

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra managementu

Komparace a kombinace metod měření uživatelské
zkušenosti (UX) s využitím Eye-tracking technologie

Disertační práce

Autor: Ing. Jan Petružálek

Studijní program: Systémové inženýrství a informatika

Studijní obor: IZM

Školitel: prof. PhDr. Franěk Marek, CSc., Ph.D.

Katedra/pracoviště školitele: Katedra managementu

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 10. 11. 2023

.....

Jan Petružálek

Poděkování:

Děkuji školiteli disertační práce prof. PhDr. Marku Fraňkovi, CSc., Ph.D., za metodické vedení práce a neutuchající zájem na mém vzdělávacím a duševním rozvoji. Dále bych chtěl poděkovat všem kolegům z laboratoře FIMEYELAB, kteří se podíleli na v práci uvedených experimentech. Jmenovitě děkuji Ing. Janu Melišovi a Bc. Janu Nálevkovi.

Anotace

V éře digitální transformace je pochopení interakce člověka s počítačem (HCI) zásadní pro úspěch jakékoliv online prezentace. Tato disertační práce poskytuje podrobný průzkum HCI s důrazem na použitelnost a uživatelskou zkušenost (UX). Využití Eye-tracking technologie zde hraje nezastupitelnou roli v odkrývání klíčových aspektů uživatelského chování, umožňuje detailní analýzu interakce s internetovými stránkami a identifikuje důležité prvky, které ovlivňují uživatelské vnímání a rozhodování. V rámci studie byly identifikovány rozličné faktory, včetně pohlaví uživatele, osob na obrázcích, styl zobrazení produktových fotografií a dalších klíčových částí designu se zaměřením na oblast elektronického obchodu. Tyto poznatky přispívají k širšímu pochopení, jak různé aspekty mohou formovat uživatelskou zkušenost a jak mohou být tyto informace využity pro zlepšení vzhledu a UX webových stránek obecně. Dalším klíčovým zaměřením bylo zkoumání efektivity, s jakou uživatelé plní úkoly na webových stránkách, a hodnocení estetiky, která hraje významnou roli ve vnímání a přijetí webu uživateli, včetně ověřování vzájemné interakce těchto dvou faktorů. Práce také přináší nový model EMLI (Eye-tracking Mental Load Index), jenž reprezentuje přístup k výpočtu mentální zátěže na základě metrik sledování pohybu očí. Po jeho validaci může tento model sloužit jako efektivní nástroj pro hodnocení kognitivní zátěže v HCI studiích. V neposlední řadě práce představuje inovativní metodologii pro kombinované testování uživatelské zkušenosti, která sjednocuje Eye-tracking a metodiku uživatelských testů. Tato integrovaná metodologie odráží rozsáhlé zkušenosti a odborné znalosti autora a představuje ucelený rámec pro provádění budoucích výzkumů. Výsledně disertační práce může přispět k vědecké komunitě HCI tím, že nabízí promyšlené nástroje a postupy pro lepší porozumění a zlepšení uživatelského chování, a poskytuje základ pro rozšíření výzkumu v této rychle se vyvíjející oblasti.

Klíčová slova: Interakce člověka s počítačem (HCI), Uživatelská zkušenost (UX), Eye-tracking, Použitelnost webových stránek, Vizuelní pozornost, Kognitivní zátěž, Estetika ve webovém designu, E-commerce, Uživatelské chování, EMLI model, Metodologie uživatelských testů

Annotation

Title: Comparison and Combination of User Experience (UX) Measurement Methods Using Eye-Tracking Technology

In the era of digital transformation, understanding human-computer interaction (HCI) is essential for the success of any online presentation. The present doctoral thesis provides detailed research into HCI with an emphasis on usability and user experience (UX). The use of Eye-tracking technology plays an irreplaceable role in uncovering key aspects of user behaviour, allowing for detailed analysis of interaction with websites and identifying important elements that influence user perception and decision-making. The study identified various factors, including user gender, depicted persons, the style of displaying product photos, and other key parts of the design with a focus on e-commerce. These insights contribute to a broader understanding of how different aspects can shape the user experience and how this information can be used to improve the appearance and UX of websites in general. Another key focus was examining the efficiency with which users complete tasks on websites and evaluating aesthetics, which plays a significant role in users' perception and acceptance of the website, including verifying the mutual interaction of these two factors. This dissertation also introduces a new EMLI model (Eye-tracking Mental Load Index), representing an approach to quantify mental workload based on eye movement tracking metrics. Once validated, this model can serve as an effective tool for assessing cognitive load in HCI studies. Finally, the thesis presents an innovative methodology for combined user experience testing that unites Eye-tracking and user test methodology. This integrated methodology reflects the extensive experience and expertise of the author and provides a comprehensive framework for conducting future research. Consequently, this doctoral thesis may contribute to the HCI scientific community by offering thoughtful tools and procedures for a better understanding and improvement of user behaviour and lays the groundwork for expanding research in this rapidly developing field.

Keywords: Human-Computer Interaction (HCI), User Experience (UX), Eye-Tracking, Web Usability, Visual Attention, Cognitive Load, Aesthetics in Web Design, E-Commerce, User Behavior, EMLI Model, User Testing Methodology

Obsah

1. Úvod	1
1.1. Motivace	2
1.2. Organizace disertační práce	4
2. Analýza současného stavu řešených témat	5
2.1. Použitelnost a její modely/standards	5
2.2. Metody pro měření použitelnosti/UX.....	7
2.3. Struktura a klíčové části stránek.....	10
2.4. Eye-tracking	13
2.4.1. Vizualizace	13
2.4.2. Metriky	13
2.4.3. Výzkumné aplikace.....	16
2.5. Eye-tracking a použitelnost.....	16
2.6. Teorie kognitivního zatížení a Eye-tracking	21
3. Cíle disertační práce	26
3.1. Struktura praktické části disertační práce.....	28
4. Experiment 1 – Vliv pohlaví při sledování reklamních bannerů na pohyby očí 29	
4.1. Cíle předkládaného experimentu.....	30
4.2. Metody	30
4.2.1. Vzorek	30
4.2.2. Stimulační materiál	31
4.2.3. Zařízení	32
4.2.4. Postup	32
4.2.5. Design.....	32
4.2.6. Měření pohybů očí.....	32
4.3. Výsledky	33
4.4. Subjektivní hodnocení přívětivosti testovaných bannerů	34
4.4.1. Úvod	34
4.4.2. Cíle	34
4.4.3. Metoda	34

4.4.4.	Vzorek.....	35
4.4.5.	Výsledky.....	35
4.5.	Závěr.....	36
4.6.	Limity a budoucí výzkum.....	37
5.	Experiment 2 – Vliv stylu prezentace obrázku produktu na chování uživatele:	
	Využití Eye-tracking technologie v prostředí elektronického obchodu.....	38
5.1.	Design produktové fotografie.....	38
5.2.	Úloha lidských modelů na produktové fotografii.....	39
5.3.	Eye-tracking a produktové fotografie.....	40
5.4.	Měření výkonu uživatele.....	41
5.5.	Eye-tracking, uživatelská zkušenost (UX) a použitelnost.....	42
5.6.	Cíle předkládaného experimentu.....	43
5.8.	Postup.....	46
5.9.	Měření.....	47
5.9.1.	Doba splnění úkolu.....	47
5.9.2.	Eye-tracking metriky.....	47
5.9.3.	Dotazník User Experience Questionnaire (UEQ).....	47
5.9.4.	Etické ujednání.....	48
5.10.	Výsledky.....	49
5.10.1.	Předzpracování dat.....	49
5.10.2.	Doba plnění úkolu.....	49
5.10.3.	Počet fixací na obrázky produktů.....	51
5.10.4.	Počet fixací na celé stránky a konkrétní kombinaci produktů.....	52
5.10.5.	Hodnocení atraktivity a přehlednosti pomocí dotazníku <i>UEQ</i>	53
5.10.6.	Vztah rychlosti plnění úkolu a hodnocení atraktivity a přehlednosti.....	55
5.11.	Diskuse.....	56
5.11.1.	Podoba produktového obrázku a chování uživatele.....	56
5.11.2.	Subjektivní hodnocení UX.....	57
5.11.3.	Omezení experimentu.....	58
5.11.4.	Implikace.....	58
6.	Experiment 3 – Eye-tracking analýza reálného prostředí internetového obchodu.....	60

6.1.	Eye-tracking analýza použitelnosti šablon e-shopů	60
6.2.	Uživatelské hodnocení estetiky šablon e-shopů.....	62
6.3.	Model – Eye-Tracking Mental Load Index (EMLI)	64
6.4.	Výzkumné otázky předkládaného experimentu	66
6.5.	Metody	66
6.5.1.	Vzorek	66
6.5.2.	Stimulační materiál	66
6.5.3.	Zařízení.....	68
6.5.4.	Postup	69
6.5.5.	Design.....	69
6.5.6.	Analýza dat.....	69
6.5.7.	Model EMLI	70
6.6.	Výsledky	76
6.6.1.	Existují významné rozdíly v chování a percepci uživatelů na úrovni interakce pohlaví a typu e-shopu (domácí potřeby, móda, cukrářské výrobky) při plnění vyhledávacího úkolu?	76
6.6.2.	Existují rozdíly v hodnocení estetické kvality stránek e-shopů (domácí potřeby, móda, cukrářské výrobky) na základě standardizovaného dotazníku VisAWI 86	
6.6.3.	Je možné využít model EMLI k výpočtu celkové mentální zátěže na úrovni strojového zpracování Eye-tracking dat.....	88
6.7.	Diskuse	90
6.7.1.	Implikace výsledků.....	93
6.7.2.	Limity a budoucí výzkum	94
7.	Návrh metodiky pro efektivní testování webových stránek za pomoci kombinace Eye-tracking technologie a subjektivního uživatelského hodnocení ..	95
7.1.	Teoretický rámec	95
7.2.	Popis diagramu	96
7.3.	Kroky metodiky	96
7.3.1.	Stanovení cílů výzkumu	96
7.3.2.	Výběr stimulů	98
7.3.3.	Výběr metody výzkumu	99
7.3.4.	Plánování a příprava.....	103

7.3.5.	Návrh designu experimentu.....	104
7.3.6.	Provedení experimentu.....	106
7.3.7.	Interpretace a komunikace výsledků	108
7.4.	Diskuse a implikace.....	110
8.	Závěr	112
9.	Seznam použité literatury	113
9.1.	Vlastní publikace disertanta související s tématem.....	133
9.1.1.	Výstupy v odborných časopisech (Chronologicky)	133
9.1.2.	Konferenční příspěvky (Chronologicky)	133
10.	Seznam obrázků.....	135
11.	Seznam tabulek	136
12.	Seznam grafů.....	138
13.	Přílohy	139

Seznam používaných symbolů a zkratek, popř. pojmů

(řazených abecedně)

A/B testování – Metoda porovnávání dvou verzí webové stránky nebo aplikace mezi sebou, kde návštěvníkům jsou náhodně zobrazovány obě verze a sleduje se, která verze vede k lepším výsledkům.

