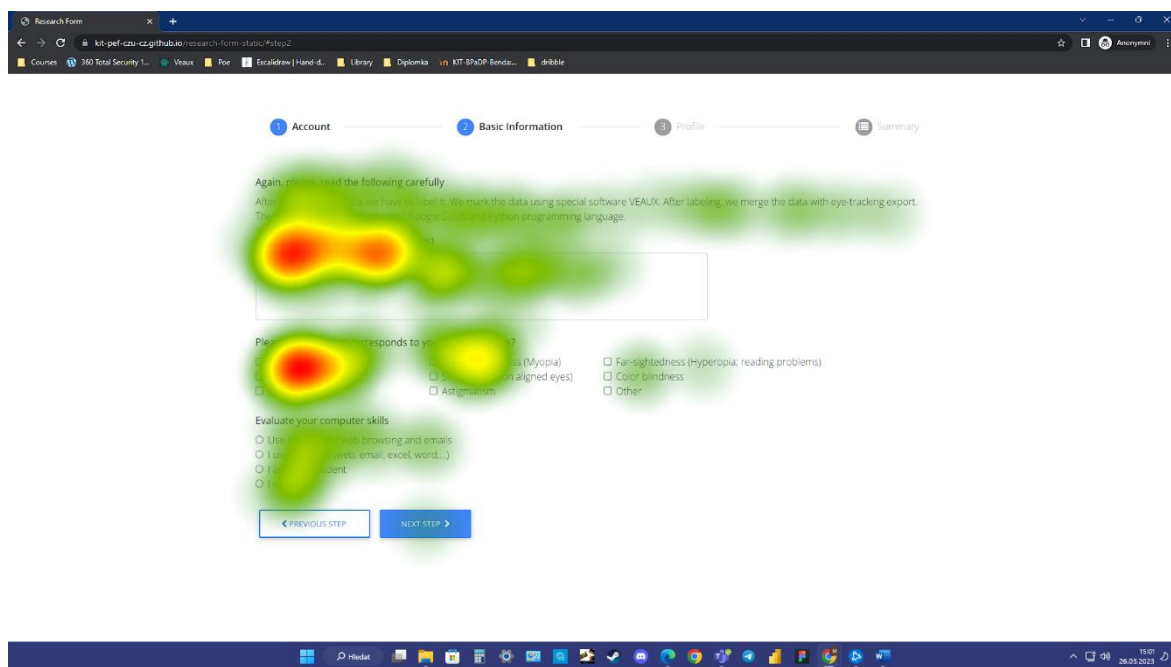
Na snímku výše je znázorněna heat mapa, představující podíl zrakové pozornosti na celé obrazovce mezi skupinou participantů.

Na mapě je velice dobře patrné, že největší míru pozornosti si vyžádaly právě elementy, které často figurují v registračních formulářích – položky pro vyplnění jména, emailové adresy, element pro nahrání souboru ze zařízení a výběr z rozbalující nabídky, kde participantů měli vybrat nejlépe se hodící zaměstnání.

Zvláštní pozornost můžeme věnovat oblasti v záhlaví formuláře, kde se nachází odstavec textu. Vyobrazená heat mapa zde vypovídá o zaznamenané aktivitě v této oblasti. Z pozdější analýzy nahrávek bylo ovšem zjištěno, že tato oblast často zachytávala rovněž pozornost očí participantů ve chvíli, kdy měli z níže nacházející nabídky vybrat nejlépe se hodící profesi zaměstnání či studia, kterou v momentální chvíli zastávají.

Je tedy nutné brát v potaz fakt, že k posouzení aktivity pohledu u testovací skupiny mnohdy není vhodné používat pouze grafické znázornění jejich pohledové aktivity, avšak je třeba zkoumat tato data z více možných úhlů k předcházení chybných závěrů.

Obrázek 25 - Podíl časové expozice elementů, 2. snímek*



Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

*snímek představuje data získaná ze skupiny participantů $N = 5$, 0–15 s

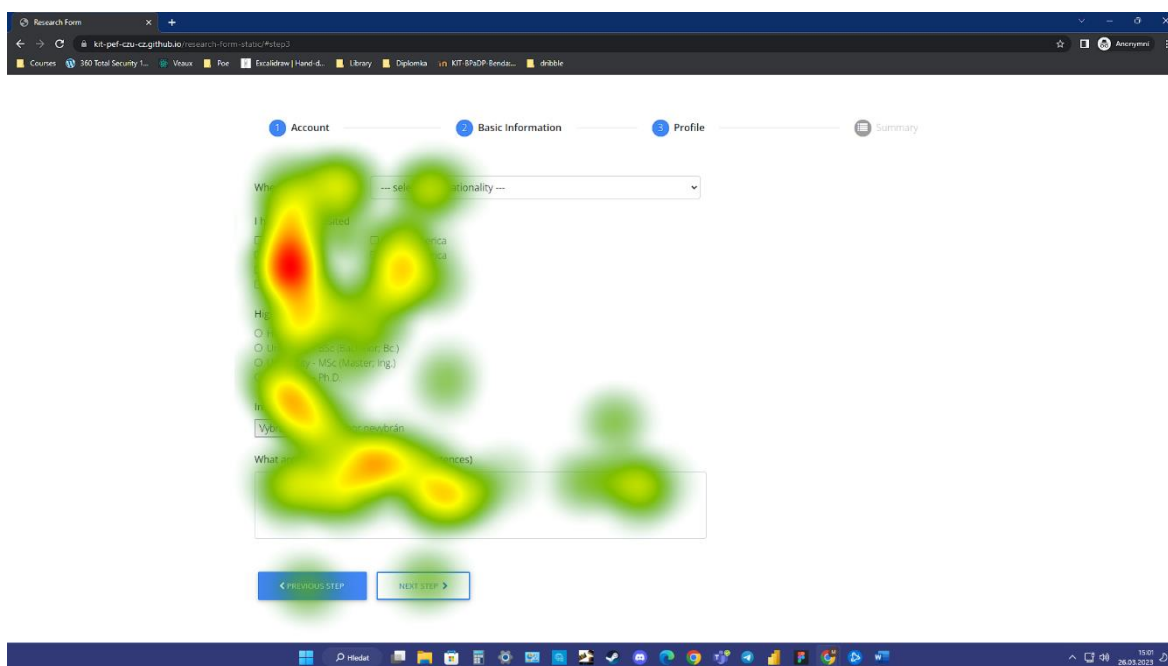
U druhé etapy formuláře participantů věnovali největší míru své pozornosti právě při vyplňování textové oblasti, kde bylo cílem sepsat dvě až tři věty na libovolné téma.

Opět můžeme vidět, že text, nacházející se v horní části příliš mnoho participantů nezaregistrovalo. To může být způsobené nevhodnou pozicí elementu nebo nevýrazností v porovnání se zbytkem formuláře.

Z dodatečné analýzy nahrávek bylo zjištěno že přirozený bod spočinutí pohledu velké části participantů se nachází v oblasti pod popiskem textového pole. Je tedy možné, že pozice textového elementu je nevhodně zvolená, protože jedinec přirozeně spočine svým zrakem níže a informaci o tom, že se nad tímto přirozeným bodem nachází text snadno přehlédne.

K ověření této hypotézy je ovšem třeba dalšího laboratorního testování s upravenou verzí prototypu formuláře.