AIM – Attentional Interference Management, správa rušivých vlivů na pozornost.

AMCIS – Americas Conference on Information Systems, konference zaměřená na informační systémy v Amerikách.

ANCOVA – Analysis of Covariance, statistická metoda používaná ke komparaci skupin s přihlédnutím na kovarianty.

ANM – Attentional Network Test, test pozornostní sítě.

ANOVA – Analysis of Variance, analýza rozptylu, statistická metoda pro porovnávání datových skupin.

AOI – Area of Interest, oblast zájmu ve vizuální scéně.

AR – Augmented Reality, rozšířená realita, technologie překrývající digitální informace do reálného světa.

Arousal – Aktivace nebo vzrušení, ve fyziologii a psychologii míra, jak je člověk psychicky či fyzicky vzbuzen.

ASQ – After-Scenario Questionnaire, dotazník po scénáři, který se používá k hodnocení uživatelské spokojenosti po dokončení úkolu nebo interakci.

AttrakDiff – Dotazník pro hodnocení atraktivity produktu, hodnotí hedonické a pragmatické kvality.

Backend – Serverová strana aplikace nebo webové služby, která není přímo viditelná uživatelům.

Central bias – Tendence lidí se při pohledu na scénu nebo obrazovku přirozeně soustředit na střed.

Cognitive load – Kognitivní zátěž, míra duševního úsilí vyžadovaného úkolem.

CPM – Cognitive Process Model, model kognitivního zpracování.

CSUQ – Computer System Usability Questionnaire, dotazník použitelnosti počítačového systému.

EAM – Effort Assessment Model, model pro hodnocení úsilí.

EEG – Elektroencefalografie, metoda záznamu elektrické aktivity mozku.

E-komerce – Elektronické obchodování, kupování a prodávání zboží nebo služeb online.

EMLI – Eye Movement Load Index, index zatížení na základě sledování pohybu očí.

Eye-tracking – Sledování pohybu očí, technika pro záznam, kam se člověk dívá a jak dlouho.

Fixace – Stabilizace pohledu na jednom místě, ve výzkumu zraku často používané k identifikaci bodů zájmu.

Flat design – Plochý design, styl grafického designu bez efektů 3D, stínování a textur.

Focus skupiny – Fokusové skupiny, forma kvalitativního výzkumu, kde skupina lidí diskutuje o daném tématu.

Gaze path – Trasa pohledu, cesta, kterou oko sleduje při pohledu na scénu.

GQM – Goal Question Metric, metoda pro stanovení a měření cílů v softwarovém inženýrství.

GSR – Galvanic Skin Response, elektrodermální reakce, měření změn elektrické vodivosti kůže.

HCI – Human-Computer Interaction, interakce člověka s počítačem.

Heatmaps – Teplotní mapy, vizualizace dat, která ukazuje, kde byla věnována největší pozornost.

ISO – International Organization for Standardization, mezinárodní organizace pro standardizaci.

Mental workload – Mentální pracovní zátěž, celkové množství mentálního úsilí vynaloženého při provádění úkolu.

MWM – Mental Workload Model, model mentální pracovní zátěže.

NASA TLX – NASA Task Load Index, index zatížení úkolu vytvořený NASA pro hodnocení subjektivní pracovní zátěže.

NPS – Net Promoter Score, skóre určující pravděpodobnost doporučení produktu či služby ostatními.

QUIM – Quality in Use Integrated Measurement, integrované měření kvality využívání.

ROI – Return on Investment, návratnost investice.

Sakády – Rychlé pohyby očí mezi dvěma fixačními body.

Scan path – Cesta skenování, sekvenční pohyb očí mezi několika fixačními body.

SMART – Specifické, Měřitelné, Dosážitelné, Relevantní, Časově vymezené – kritéria pro stanovení cílů.

SUPR-Q – Standardized User Experience Percentile Rank Questionnaire, dotazník pro standardizované hodnocení

SUS – System Usability Scale (Systémová škála použitelnosti, jednoduchý dotazník sloužící k rychlému a hrubému hodnocení použitelnosti systémů).

SWAT – Subjective Workload Assessment Technique (Subjektivní technika hodnocení pracovní zátěže, metoda používaná k hodnocení vnímané pracovní zátěže jedince).

TFM – Task Flow Model (Model toku úkolů, diagram znázorňující kroky vykonávané uživatelem při interakci s systémem nebo službou).

Think-Aloud – Metoda myšlení nahlas, technika používaná v usability testování, kdy uživatelé hlasitě verbalizují své myšlenkové procesy při plnění úkolu.

Top-down procesy – Top-down procesy v kognitivní psychologii odkazují na kognitivní procesy řízené vyššími mentálními procesy, jako je vědomí nebo předchozí znalosti, oproti bottom-up procesům, které jsou řízeny vstupními stimuly.

TRM – Task Resource Model (Model zdrojů úkolů, který zkoumá, jak lidé přidělují různé zdroje, jako je čas nebo pozornost, při plnění úkolů).

Turkey HSD – Tukey's Honest Significant Difference (Tukeyho test čestného významného rozdílu, post-hoc test používaný v ANOVA analýze pro porovnání rozdílů mezi skupinami).

UCD – User-Centered Design (Design zaměřený na uživatele, proces návrhu, který klade uživatele do středu vývoje produktu).

UEQ – User Experience Questionnaire (Dotazník uživatelské zkušenosti, nástroj pro měření různých aspektů uživatelské zkušenosti s produktem nebo službou).

UI – User Interface (Uživatelské rozhraní, část systému nebo služby, s níž uživatel přímo interaguje).

USE – Usability Scale for User Experience (Škála použitelnosti pro uživatelskou zkušenost, nástroj pro hodnocení použitelnosti a spokojenosti uživatele).

UX – User Experience (Uživatelská zkušenost, obecný termín používaný pro popis celkového zážitku uživatele při interakci s produktem nebo službou).

VisAWI – Visual Aesthetics of Websites Inventory (Inventář vizuální estetiky webových stránek, dotazník určený k hodnocení estetické kvality webových stránek).

WAMMI – Website Analysis and MeasureMent Inventory (Inventář analýzy a měření webových stránek, nástroj pro hodnocení použitelnosti a uživatelské spokojenosti s webovými stránkami).

Webdesign – Webdesign je proces plánování, vytváření a úpravy webových stránek, zahrnuje aspekty jako grafický design, uživatelskou zkušenost a optimalizaci pro vyhledávače.

WEBUSE – Nástroj pro hodnocení používání webových stránek, zaměřuje se na to, jak uživatelé hodnotí své zkušenosti s konkrétními webovými stránkami.

WEQ – Web Experience Questionnaire (Dotazník webové zkušenosti, nástroj pro hodnocení uživatelské zkušenosti s webovými stránkami).

Wireframes – Wireframes jsou základní vizuální průvodce používané při návrhu digitálních rozhraní, které zobrazují rozložení a funkce stránek nebo aplikací před detailním grafickým a funkčním designem.

1. Úvod

V dnešní době nezpochybnitelného vývoje výpočetních technologií jsou potřeby přesunutí jakéhokoliv úsilí v oblasti zviditelnění komerční i nekomerční aktivity do digitální sféry klíčovým aspektem moderního přístupu k marketingu. Jednou z hlavních a nejkompexnějších cest, jak toho dosáhnout, je vytvoření webové prezentace či aplikace. V používání internetu a mobilních technologií na denní bázi napříč všech věkových skupin v oblasti nákupu, např. potravin přes internet, jsou uživatelé v ČR na špici evropských tabulek. Samozřejmostí je růst uživatelů online služeb poskytujících digitální produkci filmů a seriálů (Netflix, HBO GO apod.) Nelze též opomenout vyšší zájem uživatelů o sociální sítě a komunikační platformy (Odbor statistik rozvoje společnosti, 2021), (Independent Evaluation Unit, 2022). Při bližší analýze, co uživatelům umožňuje uspokojit jejich potřeby vyplývající ze současných okolností a externalit, lze zjistit, že za každou uvedenou potřebou je ukryt digitalizovaný prostředek či produkt, který danou službu prezentuje a zprostředkovává. Jedná se o internetové stránky, v případě této disertační práce hlavně o internetové obchody, aplikace a sociální sítě. Zároveň je pozornost upřena především na zkoumání podstatných faktorů ovlivňujících interakci uživatele se stránkou zobrazenou v prohlížeči stolního počítače.

Tvorba efektivní a úspěšné webové prezentace je multidisciplinární obor skládající se z různých odvětví a přístupů od přípravné fáze až po spuštění a provoz. Celý tento obor lze nazvat Webdesignem. Je obecně známo, že důležitost úspěšné webové prezentace je pro většinu větších i menších firem klíčová pro posilování hodnoty značky a může mít přímý důsledek na zisk společností v kontextu jejich oblasti zájmu podnikání (Bhatt et al., 2019). V dnešní době se při vývoji webových stránek používá tzv. přístup webdesignu zaměřený na uživatele (User Centered Design dále jen UCD) (Perdomo et al., 2017). Jeho hlavním aspektem je maximalizace užítku a přínosu webových stránek skrze pochopení samotných potřeb uživatele, jeho požadavků, omezení a chování. Stavebním kamenem UCD je pojem použitelnost. Jeho široký význam lze za pomoci ISO (Organization for Standardization) normy vyložit jako míru, do které může být produkt používán konkrétními uživateli, aby efektivně, účinně a uspokojivě dosáhli stanovených cílů v rámci kontextu užití (iso.org, 2008). V tomto kontextu lze použitelnost kvantifikovat podle dvou atributů: objektivního měření uživatelského chování v rámci daného úkolu jako je např.