Obrázek 26 - Podíl časové expozice elementů, 3. snímek*



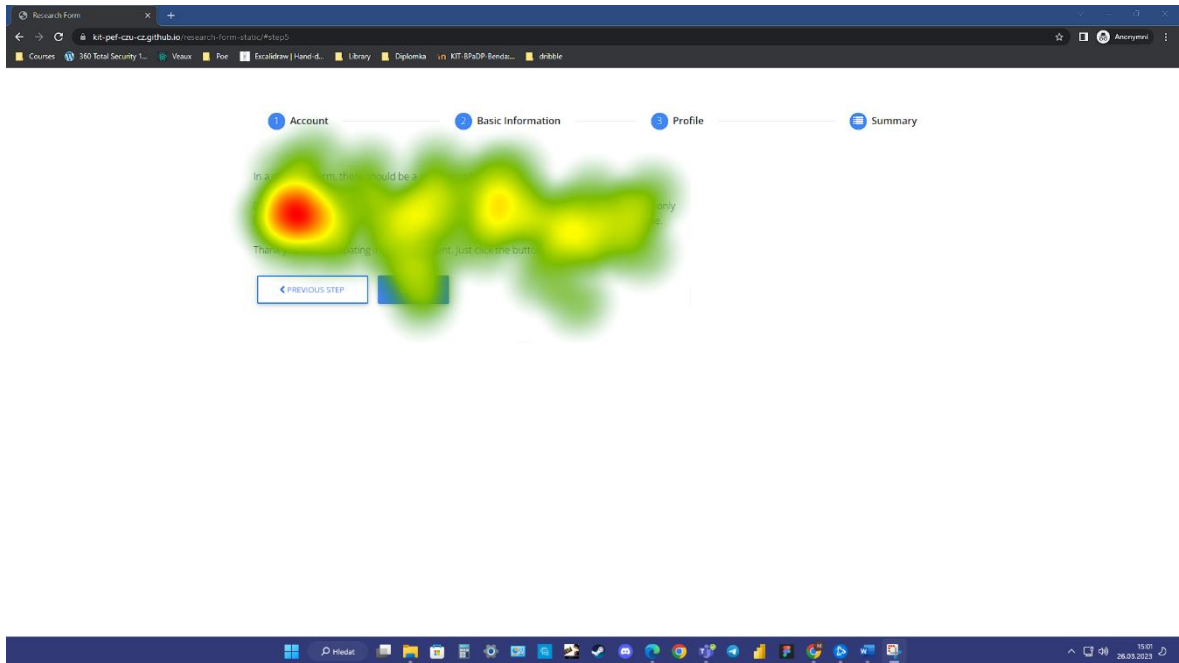
Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

*snímek představuje data získaná ze skupiny participantů $N = 5$, 0–15 s

Na tomto snímku můžeme vidět, že nejvíce vnímaný element je oblast s výběrem zemí a měst, která participant navštívil. Vzniklé ohnisko v levé části této oblasti vypovídá, že největší procento participantů se svým zrakem pohybovalo právě v této části.

Menší ohniska můžeme rovněž pozorovat i v částech nacházejících se níže. Další ohniska sice nejsou natolik výrazná, ovšem můžeme z nich v porovnání odvodit, že participant trávili více času při zaškrťování polí a méně pak výběrem dosaženého nejvyššího vzdělání a taktéž i v oblasti pro psaní textu.

Obrázek 27- Podíl časové expozice elementů, 4. snímek*



Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

*snímek představuje data získaná ze skupiny participantů $N = 5$, 0-15 s

V poslední části prototypu můžeme vidět značně velké ohnisko, které zasahuje do vícera oblastí současně. Uprostřed ohniska se nachází dvojice checkboxů, u kterých je obsahem vyzvání participanta k zaškrtnutí.

Nad nimi se nachází krátký text s poděkováním za účast na výzkumu s informací, že se již jedná o konec testování a zbývá tedy jen pár drobných úkonů k dokončení testování.

Můžeme zde vidět, že velké množství participantů reagovalo zvýšenou pozorností pouze na prvních několika slovech u popisku zaškrťovacích polí, dále v textu se již příliš neorientovali. Můžeme z toho usoudit, že pro participanty je spíše důležitější rychlé vyčtení informací z několika prvních slov než věnovat se celému textu.

5.5 Úpravy prototypu

Uživatelské testování spolu s analýzou výsledků poukázalo na některé nedostatky prototypu plynoucí ze zaznamenaného chování jedinců na webu. Tento fakt má za následek, že získaná data, která měla být využita jako učební sada pro technologii umělé inteligence při analyzování a kategorizaci uživatelského chování jsou ve své kvantitě a kvalitě nedostatečná.

Je tedy třeba na základě získaných poznatků sestavit novou verzi prototypu webového formuláře, která odstraní či alespoň minimalizuje zjištěné nedostatky a umožní tak efektivní sběr uživatelských dat při dalším uživatelském testování.

Obrázek 28 - Nový prototyp, 1. snímek

1 Account ————— 2 Basic Information ————— 3 Profile ————— 4 Conclusion

Please read the following carefully

On behalf of the department of information technologies, we would like to thank you for taking some of your free time out of your day to participate in our research. The aim of this research is to deepen our knowledge of the cognitive processes that take place when a person seeks information online. We ask that you take your time to thoroughly fill in this questionnaire. Should you encounter any trouble please ask the moderator to clarify.

Thank you.

Full name

Your email

Occupation

Date of birth

Choose your sex Male Female

Profile picture Soubor nevybrán

Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

U první obrazovky prototypu se prokázal jako problematický úvodní odstavec textu, nacházející se v záhlaví obrazovky. Nízká úroveň zrakové pozornosti u většiny uživatelů nasvědčuje tomu, že tento element ve zbytku obrazovky nepůsobí dostatečně výrazně, aby jej participant zaregistroval.

Pro zvýšení výraznosti této oblasti obrazovky bylo využito výraznějšího fontu nadpisu, který u předchozího návrhu prototypu působil méně výrazným dojmem. Další formou úpravy bylo snížení celkového počtu elementů na obrazovce. Tato úprava by měla mít za následek, že participant během první chvíle, kdy se snaží zorientovat na obrazovce, má předložené menší množství elementů. To by mělo vést ke zvýšení šance, že jeho zrak spočine právě v oblasti, ve které se text nachází.

Díky snížení počtu elementů na obrazovce byl nově vzniklý prostor využit k prodloužení textové části a posazení odstavce textu níže, kde se nachází přirozený bod spočínutí zraku participanta.

Obrázek 29- Nový prototyp, 2. snímek

1 Account — 2 Basic Information — 3 Profile — 4 Conclusion

Again, please read the following carefully

In order to gather data we use an eye-tracking software known as Tobii user studio. This software uses a remote eye-tracker that calculates what your gaze is pointed toward. The gaze point is determined based on the reflection of near-infrared light emitted from the eye-tracker to your cornea. The time of arrival of the returning ray of light as well as the angle that it returns from is used to compute the exact point on the screen. We can use this information to create better design for web based content an improve the user experience.

What do you think about this research? (2-3 sentences)

Please, choose what corresponds to your eye conditions?

| | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> No, I have healthy eyes | <input type="checkbox"/> Short-sightedness (Myopia) | <input type="checkbox"/> Far-sightedness (Hyperopia; reading problems) |
| <input type="checkbox"/> Glasses | <input type="checkbox"/> Strabismus (non aligned eyes) | <input type="checkbox"/> Color blindness |
| <input type="checkbox"/> Contact lenses | <input type="checkbox"/> Astigmatism | <input type="checkbox"/> Other |

Evaluate your computer skills

- Use it mainly for web browsing and emails
- I use it at work (web, email, excel, word,...)
- I am an IT student
- I work in IT

< PREVIOUS STEP NEXT STEP >

Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

Na druhém snímku prototypu byl opět problémový element s textem, který si participant měl za úkol přečíst. U tohoto elementu bylo využito zvýraznění nadpisu bloku textu a samotné prodloužení odstavce.

Oproti předchozímu snímku, kde bylo dále využito snížení počtu elementů zobrazených na snímku prototypu se zde k takové úpravě nepřistoupilo. Je tedy možné u těchto dvou snímků porovnávat, jak velkou roli hraje při zaznamenání elementu na snímku okem participanta počet prvků na obrazovce.

Takto získaná data mohou být využita k navržení lépe vnímatelného webového rozhraní formulářů na internetu, u kterých by nehrozilo, že některou z částí návštěvník vynechá.