čas, chyby a celková jeho efektivnost, a ze subjektivního pohledu uživatele např. na uspokojení používání dané stránky v rámci plnění zadání. Oba tyto přístupy je možné a potřebné kombinovat pro poskytnutí celkového obrazu kvality použitelnosti. Právě uživatel hraje klíčovou roli v celém procesu a pochopení jeho vědomých i nevědomých interakcí je stěžejní pro celý přístup (Semerádová & Weinlich, 2018).

Čím více víme o samotných uživateli či celé cílové populaci, tím spíše je možné dosáhnout úspěšného projektu. Jedná se o znalosti, které lze získat mimo jiné uživatelským testováním. Samotné testování je opět širokou doménou možností, kterými lze potřebné informace získat. Každé z nich přináší jinou formu dat a metodiku, avšak až jejich spojením je možné poskytnout ucelený pohled na celou problematiku. Nicméně pro potřeby této práce je cílem se zaměřit především na testování konkrétní části webdesignu, tedy již zmíněné použitelnosti za pomoci metody Eye-trackingu (metoda sledování a měření pohybu očí po obrazovce). Jedním z možných parametrů pro interpretaci použitelnosti webových objektů slouží měření kognitivní zátěže (Cognitive load) a další návazné metriky. Tento přístup umožňuje identifikovat kritické body designu stránek, které znesnadňují uživateli plnění interakcí s vybraným webem (Nielsen & Pernice, 2009).

1.1. Motivace

Proč vlastně věnovat úsilí tak atomizovanému přístupu a malé části celého procesu, který se skrývá za úspěšným internetovým projektem? Proč právě do oboru webdesignu, kde většině firem k tvorbě webových stránek stačí několik odborníků a heuristické metody evaluace, aplikovat drahé přístupy testování použitelnosti založené na měření konkrétních dílčích metrik a parametrů? Tyto otázky jsou jistě na místě a součástí disertační práce by mělo být hledání adekvátních a podložených odpovědí.

Pokud lze shrnout počty odborných publikací od roku 2010–2021 na základě zadaných klíčových slov, o které se tato práce opírá, je možné dojít po zadání do bibliografické databáze Scopus¹ na číslo 149 článků z oblasti Computer science. Jedná se však o složený dotaz za použití většiny klíčových slov, pokud bychom se zaměřili např. pouze na spojení

¹ TITLE-ABS-KEY ("Usability" AND "Cognitive Load" AND "web-design" OR "design" OR "Website" OR "Eye-tracking") AND PUBYEAR > 2010 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP")).

2–3 klíčových slov, jsou výsledky řádově výše (pouze Scopus databáze). K podobným výsledkům došla práce Affandyho a spol., která zahrnovala systematickou literární rešerši za roky 2007–2016. Po vložení vylučujících kritérií vybrala z 658 odborných článků finálních 78 tematicky odpovídajících studií (Affandy et al., 2017). Z uvedeného lze říci, že vědecká komunita s motivací bádání v této oblasti nemá problém, naopak je patrný rostoucí zájem o toto téma, čemuž beze sporu napomáhají dostupnější technologie Eye-tracking zařízení a biometriky. Navzdory tomu u transferu těchto znalostí a výsledků lze spatřit velké mezery a zpoždění. Přesto, že se objevují snahy o spojení a tvorbu hybridních přístupů k hodnocení použitelnosti (Mann et al., 2018), stále lze najít mnoho překážek, které narušují dostavbu mostu pro plynulý přechod znalostí do komerční aplikace. Některé z těchto bariér, jako jsou například pořizovací náklady pro vybavení odborné laboratoře, v důsledku vývoje technologií klesají, stále tu však jsou překážky v podobě nároků na dodržení potřebné metodiky zejména pro kvantitativní hodnocení a testování např. právě za pomoci Eye-tracking technologií a biometriky. Ve zjednodušené míře, když už nehrají roli přímé finanční náklady, je zde přítomen faktor času, náročnosti provedení experimentu a znalostí pro jeho vyhodnocení. Přitom, jaké nároky na čas jsou kladeny při vývoji webových aplikací v komerčním sektoru, je pro firmy obtížné zakomponovat do výroby a testování hlubší metodiky základního i aplikovaného akademického výzkumu, které jsou často díky celému publikačnímu procesu opožděny tak, že v době jejich zveřejnění často bývají v praxi nepoužitelné či překonané. Toto samozřejmě neplatí obecně, je zde mnoho aspektů uživatelského designu a použitelnosti, které tolik nepodléhají trendům, a tudíž je vhodné se snažit o jejich zkoumání a následnou aplikaci do praxe. Sám guru použitelnosti, uživatelské zkušenosti (UX) a Eye-tracking výzkumu Jakob Nielsen doporučuje neuspěchat nákup oční kamery a dalších biometrických zařízení v touze získat konkurenční výhodu nad svým podnikatelským okolím. Raději doporučuje pracovat se standardizovanými, ale jednoduššími metodami evaluace použitelnosti (Pernice & Nielsen, n.d.). Na druhou stranu od počátků těchto úvah uběhla jedna dekáda technologického pokroku a dostupnější varianty očních kamer nabízí stále otevřenější možnosti využití i v komerčním sektoru. Proto spíše nežli na technologii, jsou nyní výzvy postaveny na základě aplikace akademického výzkumu a jeho přenesení do praxe.

Sám Nielsen ve svých reportech, kterých vydal za posledních 14 let celkem 5 edicí, uvádí, že 10% navýšení rozpočtu vynaloženého na vývoj použitelnosti v rámci projektu může

vést až k 135% zvýšení návratnosti investic (Return of Investment, dále jen ROI) (Nielsen et al., 2020). Autor s každou novější edicí, která obsahuje data z reálných studií, tento přepočít snižoval, ale vždy poukazyval na celkovou pozitivní návratnost investic. Pokles je logicky dán zpětnovazebním procesem učení se z hlavních počátečních chyb v oblasti použitelnosti (UXprobe bvba, 2015). Avšak to neznamená, že by dnešní doba nenabízela nové výzvy v oblasti použitelnosti v návaznosti na nové formy technologického vývoje (Reckin et al., 2015).

I když samotné metody výpočtu ROI kontra použitelnost vyžadují další vývoj a zkoumání, reálné výsledky potvrzují význam celého odvětví použitelnosti ve vztahu interakce člověka s počítačem, cizími slovy HCI (Human Computer Interaction) (Reckin et al., 2015).

Hlavní motivací pro napsání této práce je především hledání společného a efektivního jazyka a metodiky pro předávání užitečných poznatků a modelů ověřených akademickým výzkumem z oblasti testování použitelnosti webových stránek. Podpora tohoto transferu může ve finále implikovat ve snížení nákladů tvorby a provozování moderních internetových stránek či aplikací.

1.2. Organizace disertační práce

Organizace této práce je v souladu s nároky a pokyny Studijního řádu Univerzity Hradec Králové (UHK, 2021) a metodickými pokyny pro úpravu závěrečných prací na Fakultě informatiky a managementu Hradec Králové (UHK, 2023).

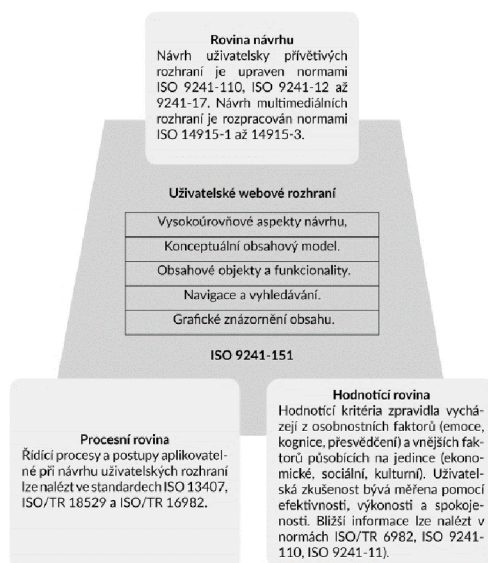
První kapitola obsahuje úvodní slovo a motivace autora pro sepsání této disertační práce. V následující **druhé kapitole** se nachází analýza současného stavu řešených témat. Ve **třetí kapitole** jsou uvedeny a popsány hlavní cíle práce a jejich shrnutí, které vycházejí z celkového potenciálního přínosu souhrnné činnosti autora a doposud provedených experimentů zaměřených na oblast HCI a Eye-tracking technologii. V následujících **kapitolách čtyři až šest** se nacházejí samostatné experimenty, z nichž každý odráží určitý stav poznání autora v průběhu kontinuální doktorandské práce. **Kapitola sedmá** obsahuje finální tvorbu metodiky k přístupu testování a je souhrnným výstupem této práce. Obsahem poslední **osmé kapitoly** je závěrečné resumé této disertační práce.

2. Analýza současného stavu řešených témat

2.1. Použitelnost a její modely/standardy

Pro další potřeby disertační práce je potřeba analyzovat stav definic standardů pro tvorbu a hodnocení uživatelského prostředí webových stránek. V této souvislosti jsou nejčastěji skloňovány pojmy **použitelnost**, flexibilita, bezpečnost, efektivnost, výkonnost, spokojenost, kvalita informací a přehlednost. V poslední době je též komplementárním pojmem pro použitelnost tzv. **uživatelská zkušenost**, někdy také prožitek (User Experience UX). Pojem UX se začíná prosazovat v článcích na úkor termínu použitelnost. Přestože se za určitých okolností jedná o synonyma, je v tomto trendu vidět snaha výzkumných týmů posunout jejich příspěvky blíže k přímé aplikaci do komerční sféry. Pokud shrneme několik pohledů a definic, lze UX označit za zohlednění všech aspektů interakce uživatelů se systémem, produktem či službou (Ghiani et al., 2016; Vermeeren et al., 2010).