Obrázek 30 - Nový prototyp, 3. snímek

1 Account ————— 2 Basic Information ————— 3 Profile ————— 4 Conclusion

Where are you from?

I have already visited

| | |
|----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Prague | <input type="checkbox"/> North America |
| <input type="checkbox"/> Brno | <input type="checkbox"/> South America |
| <input type="checkbox"/> Germany | <input type="checkbox"/> Asia |
| <input type="checkbox"/> Austria | <input type="checkbox"/> Africa |

Highest completed education

High School
 University - BSc (Bachelor, Bc.)
 University - MSc (Master, Ing.)
 University - Ph.D.

Insert your CV

Soubor nevybrán

What are your plans for today (in 2-3 sentences)

Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

Na třetím snímku prototypu webového formuláře nebyly pozorovány žádné okolnosti, které by naznačovaly, že by participantům činily problém či je z nějakého důvodu vynechávali. Nebylo tedy nutné přikročit k úpravám návrhu obrazovky.

Pro účely dalšího testování byl rovněž zachován i test participantovi rozpoznávací dovednosti, změna barveného schématu u sady navigačních tlačítek nacházejících se ve spodní části obrazovky. Další testování by mělo ověřit, zda výsledky zjištěné v první testovací skupině jsou ojedinělé či je tato změna prostředí participantem takřka nezaznamenatelná.

Obrázek 31- Nový prototyp, 4. snímek

1 Account ————— 2 Basic Information ————— 3 Profile ————— 4 Conclusion

Thank you for participating

On behalf of the department of information technologies, we would like to thank you for taking some of your free time out of your day to participate in our research. We sincerely hope you enjoyed being surveyed and helping to advance mankind's knowledge.
Thank you.

I agree that my data will be used anonymously for the purpose of the presented research only
 I wish to be contacted for future research conducted by the department of information technologies

Would you like to share some feedback with us? (optional)

[← PREVIOUS STEP](#) [SUBMIT](#)

Zdroj: Vlastní zpracování (2023)

Na závěrečné obrazovce rovněž některým participantům dělalo potíž zaznamenat text, který se nacházel nad dvojicí zaškrťovacích polí. Pro tento text bylo zvoleno větší odsazení od zbytku prvků na snímku a dále byla upravena velikost nadpisu textu.

Pod dvojicí zaškrťovacích polí byl dále umístěn blok, do kterou mohou uživatelé zapisovat informace, poznatky nebo jakékoliv náměty, které je v závěru testování napadnou. Tento blok byl na snímek umístěn k rozšíření datové sady akcí v kategorii „filling text area“

6 Závěr

Technologie sběru dat pomocí sledování pohybu očí poskytuje opravdu široké možnosti pro její aplikaci. Kromě možnosti aplikovat tuto technologii v principech uživatelského testování skýtá možnosti i v odvětvích lékařství, psychologii nebo videoherním průmyslu.

Výsledkem této diplomové práce je analýza chování jedinců v prostředí rozhraní webového formuláře sloužícího pro sběr dat pomocí technologie sledování očí a následné navržení nového prototypu. Podmínkou k vytvoření prototypu webového rozhraní je schopnost získaná data využít k učení umělé inteligence pro rozpoznání uživatelských akcí.

Data, která se nám během laboratorního uživatelského testování podařilo získat, ilustrují, že v implementovaném rozhraní činilo participantům problém všimnout si oblastí, které obsahovali bloky textu. V práci je uvedeno množství hypotéz proč k tomuto jevu mohlo docházet.

Uživatelské testování rovněž odhalilo, že změna barevného schématu u hlavních navigačních prvků dostupných na webovém rozhraní je uživatelem takřka nezaznamenanatelná, obzvláště nejde-li o jedince, který se pohybuje v oboru návrhářství a developmentu aplikací.