V rozsahu vývoje standardů ISO, který se počítá od roku 2006 Ergonomie systémových interakcí člověka, je obsaženo přes desítky odborníky sjednocených pravidel a postupů, které mají napomáhat ke kvalitnímu vývoji a hodnocení uživatelského rozhraní. Rozhraní webových stránek je věnována podnorma ISO 9241-151, jejíž obsah je vidět v grafickém znázornění na Obrázku 1. Pro tento text je hlavní hodnoticí rovina, kde jako uvedená kritéria měření evaluace UX slouží efektivnost, výkonnost a spokojenost. Tyto standardy potom upraví normy ISO 9241-110 a ISO 924-11. O podobnou terminologii se opírá i práce J. Nielsena, která mimo výše zmíněná kritéria přidává schopnost naučitelnosti v rané fázi procesu interakce, zapamatovatelnost prostředí pro budoucí použití a tzv. chybovost, což ve stručnosti znamená, že uživatelská chyba během používání uživatelského prostředí nevede k nežádoucím důsledkům (Nielsen, 1993). V posledních aktualizacích souboru standardu ISO 9241 se objevila rozšířená měření cílená prakticky na stejné roviny prolínající se přes 30 let starou definici Nielsena (Bevan et al., 2016).



Obrázek 1 – Referenční model návrhu uživatelsky orientovaného webu – vlastní zpracování ze zdroje (Semerádová & Weinlich, 2018)

Pokud se blíže zaměříme na další modely použitelnosti, shrnuté např. v práci (Nur, 2013), lze vidět jejich překryv v důležitých rysech, které modely využívají v jejich samotné definici, viz Tabulka 1. Z tabulky je patrné, že modely QUIM a nejnovější ISO 9241 standard zahrnují všechny hlavní prvky pro naplnění kvalitní použitelnosti. Nicméně ani podle Semerádové a Weinlicha poslední verze standardů ISO 9241 nepřináší přesný rámec a postupy pro měření celkové kvality stránek (Semerádová & Weinlich, 2018). Shrnutí definic pojmů (Nielsen, 1993):

- **Účinnost** (Efficiency): Jak rychle může uživatel provádět úkoly, jakmile se naučí základní informace o designu aplikace?
- **Efektivnost** (Effectiveness): Doplněk k účinnosti. Jak efektivně může uživatel provádět úkoly ve vztahu k provedeným chybám?
- **Naučitelnost** (Learnability): Je pro uživatele snadné provádět základní úkoly, když aplikaci vidí poprvé?
- **Zapamatovatelnost** (Memorability): Pokud uživatelé aplikaci navštíví znovu po určitém období, je pro ně snadné si zapamatovat, jak používat základní operace?
- **Chybovost** (Errors): Dělají uživatelé několik chyb? Jak špatné jsou tyto chyby?
- **Spokojenost** (Satisfaction): Jsou uživatelé spokojeni s designem aplikace?

2.2. Metody pro měření použitelnosti/UX

Modely použitelnosti jsou klíčovými rámci v oblasti HCI, poskytujícími základ pro měření a hodnocení různých aspektů uživatelského designu. V posledních dvaceti letech bylo vyvinuto mnoho postupů, jak kvantitativně i kvalitativně analyzovat a identifikovat potenciální problémy ve fázích návrhu a provozu, například u webových aplikací nebo stránek. Tento vývoj přináší různé přístupy k hodnocení metrik, což umožňuje komplexní posouzení použitelnosti a efektivity uživatelského rozhraní. (Fernandez et al., 2012). V této části budou popsány některé z nejpoužívanějších možností. Jedním z těchto přístupů jsou metody založené na heuristické analýze. Její obliba je dána především snadným přístupem k hodnocení a jejími nízkými náklady (Quiñones & Rusu, 2017). Heuristický přístup je založen na intuitivním hodnocení zainteresovaných osob především v rámci vývoje samotného prostředí. Účinnost této metody hodně koreluje s mírou expertizy samotných hodnotitelů a jedná se o vhodný komplement pro metody založené na uživatelském testování (Karoulis & Pombortsis, 2004).

Jednou z dalších, na metodiku nenáročných forem testování, tentokrát na straně uživatele, je tzv. Think-aloud protokol. Podobně jako u heuristické analýzy se jedná o účinnou a neinvazivní formu uživatelského testování, jež je založeno na prostém uživatelově slovním popisu interakce a uvažováním nad tím, co dělá během samotného testování. Tento záznam je poté analyzován a na jeho základu je sestaven list potenciálních problémů použitelnosti (Nørgaard & Hornbæk, 2006). Mezi jeho nevýhody patří nutnost kódování subjektivních hodnocení uživatelů a zkrácené reakce na základě potřeby expresivně vyjádřit své chování.

Tabulka 1 - Podobnost modelů použitelnosti ve vztahu ke kritériím použitelnosti - vlastní zpracování

Kritéria použitelnosti (modely)	Eason Model (1984)	Shackel Model (1986)	Nielson Model (1993)	ISO 9241-11 (1998)	ISO 9126 (2001)	(QUIM) (2006)	ISO 9241-11 (2016-2021) / IEC 25010
Účinnost		X		X		X	X
Efektivnost	X		X	X		X	X
Naučitelnost	X	X	X		X	X	X
Uspokojitelnost			X	X		X	X
Zapamatovatelnost						X	X
Chybovost						X	X

Think aloud metody lze dobře kombinovat a doplňovat s později zde diskutovanou Eye-tracking technologií (Cho et al., 2019; Guan et al., 2006).

Pro potřeby testování použitelnosti bylo vytvořeno mnoho standardizovaných dotazníků. Tyto dotazníky často tvoří hlavní pilíř samotného testování použitelnosti. Pokud bychom měli uvést některé z nejcitovanějších, které lze použít přímo na webových technologiích, jedná se např. o WAMMI (Website Analysis Measurement Inventory), WEBUSE (Website Usability Evaluation Tool), WEQ (Website Evaluation Questionnaire), SUPR-Q (Standardized Universal Percentile rank questionnaire), dotazník založený na již zmíněné metodě ISO 9242-151:2008 SUS (System Usability Scale) a UEQ (User Experience Questionnaire) a další viz Tabulka 2. Konstrukce těchto dotazníků je klíčová při identifikaci možných problémů v použitelnosti (Esmeria & Seva, 2017). Dotazníky se odlišují v tom, na která kritéria použitelnosti se zaměřují. Pokud protneme tato kritéria z Tabulky 1, dostaneme novou Tabulku 2 s popisem, pro které tyto možnosti je daný dotazník vhodný (Assila et al., 2016).

Tabulka 2 – Vybrané dotazníky hodnocení použitelnosti/UX – vlastní zpracování (hlavní zdroj (Assila et al., 2016))

Dotazník	Rok vytvoření	Typ uživatelského rozhraní	Počet položek	Výstup	Škála položek	Kritéria použitelnosti	Kategorie aplikace	Doba vyplňování	Zdroje
SUS	1986	Různé typy uživatelských rozhraní	10	Hodnocení použitelnosti	5 bodová Likertova škála	Celková použitelnost	Všechny kategorie aplikací	5–10 min	(Brooke, 1996)
NASA TLX	1986	Univerzální	6	Skóre mentální zátěže	Kontinuální škála s bodovým hodnocením	Mentální námaha, fyzická námaha	Všechny kategorie aplikací	10–15 min	(Hart & Staveland, 1988)
ASQ	1988	Různé typy uživatelských rozhraní	3	Hodnocení úkolu	7 bodová škála	Spokojenost s procesem	Všechny kategorie aplikací	2–5 min	(Lewis, 1995)
CSUQ	1996	Softwarová rozhraní	19	Hodnocení systémové použitelnosti	7 bodová Likertova škála	Celková spokojenost, použitelnost	Softwarové aplikace	10–15 min	(Lewis, 1995)
WAMMI	1998	Webové stránky	20	Grafická forma	7 bodová Likertova škála	Atraktivita, efektivita, jasnost	E-commerce, informační weby	10–15 min	(Bevan & Macleod, 1994)
USE	2001	Webové stránky	30	Neuvedeno	7 bodová Likertova škála	Užitečnost, spokojenost	E-commerce, blogy, portály	15–20 min	(Lund, 2001)
WEBUSE	2003	Webové stránky	24	Neuvedeno	7 bodová Likertova škála	Informační kvalita, interakční kvalita	E-commerce, novinky, blogy	15–20 min	(Aladwani & Palvia, 2002)
AttrakDiff	2003	Různé typy uživatelských rozhraní	28	Atraktivita a kvalita interakce	Sedmibodová škála	Atraktivita, použitelnost	Všechny kategorie aplikací	10–15 min	(Hassenzahl et al., 2003)
NPS	2003	Různé typy uživatelských rozhraní	1	Pravděpodobnost doporučení produktu/služby	11 bodová škála (0–10)	Neuvedeno	Loajalita zákazníků	NPS	(Reichheld, 2003)
WEQ	2007	Webové stránky	32	Zpráva	7 bodová Likertova škála	Vzhled, obsah, navigace	E-commerce, blogy, portály	20–25 min	(O'Brien & Toms, 2010)
VisAWI	2007	Webové stránky	18	Hodnocení estetiky	7 bodová Likertova škála	Symetrie, komplexita	E-commerce, portály, galerie	10–15 min	(Moshagen & Thielsch, 2010a)
UEQ	2008	Webové stránky, Aplikace	26	Skóre	7 bodová Likertova škála	Atraktivita, přehlednost	E-commerce, mobilní aplikace, SW	15–20 min	(Laugwitz et al., 2008)
SUPR-Q	2011	Webové rozhraní	13	Porovnání	7 bodová Likertova škála	Použitelnost, důvěra	E-commerce, informační weby, blogy	10–15 min	(Sauro, 2015)

Z Tabulky 2 je zřejmé, že i přes vysokou míru zúžení použitých modelů a výběru nejpoužívanějších dotazníků není jednoduše možné vybrat pouze jeden nástroj k tomu, abychom získali komplexní pohled na problematiku testování kvality webového uživatelského prostředí.