Ačkoliv se v testovací skupině nacházela řada jedinců s diagnostikovaným zrakovým postižením, nebyla z důvodu malého zastoupení zjištěna žádná skutečnost, která by poukázala na odlišnosti ve způsobu orientace a práce s prototypem.

Na základě výsledků této práce je možné doporučit řadu sadu doporučení, která by našla uplatnění při konstrukci prototypu webového rozhraní s cílem sběru dat k využití pro učení umělé inteligence.

V rámci budoucího výzkumu na toto téma by bylo přínosné zabývat se způsobem orientace a chování jedince, u nějž je diagnostikována některá z forem zrakového postižení a dále učinit srovnání a analýzu dat získaných od skupiny jedinců, kteří žádnou formou zrakového postižení netrpí.

Výsledky této diplomové práce mohou pomoci při vývoji webových aplikací a implementaci technologie sledování pohybu očí a sběru těchto dat. Dále pak i v oborech marketingu, zdravotnictví nebo psychologii, jak bylo popsáno v teoretické části práce.

7 Seznam použitých zdrojů

- AYODELE, T. O., 2010. Types of Machine Learning Algorithms. *New advances in machine learning*. [online]. **2.vyd.** [cit.2023-02-20]. ISSN 2582-9793. Dostupné z:doi: 10.5772/9385
- BARNUM, C., 1999. The role of user-centered design in the development of successful software. *Journal of Systems and Software* [online], **38.vyd (3)** s. 47-55 [cit.2023-02-20] ISSN: 978-3-030-49713-2. Dostupné z:doi: 10.1007/978-3-030-49713-2_18
- BERGSTROM, J. R. & Schall, A.,2014. *Eye Tracking in User Experience Design*. **1.vyd.** ,Oxford: Waltham Elsevier Ltd., s. 158. [cit.2023-02-20] ISBN 978-0124081385
- BOJKO, A., 2009. Informative or Misleading? Heatmaps Deconstructed. *Human computer interaction*. Berlin, Springer, s. 30-39.[cit.2023-02-20] ISBN 978-3030186636. Dostupné z:doi: 10.1007/978-3-642-02574-7_4
- DIETEL, P. J. & DIETEL, H. M.,. *Operating Systems*. 2004. **3.vyd.**, Boston: Pearson Education, Inc., s. 227-235. [cit.2023-02-20] ISBN 978-0131828278
- DING, C., HE, X. & SIMON, H., 2016. A Comparative Study of Cluster Validity Indices. *Journal of Big Data*, [online], **3.vyd(1)** s. 1-19.[cit.2023-02-20]. ISSN 2196-1115. Dostupné z:doi: 10.1186/s40537-015-0031-4
- DUCHOWSKI, A. T., 2007. *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. **5.vyd**, London: Springer-Verlang.s. 483-503. [cit.2023-02-20] ISBN: 978-1846286082
- EIERDANZ, M., 2016. Paper prototype guide. *Paper Prototyping in Practice*. [Online] 2016. Berlin: Eierdanz, [cit.2023-02-20] Dostupné z: <https://martha-eierdanz.com/paper-prototyping-in-practice>
- FALLER, P., 2019. User research guide. *Putting Personas to Work in UX Design: What They Are and Why They're Important*. [Online] Stanford: Stanford publishing, [cit.2023-02-20] Dostupné z: <https://xd.adobe.com/ideas/process/user-research/putting-personas-to-work-in-ux-design/>
- FARNSWORTH, B., 2019. Imotions. *How to Analyze and Interpret Heat Maps*. [Online] Berlin: Springer, [cit.2023-02-20] Dostupné z: <https://imotions.com/blog/learning/analyze-heat-maps/>
- FARNSWORTH, B., 2022. Imotions. *Eye Tracking: The Complete Pocket Guide*. [Online] Berlin:Springer. [cit.2023-02-20] Dostupné z: <https://imotions.com/blog/learning/best-practice/eye-tracking/>
- GOODMAN, K. E., Bi, Q., Kaminsky, J. & Lesser, J., 2019. What is Machine Learning? A Primer for the Epidemiologist. *American Journal of Epidemiology*. [online] **12.vyd(188)**, s.2222-2239. [cit.2023-02-20]. ISSN 0002-9262 Dostupné z: 0.1093/aje/kwz239

HASSENZAHN, M. & TRACTINSKY, N., 2006. User experience - a research agenda. *Behaviour and Information Technology*, [online]. **7.vyd.(3)**. s. 91-97. [cit.2023-02-20] ISSN 0144-929X. Dostupné z: doi: 10.1080/01449290500460196

HOLMQVIST, a další, 2011. *Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures*. Oxford: Oxford University Press. s. 418-443. [cit.2023-02-20] ISBN 9780191639579. Dostupné z:doi: 10.1093/acprof:oso/9780198567082.001.0001

HOLTZBLATT, K. & Beyer, H., 1997. *Contextual design: Defining customer-centered systems*. **4.vyd.**, San Francisco: CA: Morgan Kaufmann Publishers. s.789-812. [cit.2023-02-20]. ISBN 978-1558604118

CHURCHVILLE, F. *The definition of User Interface (UI)*. [Online] 2021. Boston: Techtarget, [cit.2023-02-20].
Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searcharchitecture/definition/user-interface-UI>

IBARROLA, J., ESCALANTE, A. & VALDES, J., 2019. *Command Line Interface vs. Graphical User Interface*. Lisabon: Springer, s. 1079-1086. [cit.2023/02/20] ISBN 978-0124082385

JERZYK, E., 2017. *The central european journal of social sciences and humanities*. [Online] 2017. Poznan: Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu [cit.2023-02-20].
Dostupné z: <http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-33380366-0eb8-4947-ad31-1c762af232c9>

CHEN JW, ZHANG J., 2007. Comparing Text-based and Graphic User Interfaces for novice and expert users. *AMIA Annu Symp Proc*. [online] Washington: National library of medicine. s.364-399. [cit.2023-02-20] ISSN 1067-5027 Dostupné z: doi:

KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H. & JESSELL, T. M.,. *Principles of neural science*. 2000.**1.vyd.** New York: McGraw-Hill. s.199-216. [cit.2023-02-20] ISBN 978-0-8385-7701-1

KERNIGHAN, B. W. & PIKE, R.,. *The practice of programming*.1999. **2.vyd(5)**. Indianapolis: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc..s.255-259. [cit.2023-02-20] ISBN 0-201-61586-X

KHAN, R., ULLAH, A. & NAWAZ, T., 2016. A survey of heat map generation algorithms for visualizing big data. *Journal of Big Data*, [online]. **3.vyd(1)**. [cit.2023-02-20] ISSN 2196-1115 Dostupné z:doi: 10.1186/s40537-015-0030-3

MAHANAMA, B. a další, 2022. Eye Movement and Pupil Measures: A Review. *Frontiers in Computer Science*, [online]. **3.vyd.** [cit.2023-02-20] ISSN 2624-9898 Dostupné z:doi: 10.3389/fcomp.2022.821787

NANDINI, V., VISHAL, R. D., PRAKASH, C. A. & AISHWARYA, S., 2016. A Review on Applications of Machine Vision Systems in Industries. *Indian Journal of Science and Technology*, [online]. **9.vyd.(48)**. [cit.2023-02-20] ISSN 0974-6846 Dostupné z:doi: 10.17485/ijst/2016/v9i48/107764

NIELSEN, J., 1994. Enhancing the explanatory power of usability heuristics. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, [online]. **7.vzd(4)**. [cit.2023-02-20] ISSN 1073-0516 Dostupné z: doi: 10.1145/180562.180570

PRAKASH, A., 2015. Vision Algorithm for Seam Tracking in automatic Welding System. *International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering*, [online]. **4.vyd(1)**. [cit.2023-02-20]. ISSN 2200-5854. Dostupné z: doi: 10.14810/ijmech.2015.4111