Tuto kapitolu lze shrnout tak, že ani při kombinaci všech uvedených metod a přístupů k evaluaci uživatelského prostředí nelze získat dokonalý výstup pro případné úpravy a změny v konkrétních částech designu webové stránky. Nicméně vhodným zvolením příslušné metody lze dosáhnout odborné i uživatelské zpětné vazby, kterou je možné využít k celkovému hodnocení použitelnosti dané stránky. Pro identifikaci příslušných problémů v oblasti UX je zapotřebí identifikovat konkrétní části dané struktury webové stránky či aplikace a její klíčové části (Baharum & Jaafar, 2015).

2.3. Struktura a klíčové části stránek

Pro potřeby analýzy konkrétních prvků webových stránek je potřeba přesněji určit pohledový rámec, z čeho se vlastně internetové stránky mohou tvořit a skládat, mluvíme hlavně o jejich vizuálních prvcích, které uživatel na stránce vnímá a případně s nimi může interagovat, nikoli o tzv. Backendu, resp. v jakém kódu jsou vytvořeny, i když je samozřejmě zde přímá souvislost.

Z jednoho pohledu lze za základní čtyři stavební kameny webových stránek považovat psaná písmena, statické obrázky, pohybující se obrázky a zvuk. Z těchto kostek je možné nadále tvořit celý obraz stránek. Z písmen se tvoří slova, věty a odstavce. Z obrázků a videí potom produkty, bannery, reklamy apod. Zvuk je spíše doprovodným prvkem a ve větší míře nepoužívanou formou, až na výjimky. Na tyto prvky dále lze pohlížet ze dvou úhlů. Každý z těchto prvků může sloužit jako hypertextový odkaz, z těchto odkazů interních a externích se tvoří tzv. mapa stránky a horizontální či vertikální struktura webu. U elementů je možné najít formální stránku, která vyjadřuje a popisuje, jak je každý element vytvořen, zobrazen a umístěn na dané stránce. Druhým úhlem pohledu je samotný sémantický popis elementů, tedy jejich význam v rámci dané stránky. Tento význam může mít i samotný test či shluk stavebních prvků, které společně sémanticky fungují např. jako navigace prvního řádu (menu), postranní navigace, oblast výpisu produktů apod. (Brügger, 2009).

Určitou formou deduktivního určení klíčových prvků stránek z pohledu uživatele popisuje Garrett a spol. několik klíčových sémantických rolí jednotlivých či sestavených elementů. U těchto elementů poté stanovuje klíčové faktory a otázky pro jejich prezentaci. Z nich je 1. **organizace** – je stránka logicky organizována, 2. **užitečnost obsahu** – předkládá obsah užitečné a zajímavé informace, 3. **navigace** – je jednoduché se navigovat na stránce, 4. **grafická reprezentace** – používá stránka ikonografiku, správný kontrast barev a multimediální obsah, 5. **účel** – naplňuje stránka očekávané role (komerční, informační, aplikační apod.), 6. zapamatovatelné elementy – poskytuje stránka vizuálně zapamatovatelné rozložení a prvky pro znovu příchozí uživatele, 7. validita odkazů – jsou na stránce reprezentované pouze validní a funkční odkazy, 8. **jednoduchost** – je design stránek jednoduchý a nesložitý, 9. nestrannost – poskytuje stránka objektivní a nepodjaté informace, 10. kredibilita – jsou předložené informace věrohodné, 11. konzistence a spolehlivost – jsou stránky v souladu s jednotným designem, 12. přesnost – jsou informace přesné, 13. rychlost načítání – jaké jsou načítací časy stránek, 14. zabezpečení a soukromí – jsou osobní informace o uživatelích na stránkách v bezpečí, 15. interaktivita – jsou stránky interaktivní na místech, kde uživatel interaktivitu očekává, 16. silně pod kontrolou uživatele – může si uživatel zvolit svoji cestu k informacím a navigaci bez slepých cest, 17. **čitelnost** – jsou stránky a jejich obsah dobře k přečtení, 18. účinnost – jsou informace dosažitelné pro uživatele v co nejkratším čase, 19. skenovatelnost – je možné na stránce snadno skenovat a skrolovat a 20. naučitelnost – jaká je křivka učení pro používání dané stránky? Garrett na základě odborné rešerše identifikoval v publikovaném výzkumu sedm z výše uvedených elementů jako klíčové. Tyto elementy jsou výše zvýrazněné v textu a v Tabulce 3 jsou rozepsány některé konkrétní aspekty ke kvalitnímu naplnění jejich reprezentace (Garrett et al., 2016).

Tabulka 3 – Klíčové elementy webových stránek a jejich možná reprezentace, převzato z (Garett et al., 2016) – vlastní zpracování

Klíčové elementy webových stránek	Reprezentace
Organizace	Typografická mřížka, Gestalt principy, správné členění nadpisů a textu, věcné a přesné popisky, ...
Užitečnost obsahu	Adekvátní množství informací, logická struktura obsahu, aktuální a aktualizovaný obsah, vizuálně atraktivní podání textu doplněné o multimediální obsah a výběrem klíčových sdělení, ...
Navigace	Konzistence typů navigace a jejich umístění, dostatečné salientní vizualizace, jednoduché ovládání a hledání odkazů, uživatelsky přívětivá interakce, ...
Účel	Unikátní identita a brand webových stránek, očekávané chování na základě typu stránek, ...
Grafická reprezentace	Adekvátní a kvalitní využití multimediálního obsahu, sladění barevného schématu, práce s typografií, efektivní využití prostoru, ...
Jednoduchost	Stránky by měly obsahovat pouze to, co uživatel sám očekává, nebo by mu mělo, jakkoliv přinést užitek. Aplikace pravidla 80/20. Jednoduchost použití pro prvouživatele. Nepřehlacení uživatele nepotřebným nebo nedůležitým obsahem.
Čitelnost	Čitelné a čtivé informace, s dostatečným kontrastem, čtivý a gramaticky správný obsah, ...

Dalším užitečným pohledem, jak identifikovat klíčové oblasti webové stránky, je očekávání samotného uživatele a jeho mentální modely. Za roky vývoje webových stránek a jejich používání se až na výjimky ustálilo jednotné používání nejzákladnějších elementů stránky. Tento mentální model je prověřen několika studii, které dokládají, že se v zásadě za posledních 15 let nezměnil. Heinz a spol. požádali v experimentu 841 respondentů, aby navrhli prototyp svého online obchodu. Výsledek je vidět na Obrázku 2 (Carol M. Barnum, 2021; Heinz et al., 2016; Roth et al., 2013).



Obrázek 2 – Vizualizace očekávaného rozložení webových stránek, převzato z (Carol M. Barnum, 2021)

2.4. Eye-tracking

Eye-tracking je technika, která umožňuje výzkumníkům měřit, kde a jak se jednotlivci dívají na vizuální podněty. Byla využita v různých oborech včetně zdravotnictví, psychologie, softwarového inženýrství a vzdělávání, aby bylo možné porozumět perceptivním a kognitivním procesům. Technologie měří bod pohledu a pohyb oka vzhledem k pozici hlavy, přičemž specializovaná Eye-trackingová zařízení nabízejí vysoké vzorkovací frekvence až 2000 Hz, což umožňuje měření pohybů očí s vysokou přesností (Białowas & Szyszka, 2019; Khachatryan & Rihn, n.d.; Lim et al., 2020; Weichbroth et al., 2016).

2.4.1. Vizualizace

Heatmapy (teplotní mapy): Zobrazují, kde se účastníci studie dívali na stimul, přičemž intenzita barvy ukazuje počet fixací.

Focus Mapy: Alternativa k heatmapám, která ukazuje více fixací s jasnějším pohledem na stimul.

Gaze Path Plots (grafy cest pohledu): Ilustrují cestu, kterou pohled účastníka během času na stimulu absolvuje.

Aggregated Gaze Path Plots (agregované grafy cest pohledu): Kombinují cesty pohledu více účastníků, aby odhalily vzory v čase.

2.4.2. Metriky

Eye-tracking metriky jsou kvantitativní ukazatele zaznamenané pomocí Eye-tracking technologie, která sleduje pohyby očí a pozornost jednotlivce při interakci s vizuálním stimulem. Tyto metriky poskytují podrobné informace o tom, jak jednotlivci zpracovávají vizuální informace, a umožňují výzkumníkům, designérům a marketérům lépe porozumět lidskému vizuálnímu chování a reakcím na vizuální obsah. Hlavní kategorie Eye-tracking metrik zahrnují fixační metriky, sledovací metriky (gaze metrics), metriky týkající se oblastí zájmu (AOIs), metriky pupily, sakády, metriky vizuálního hledání, interakční metriky a komparativní metriky. Tyto metriky mohou být využity v různých oborech, jako jsou psychologie, marketing, design, zdravotnictví, vzdělávání a softwarové inženýrství, k porozumění a analýze lidského chování a interakcí s vizuálním obsahem. V Tabulce 4 je

potom jejich podrobný výčet (Duchowski, 2017; Ehmke & Wilson, 2007a; Klein & Ettinger, 2019; Liversedge & Findlay, 2000; Mahanama et al., 2022; Pauszek, 2023; Sharafi et al., 2015).

Tabulka 4 – Komplexní souhrn Eye-tracking metrik – vlastní zpracování

Kategorie	Metrika	Popis
Metriky setrvání (Dwell)	Dwell count	Počet setrvání v AOI.
	Revisit count (gaze dwells)	Počet opětovných návštěv AOI.
	Dwell time (gaze, ms)	Celkový čas strávený setrváním v AOI v milisekundách.
	Dwell time (gaze, %)	Celkový čas strávený setrváním v AOI procentuálně.
	First dwell duration	Doba trvání prvního setrvání v AOI.
	Last dwell duration	Doba trvání posledního setrvání v AOI.
	Skip count	Počet setrvání bez detekované fixace.
	Dwells with fixations	Setrvání s fixacemi.
Metriky Fixace	Fixation count	Počet fixací detekovaných uvnitř AOI.
	TTF sequence	Sekvence času do první fixace.
	TTF (AOI)	Čas do první fixace v AOI.
	TTF (Parent)	Čas do první fixace v nadřazeném intervalu.
	TTF (max.)	Maximální čas do první fixace.
	Dwell time (fixation, ms)	Celkový čas strávený fixací v AOI v milisekundách.
	Dwell time (fixation, %)	Celkový čas strávený fixací v AOI procentuálně.
	Duration of average fixation	Průměrná doba trvání fixace.
	First fixation duration	Doba trvání první fixace.
	Last fixation duration	Doba trvání poslední fixace.
Sakády (rychlé, náhlé a neúmyslné pohyby očí)	Dispersion of average fixation	Disperze průměrné fixace.
	Saccade count	Počet sakád.
	Entry saccade onset (AOI)	Počáteční čas první sakády vstupující do AOI.
	Entry saccade onset (Parent)	Počáteční čas první sakády vstupující do nadřazeného intervalu.
	Duration of average saccade	Průměrná doba trvání sakády.
	Amplitude of average saccade	Amplituda průměrné sakády.
	Peak velocity of average saccade	Maximální rychlost průměrné sakády.
	Peak acceleration of average saccade	Maximální zrychlení průměrné sakády.
	Peak deceleration of average saccade	Maximální zpomalení průměrné sakády.
	Direction of average saccade	Směr průměrné sakády.

Eye-tracking technologie může poskytnout odpovědi na řadu otázek týkajících se vizuální pozornosti a lidského chování. Níže je uvedeno několik klíčových otázek a oblastí, ve kterých může Eye-tracking poskytnout cenné informace:

Pochopení vizuální pozornosti a lidského chování

Eye-tracking je výzkumný nástroj používaný k pochopení, kam lidé hledí, co zrovna sledují a jak dlouho se na určité objekty či oblasti zaměřují. Vizuální pozornost je silně spojená s kognicí (získávání a zpracování informací), což dává obraz o tom, co se děje uvnitř hlavy jedince.

Výzkum lidského chování

Vědci využívají Eye-tracking k prohloubení pochopení aspektů, jako je vývoj dítěte, psychologické podmínky a neurologické poruchy.

Výzkum spotřebitelského chování

Marketéři často používají Eye-tracking ke studiu spotřebitelského chování, aby pochopili, jaký vizuální obsah přitahuje pozornost spotřebitelů a jak lze design či umístění produktů optimalizovat pro zvýšení prodeje.

Interakce s virtuálním obsahem

Eye-tracking umožňuje nové způsoby interakce s virtuálním obsahem, což rozšiřuje možnosti v oblasti XR a VR technologií.

Zlepšení použitelnosti technologií

Technologie Eye-trackingu měří lidské kognitivní procesy a má potenciál zlepšit použitelnost informačních technologií ve zdravotnictví, přičemž stále není zcela jasné, jak lze metodu Eye-trackingu integrovat s jinými tradičními metodami hodnocení použitelnosti.

Interakce se zařízeními

Eye-tracking může být také použit k interakci se zařízeními, jako jsou tablety, počítače a mobilní telefony, kdy umožňuje ovládání těchto zařízení pohledem namísto dotyku.

Odhad pohledu v lidské interakci

Orientace těla a hlavy spolu s pozicí zorničky a duhovky umožňuje pozorovatelům snadno odhadnout směr pohledu ostatních, což má aplikace ve výzkumu lidské interakce a odhadu pohledu.

2.4.3. Výzkumné aplikace

Eye-tracking je nezbytný nástroj ve výzkumu lidských faktorů, umožňuje například:

- Výzkum Uživatelské Zkušenosti (UX): Rozumění, jak uživatelé vnímají webové stránky nebo produkty, identifikace problematických oblastí a zlepšení celkového designu.
- Výzkum Čtení a Jazyka: Analýza pohybů očí během čtení pro pochopení procesů čtení a jazykového zpracování.
- Neuromarketing: Studium, jak spotřebitelé reagují na marketingové podněty, jako jsou reklamy nebo balení produktů.

2.5. Eye-tracking a použitelnost

Pokud v databázi Scopus vyhledáme články na základě konkrétního dotazu na klíčová slova² „Usability“ a „Eye-tracking“ od roku 2010, dostaneme výsledné číslo 832 odborných článků. Každé čtyři roky se prakticky počet odborných studií zdvojnásobil, což svědčí o vysokém nárůstu „popularity“ dané kombinace technologií.

Technologie Eye-trackingu neboli sledování pohybu očí se stala mocným nástrojem pro testování uživatelského prostředí. Výpočet pohledu uživatele po obrazovce umožňuje alokovat a kvantifikovat vizuální pozornost uživatelů na konkrétních částech stimulu, jako jsou např. konkrétní elementy webových stránek, ty, které potom chceme měřit a kvantitativně porovnávat, označujeme jako oblasti zájmu (Area of Interest dále jen AOI). Pohyby očí (cesty) mezi těmito oblastmi se potom nazývají *Scan path* nebo *Gaze path*. Agregovaná data uživatelů je možné vizualizovat např. pomocí tzv. teplotních map (Heat maps), (Pernice & Nielsen, n.d.). Z analýzy těchto pohybů a sloučených dat v rámci AOI se

² TITLE-ABS-KEY ("Usability" AND "Eye-tracking") AND PUBYEAR > 2009.

poté analyzuje chování uživatele a použitelnost dané stránky či designu (Eraslan et al., 2016; Prisacari & Holme, 2013).

Testování použitelnosti grafického designu za pomoci Eye-trackingu může hrát důležitou roli v jakémkoliv životním cyklu internetové stránky. Významnou roli plní zejména jako ověření kvality a použitelnosti záměru designérů a UX návrhářů, kteří často podléhají vlastním kreativním nápadům a často ignorují své budoucí publikum. Často očekávané chování na základě názoru jednoho člověka potažmo tvůrce může být pokřiveno osobním přístupem a jiným mentálním modelem než většinový přístup. Stejně tak je potřeba postupovat opatrně při implementaci a interpretaci této technologie potažmo u získaných dat a vizualizací. Např. u vizualizací tolik na pohled lákavých teplotních map často dochází k jejich nadhodnocení a vede k přílišné generalizaci informací. Pokud má být Eye-tracking přínosem, určitě je zapotřebí hodně znalostí a času pro jeho efektivní využití (Cutrell & Guan, 2007).

Co vlastně tedy lze měřit v rámci webových stránek a jejich designu, UX a použitelnosti? Práce Bojka popisuje dva základní způsoby přístupu k měření UX. Měření přitažlivosti a měření výkonu. V případě přitažlivosti se hledají možné body zájmu a atrakce uživatele. Na druhou stranu měření výkonu se zaměřuje na evaluaci designu stránek z hlediska porovnávání dílčích i komplexních změn designu mezi verzemi, problémy navigačních prvků apod. (Bojko, 2006). Oblast měření přitažlivosti je možné dále rozdělit na některé podúkoly a k těm posléze přiřadit konkrétní metriky:

1. Area Noticeable Measures (ANM) – poskytuje informace o tom, kolik uživatelů si v dané oblasti zájmu (AOI) něčeho všimne a jak rychle si toho AOI všimnou. Metrikami tohoto opatření jsou:
 - (a) Procento účastníků, kteří se fixují na AOI. Pokud je tento počet nízký, je možná potřeba obrázky nebo texty v této oblasti vylepšit, aby vypadaly atraktivněji.
 - (b) Počet fixací před první fixací na AOI. Pokud je toto číslo vysoké, znamená to dlouhý proces hledání, což znamená, že je možná potřeba tuto oblast vylepšit, aby byla pro zákazníky lépe viditelná.
 - (c) Čas první fixace na AOI je doba pro nalezení určené oblasti.

2. Area Interest Measures (AIM) – poskytuje informace o tom, kolik uživatelů se o tuto AOI zajímá a jak udržet pozornost uživatelů. Metriky tohoto opatření jsou:
 - (a) Počet fixací na AOI. Pokud je počet vysoký, existuje více uživatelů, kteří mají zájem, což znamená, že tato oblast je velmi zajímavá.
 - (b) Celková doba setrvání na AOI je celková doba fixace, která se použila k měření doby, po kterou uživatel věnuje pozornost této oblasti.
 - (c) Procento času stráveného na AOI je získané z celkového poměru mezi dobou prodlevy na AOI a celkovou dobou prodlevy na webové stránce. Pokud je číslo vysoké, má uživatel o tuto oblast zájem.
3. Emotional Arousal Measures (EAM) – poskytující informace o emocích uživatele. Metrikou tohoto opatření je dilatace zornice. Podle Boyka se velikost zornice uživatele může rozšířit, když vidí něco zajímavého. Může být použita jako měřítko emocionálního vzrušení způsobeného webem, reklamou na produkt nebo reklamou samotnou.

Pro měření výkonnosti designu je použita tato taxonomie:

1. Mental Work Load Measures (MWM) – poskytující informace o mentální pracovní zátěži uživatele. Když uživatel něco dělá a potřebuje plnou koncentraci, jeho mentální pracovní zátěž je vysoká a jeho výkon je nízký. Míra duševní pracovní zátěže dobrým způsobem předpovídá samotný výkon. Metrikou je průměr zornice.
2. Cognitive Processing Measures (CPM) – poskytující informace o tom, jak uživatel s velkým úsilím zpracovává a extrahuje informace. Metrikou je průměrná doba fixace.
3. Target Findability Measures (TFM) – poskytující informace o účinnosti a efektivitě komponent webové stránky, např. jak zjistit odkaz: Můj nákupní košík, odkaz Hledání atd. Metrikami tohoto opatření jsou:
 - (a) Procento účastníků, kteří se zaměřili na cíl. Pokud je tato hodnota nízká, pak má uživatel potíže s vyhledáním cíle, např. má problém s vyhledáním nákupního košíku. Řešením je vylepšit rozložení webu.
 - (b) Počet fixací před první fixací na terč. Pokud je toto číslo vysoké, proces hledání trvá déle, což znamená, že cíl je obtížné najít.
 - (c) Čas potřebný k dosažení první fixace cíle je čas, který uživatel potřeboval k vyhledání určené oblasti. Pokud je čas krátký, cíl je velmi efektivní, protože je snadné ho najít, což znamená, že rozložení je dobré.