RANTI, C., JONES, W., KLIN, A. & SHULTZ, S., 2020. Blink Rate Patterns Provide a Reliable Measure of Individual Engagement with Scene Content. *Scientific Reports*, [online]. **10. vyd(1)**. [cit.2023-02-20]. ISSN 2045-2322 Dostupné z: doi: 10.1038/s41598-020-74413-8

ROCHE, C.. Eye-tracking setups. *All You Need To Know: Eye Tracking*. [Online] 2021 Dublin: Future proof insights, [cit.2023-02-20]
Dostupné z: <https://www.futureproofinsights.ie/2021/04/08/all-you-need-to-know-eye-tracking/>

SHARAFI, Z., SHAFFER, T., SHARIF, B. & GUÉHÉNEUC, Y. G., 2015. *Eye-Tracking Metrics in Software Engineering*. [online]. **1.vyd**. [cit.2023-02-20]. ISSN 2161-5249. Dostupné z: doi: 10.1109/ICSEA.2015.41

SINGH, A. N. *Practical application of Eye Tracking Technology*. [Online] 2019. New Delhi: Medium, [cit.2023-02-20]
Dostupné z: <https://ankitnsingh.medium.com/practical-applications-of-eye-tracking-technology-d30bfe0c131e>

SYNEK, S. & SKOROVSKÁ, Š. *Fyziologie oka a vidění*. 2014. **2.vyd(2)**., Praha: Grada Publishing. s. 55-129. [cit.2023-02-20] ISBN 9788024728746

YOUNG, L. & SHEENA, D., 1975. Eye-movement measurement techniques. *American Psychologist*, [online]. **30.vyd(3)**. [cit.2023-02-20] ISSN 0003-066X . Dostupné z: doi:10.1037/h0077025

8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratek

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 - Sestava oka | 15 |
| Obrázek 2 - Druhy mikropohybů | 15 |
| Obrázek 3 - Fixace a sádky | 17 |
| Obrázek 4 - Parametry pohybu oka | 18 |
| Obrázek 5 - Pupil center corneal reflection (PCCR) | 26 |
| Obrázek 6 - Screen-based eye-tracking | 27 |
| Obrázek 7- Osoba s eye-trackingovými brýlemi | 28 |
| Obrázek 8- Ukázka okulografie využívající elektrod kolem očí | 35 |
| Obrázek 9 - snímací klec pro měření změn v magnetickém poli | 36 |
| Obrázek 10- Zaznamenaný počet fixací* | 39 |
| Obrázek 11 - Absolutní doba trvání expozice úseku stimulu* | 40 |
| Obrázek 12 - Procentuální podíl zaznamenaných fixací v testovací skupině* | 41 |
| Obrázek 13- Etapy Design Thinking | 47 |
| Obrázek 14 - Vzorová uživatelská persona | 49 |
| Obrázek 15 - Papírový prototyp | 51 |
| Obrázek 16- Ukázka CLI | 54 |
| Obrázek 17 - Soubor uživatelských akcí | 61 |
| Obrázek 18 - Testovací formulář, první stránka | 62 |
| Obrázek 19 - Testovací formulář, druhá stránka | 63 |
| Obrázek 20 - Testovací formulář, třetí stránka | 64 |
| Obrázek 21 - Testovací formulář, poslední stránka | 65 |
| Obrázek 22 - Grafický výsledek 9 bodové kalibrace | 70 |
| Obrázek 23 - Věkové skupiny participantů | 74 |
| Obrázek 24 - Podíl časové expozice elementů, 1. snímek* | 78 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 25 - Podíl časové expozice elementů, 2. snímek* | 79 |
| Obrázek 26 - Podíl časové expozice elementů, 3. snímek* | 80 |
| Obrázek 27- Podíl časové expozice elementů, 4. snímek* | 81 |
| Obrázek 28 - Nový prototyp, 1. snímek | 82 |
| Obrázek 29- Nový prototyp, 2. snímek | 83 |
| Obrázek 30 - Nový prototyp, 3. snímek | 84 |
| Obrázek 31- Nový prototyp, 4. snímek | 85 |