4. Target Recognizability Measures (TRM) – poskytující informace o tom, jak uživatel rozpozná funkčnost komponent webové stránky. Pokud uživatel již cíl rozpozná, ale nevybere jej, znamená to, že uživatel nezná funkčnost cíle. Metrikami tohoto opatření jsou:

- (a) Počet pohledů na cíl před výběrem cíle. Pokud je hodnota vysoká, je obtížné cíl rozpoznat, protože byl již několikrát navštíven, ale nebyl vybrán.
- (b) Čas od první fixace na cíl k výběru cíle je čas od první fixace, kdy uživatel rozpozná cíl, dokud si nevybere cíl. Pokud je čas krátký, uživatel zná funkčnost cíle (Převzato a upraveno z (Bojko, 2013; Sari et al., 2015)).

Ehmke ve své práci zdůrazňuje důležitost hledání správných schémat pro vyhledávání a testování problémů pomocí ET (Eye-tracking) technologie. Při své studii otestovala dvě internetové stránky pomocí 19 participantů. Výsledky jsou identifikace problémů v použitelnosti a jejich korelace s ET metrikami a Think aloud metodou. Z jejího zjištění jsou patrné některé dílčí poznatky. Pokud uživatel očekával nějaké informace na dané stránce a nenašel je, problém se projevil vysokým počtem krátkých fixací. Dále se element zdál být interaktivní, avšak nešlo na něj kliknout. V metrikách se objevily dlouhé fixace na konkrétní zavádějící element. Těchto příkladů je v práci vícero, avšak hlavním sdělením je význam kombinace a hledání ověřitelných vzorců chování uživatele a následné korelace s ET metrikami (Ehmke & Wilson, 2007b).

V práci Weichbrotha a spol. 43 participantů plnilo po jednom úkolu na třech odlišných informačních stránkách v sekvenci určené pomocí ET softwaru. Cílem práce bylo analyzovat chování uživatelů za pomoci ET techniky a Think aloud metody. Výsledky potvrdily, že při přímé kombinaci obou metod je možné identifikovat konkrétní problémy v použitelnosti stránek a hledat tak případná doporučení pro redesign. Navíc je práce ve shodě se zde již uvedeným výčtem klíčových objektů na stránce, které uživatelé vnímají přednostně při plnění úkolů spojených s vyhledáváním informací a konkrétní akcí (Weichbroth et al., 2016).

Výzkum použitelnosti za pomoci ET je možné aplikovat na kompletní škálu internetových projektů a typů stránek. Výjimkou nejsou ani stránky muzeí, jako je tomu např. v práci Šuminase a Gudinavičiuse. Článek se opírá o model použitelnosti ISO 9241-11 a kombinuje dotazníkovou metodu s analýzou metrik ET pro identifikaci problémů s použitelností stránek, zejména s důrazem na kvalitu a efektivnost vyhledávání informací.

Tato studie potvrzuje jednak potřebu ET evaluace doplňovat dalšími formami testování. Zároveň se nezájatě staví k tomu, že ET může sloužit ke kvalitativnímu potvrzení již předem očekávaných a předjímaných informací např. o tom, že uživatelé budou na stránkách muzea hledat především informace důležité před samotnou návštěvou (Šuminas & Gudiniavičius, 2015). To samo o sobě není na škodu, mnohdy se totiž tato očekávání nemusejí naplnit nebo naopak mohou ze samotného testování vyplynout určité překážky, o kterých nebylo možné uvažovat.

ET metoda má jednu další nespornou výhodu, a tou je kvantitativní boření mýtu v oblasti designu, resp. konkrétně některých obecně přijímaných novinek a módních trendů, které začne produkovat několik předních designérů a firem bez toho, že by došlo k ověření jejich použitelnosti. Jedním z příkladů může být v minulých letech nastoupivší forma přílišného zjednodušování grafických prvků a designu. Tento trend byl nazýván Flat design (plochý design). A skutečně to byla tendence na základě nástupu mobilních technologií a tehdy nového operačního systému Windows 8 co nejvíce graficky zjednodušit uživatelské rozhraní odebráním hloubky a detailu jednotlivých grafických prvků. Tato doba je naštěstí překonána, a to i díky jednoduchému ET experimentu, kde došlo k ověření a publikování, že takto upravená grafika včetně testů nebyla v ničem použitelnější než předchozí přístupy, naopak byla signifikantně horší (Burmistrov et al., 2015).

Další zajímavou cestou, k čemu lze efektivně použít evaluaci za pomoci kombinovaných metod s ET, je validace některých obecně přijímaných paradigmat v oblasti principů grafického designu. Příkladem za vše může být souboj vědecké komunity o to, zda v praxi funguje tzv. Aesthetic-Usability Effect, který neříká nic jiného než že to, co je hezké, se nám lépe používá, resp. máme tendenci jeho používání hodnotit jako jednodušší, než je ve skutečnosti (Linghammar, n.d.). S tímto názorem souhlasil i sám J. Nielsen a mnoho dalších vědců jako Tractinsky (Tractinsky et al., 2000). Naopak kolegové Tuch nebo Quinn ve svých výzkumech potvrdili, že věci, které používáme snadněji, máme tendenci hodnotit jako atraktivnější a hezčí. Možná, že se tyto věci navzájem nevylučují, ale určitě je možné je blíže zkoumat právě za pomoci technologií ET a dalších metod (Quinn & Tran, 2010; Tuch et al., 2012).

Je zřejmé, že ET a testování použitelnosti si vydobylo své právoplatné místo v oblasti základního i aplikovaného akademického výzkumu. Jak lze vidět na uvedených

příkladech, vždy je potřeba pro dosažení co nejkompexnějšího pohledu na danou problematiku správně interpretovat získaná data, a především komplementovat samotnou technologii o potřebné další metody analýzy použitelnosti, ať už heuristického, dotazníkového či Think aloud přístupu.

2.6. Teorie kognitivního zatížení a Eye-tracking

Pokud se spojí zadání klíčových slov³ „Cognitive Load“ a „Eye-tracking“ do databáze Scopus, je od roku 2010 vyhledáno 392 odborných článků a publikací. Z časové analýzy počtů publikací v daném roce od roku 2010 lze vidět, podobně jako u spojení v předchozí kapitole, lineární trend v této oblasti. Opět lze prohlásit, že jedním z důvodů je dostupnost technologií a rozšiřující se možnosti, jak přistoupit k objektivnímu sběru dat kognitivní zátěže uživatele.

John Sweller v roce 1988 přišel s průlomovou teorií o kognitivní zátěži jedince (Cognitive load theory), kterou přímo ovlivňuje uspořádání objektů, jejich vizualizace, formulace instrukcí a náročnost sdělované informace (Sweller, 1988). I díky této práci a práci dalších autorů se z ní stal jeden z nejvýznamnějších modelů pro vývoj efektivního multimediálního prostředí (Semerádová & Weinlich, 2018). Tento model byl dále rozpracován do teorie multimediálního učení, kde informace jsou zpracovávány pomocí dvou kanálů. Na základě této teorie jsou obrazové informace zpracovávány vizuálním kanálem a textové informace kanálem verbálním (Mayer & Chandler, 2001). Zpracování informací může při určité konstelaci vést k přetížení kognitivní kapacity uživatele (Miller, 1956). Komplexita podnětu se odvíjí od tří faktorů: počet prvků, jejich rozdílností a úrovní jednoty mezi prvky (Geissler et al., 2001). Ve vztahu k webovým stránkám lze identifikovat složitost, novost podnětů a interaktivitu jako jejich klíčové atributy (K.-C. Huang & Chiu, 2007). Dle Huanga odkazuje složitost na množství informací, jež stránky předkládají, jako jsou text, hypertextové odkazy, obrázky, animace, video apod., včetně jejich odlišné reprezentace. Další autoři definovali komplexitu webových stránek jako dvoudimenzionální proměnnou. První dimenze je vizuální rozmanitost, která se odvíjí od objektů použitých v rámci webových stránek. Druhá dimenze odkazuje na rozmanitost obsahovou, tedy množství informací obsažených na stránce (Deng & Poole, 2010; Geissler

³ TITLE-ABS-KEY ("Cognitive load" AND "Eye-tracking") AND PUBYEAR > 2009.

et al., 2001). Dnešní internetové stránky obsahují různé druhy multimediálních zpráv obsažených obrazových, textových či sluchových formátů. Podle Swellera vede vnímání shodných informací ve více formátech ke snížení efektivity zpracování této informace, protože uživatel musí vynaložit dodatečné úsilí k jejímu vstřebání (Sweller, 1988). Podle Mayerovy dvoukanálové teorie jsou textové informace nejprve zpracovávány vizuálním kanálem, následně převedeny do zvukové podoby, kterou zpracuje verbální kanál. Díky tomu je např. doporučováno textové informace ve videu nahrazovat mluveným slovem pro omezení redundance procesů zpracování informací. Díky modalitě lze jednotlivé formáty mezi sebou nahrazovat, a tím tak upravovat míru kognitivní zátěže (Mayer & Chandler, 2001; Semerádová & Weinlich, 2018; Sweller, 1994).

Odborná literatura mluví o třech základních typech měření kognitivní zátěže (někdy též nazývanou jako Mental workload):

- Subjektivní metody měření – obvykle prováděny dotazníkovým šetřením na straně uživatelů. Nejpoužívanější techniky jsou NASA TLX (Christensen & Talbot, 1986) a Technika hodnocení subjektivního vytížení neboli SWAT (The Subjective Workload Assessment Technique).
- Metody měření výkonu – tento druh hodnocení se zaměřuje na efektivitu a přesnost plnění konkrétních úkolů ve vztažné soustavě s jejich náročností a komplexitou prostředí. Metrikami mohou být rychlost plnění zadání, chybovost a přesnost dosaženého výsledku.
- Psychofyziologická měření – jsou zacílena na měření změn vnitřního prostředí těla, jeho fyziologických projevů. Tyto změny jsou velmi citlivé a prakticky okamžité, lze je odečíst např. pomocí změn srdeční činnosti, mozkové činnosti, dýchání a kožního odporu.

Galy a další dále popisují konkrétní kognitivní faktory, které přímo ovlivňují míru kognitivní zátěže a samotného výkonu uživatelů (Galy et al., 2012; Sweller, 1988):

- Složitost úkonu – množství úkonů, které si uživatel musí zapamatovat, přímo souvisí s mírou efektivity jejich plnění. Míra chybovosti klesá s menším množstvím úkonů. Tento jev také ovlivňuje množství interakcí s objekty, které uživatel k daným úkonům využívá.

- Časový tlak – složitost úkonu přímo ovlivňuje kognitivní zátěž, nicméně práce pod časovým tlakem spíše přenastavuje vnitřní prostředí člověka, a tím přímo ovlivňuje jeho emoční složku, která má nepřímý vliv na úroveň kognitivní zátěže.
- Zaujetí (Arousal) – míra zaujetí a připravenosti na úkol, která může vycházet i např. z toho, v jaké denní době byl úkol zadán, přímo ovlivňuje mentální výkon. Pokles vzrušení a bdělosti jsou spojeny s poklesem výkonu, zvýšenou srdeční frekvencí a vyšší uvedenou zátěží přímo od respondentů v rámci dotazníku.

Korbach shrnuje možnosti měření objektivní složky kognitivní zátěže na rytmické a tappingové testy, Eye-tracking analýzu a měření Indexu kognitivní aktivity založené na měření dilatace zorniček (Marshall, 2002). Subjektivní dimenzi potom navrhuje měřit již zmíněným NASA TLX testem (Korbach et al., 2018).

Důležité je v této části poznamenat, že moderní Eye-tracking technologie umožňují komplexní analýzu včetně měření rozšíření zornic a tzv. míru mrkání. Pro další fyziologická měření je možné použít například přístroj měřící galvanický odpor kůže či tepovou frekvenci (GSR) (Phukan, 2009). Všechny tyto parametry lze přímo agregovat ve většině dodávaných programů obsluhujících Eye-tracking vybavení (Joseph & Murugesu, 2020).

Některé konkrétní Eye-tracking metriky a jejich spojitost jsou uvedeny v Tabulce 5, převzato z (Korbach et al., 2018).

Tabulka 5 – Fixační metriky a indikátory – vlastní zpracování, převzato z (Korbach et al., 2018)

Metriky	Indikátory
Doba fixace (Duration of fixation)	Delší doba fixace popisuje problémy související s extrahováním informací nebo naznačuje, že objekt je atraktivnější.
Počet fixací (Fixation Count)	Počet fixací na médiu označuje účinnost při vyhledávání informací.
Celkový počet fixací (Total number of fixation)	Celkový počet fixací na stimulu označuje účinnost při vyhledávání informací.
Hustota fixací (Fixation spatial density)	Fixace soustředěná na malé ploše označuje cílené a efektivní vyhledávání
Fixace na AOI (Fixations per area of interest)	Znamená to, že více fixací v určité oblasti je vnímatelnější nebo významnější pro diváka než v jiných oblastech.
Fixace na cíl (On-target Fixation)	Fixace na cíl děleno celkovým počtem fixací. Nižší poměr znamená nižší efektivita vyhledávání.
Čas první fixace na cíl (Time to first fixation ontarget)	Časově první fixace pro každou oblast zájmu na všechny stimuly naznačuje, že objekt nebo oblast má lepší potenciál upoutat pozornost.
Průměrný počet fixací a jejich doby (Average fixation count/duration)	Průměrné trvání fixací v rámci každé oblasti zájmu na všech stimulech. Ukazuje, jak dlouho průměrná fixace trvala.
Hustota fixací (Fixation density)	Je to počet bodů pohledu uvnitř a fixační událost dělená nejmenší oblastí všech zaznamenaných pohledů.
Frekvence fixací (Fixation rate)	Frekvence pohledu z nějakého bodu na druhý. Reprezentuje pozornost uživatele.
Doba setrvání (Dwell time)	Čas strávený ve stejné pozici a oblasti. Označuje měření času, který uživatel zůstane např. na výsledku vyhledávání po kliknutí.
Pohledy (Gaze)	Součet všech dob fixace v rámci specifikované oblasti. Nejlépe se používá k hodnocení pozornosti rozdělené mezi cíli.
Vzorek pohledů (Gaze samples)	Série blízkých bodů pohledu nebo skupiny pohledů v prostoru a čase označuje období, kdy oči jsou upřené směrem k předmětu.
Frekvence změny pozornosti (Attention Switching Frequency)	Měří dynamiku vizuální pozornosti pomocí celkového počtu změn mezi sadou oblastí zájmu za minutu.

Jako příklad využití Eye-tracking technologií a měření kognitivní zátěže ve vztahu k webovým stránkám lze uvést několik studií.

Vliv zaujetí (Arousal) jako zástupce pro měření k pocitu frustrace, kognitivní zátěže, úzkosti a stresu byl zkoumán např. v práci Matthewse a spol. 40 participantů provádělo 3 různé úkoly na třech internetových stránkách. Úkoly byly prováděny za normálního stavu a za stavu, kdy byl úkol přerušen běžně se vyskytujícím stresovým stimulem, jako je např. nečekané selhání systémů, vyskakovací okno s hláškou o neočekávané chybě apod. Za pomoci Eye-tracking metrik a měření dilatace zornic byla potvrzena efektivita této techniky provedení experimentu (Matthews et al., 2020).

V oblasti online nakupování byl proveden např. výzkum za pomoci Eye-tracking technologie, který komparoval komplexitu stránek a složitost prováděných úkolů na kognitivní zátěž 42 participantů. Jedním z podstatných zjištění této práce bylo, že složitost prováděného úkolu a jeho kognitivní zátěž se mění v tzv. obrácené U-křivce na základě komplexity samotného stimulu tedy webové stránky. Implikace tohoto výzkumu může být návodná pro manažery webových obchodů. Jejich cílem by měla být schopnost adaptabilně upravovat komplexitu webového rozhraní na základě úmyslů jejich uživatelů potažmo zákazníků (Q. Wang, Yang, Liu, et al., 2014).

Měření Eye-tracking a kognitivní teorii lze též aplikovat na výzkum důležitých částí internetového obchodu, jako je např. typ uspořádání formátu informací u výpisu produktu. Uživatelé plnili jednoduchý a složitý typ úkolu. Zaznamenány byly signifikantní rozdíly v kognitivní zátěži a Eye-tracking metrikách jak ve složitosti úkolů, tak mezi jednotlivými typy výpisu informací (Zhang et al., 2017).

Navzdory všem uvedeným příkladům úspěšné aplikace zmíněných teorií někteří autoři poukazují na stále nejasné přímé spojení měření kognitivní zátěže a hodnocení použitelnosti webových stránek (Longo & Dondio, 2015). Stále jsou zde výzvy v podobě hledání ideální kombinace v přístupu ke sběru dat, vhodnosti modelů a jejich interpretace vzhledem k dané problematice. Tato mezera však nabízí příležitost k budoucímu bádání a ověřování různých variací přístupu k měření použitelnosti internetových stránek a identifikace problémů za pomoci teorie kognitivní zátěže (Longo & Dondio, 2015).

3. Cíle disertační práce

V této zásadní době digitálního pokroku se oblast interakce člověka s počítačem (HCI) ukazuje jako kritická disciplína pro návrh a vyhodnocení technologických rozhraní, která jsou nejen funkční, ale také intuitivní a příjemná pro uživatele. HCI není izolovaným studijním polem; je neodmyslitelně spojeno s použitelností a uživatelskou zkušeností (UX), což jsou faktory, které přímo ovlivňují úspěch jakéhokoliv online prostředí a aplikace. Vzhledem k těmto skutečnostem jsem si stanovil následující výzkumné cíle, podle kterých je text a struktura práce formována.

Prvním cílem je poskytnout hlubší pohled na HCI se zvláštním důrazem na použitelnost a UX. Volba toho výzkumného cíle je motivována snahou o pochopení hlubších aspektů toho, jak uživatelé interagují s digitálními technologiemi a jak tyto interakce formují jejich každodenní zkušenosti.

Druhým cílem je testování možností technologie Eye-trackingu jako nástroje pro hledání klíčových aspektů uživatelského chování. Výhodou této technologie je, že umožňuje získávat detailní a objektivní údaje o tom, jak uživatelé navigují a vnímají online obsah. Tento přístup by mohl představovat významný posun ve způsobu, jakým sledovat a interpretovat uživatelské interakce s webovými stránkami a digitálními rozhraními.

Ve snaze o ucelený pohled na UX budeme dále sledovat, jak různé designové prvky – od pohlaví zobrazených osob na obrázcích až po styl prezentace produktů – ovlivňují uživatelskou zkušenost. Cílem je identifikovat, jak různé subjektivní a objektivní faktory společně ovlivňují vnímání uživatele a jaké změny mohou vést k významným vylepšením vzhledu a UX webových stránek.

Další cíle této práce zahrnují rozvoj nového modelu EMLI pro měření mentální zátěže uživatele webových stránek, což může být klíčové pro optimalizaci HCI, a dále navržení kombinované metodologie pro testování UX integrující Eye-tracking a uživatelské testy. Tyto inovace vycházejí z mých zkušeností a odborné znalostí a jsou navrženy tak, aby poskytly robustní a praktický rámec pro budoucí výzkum.

Tyto cíle nejen určují strukturu této práce, ale také poskytují směr a motivaci pro budoucí výzkum v rychle se vyvíjející oblasti HCI. Následující části této disertace popisují tři

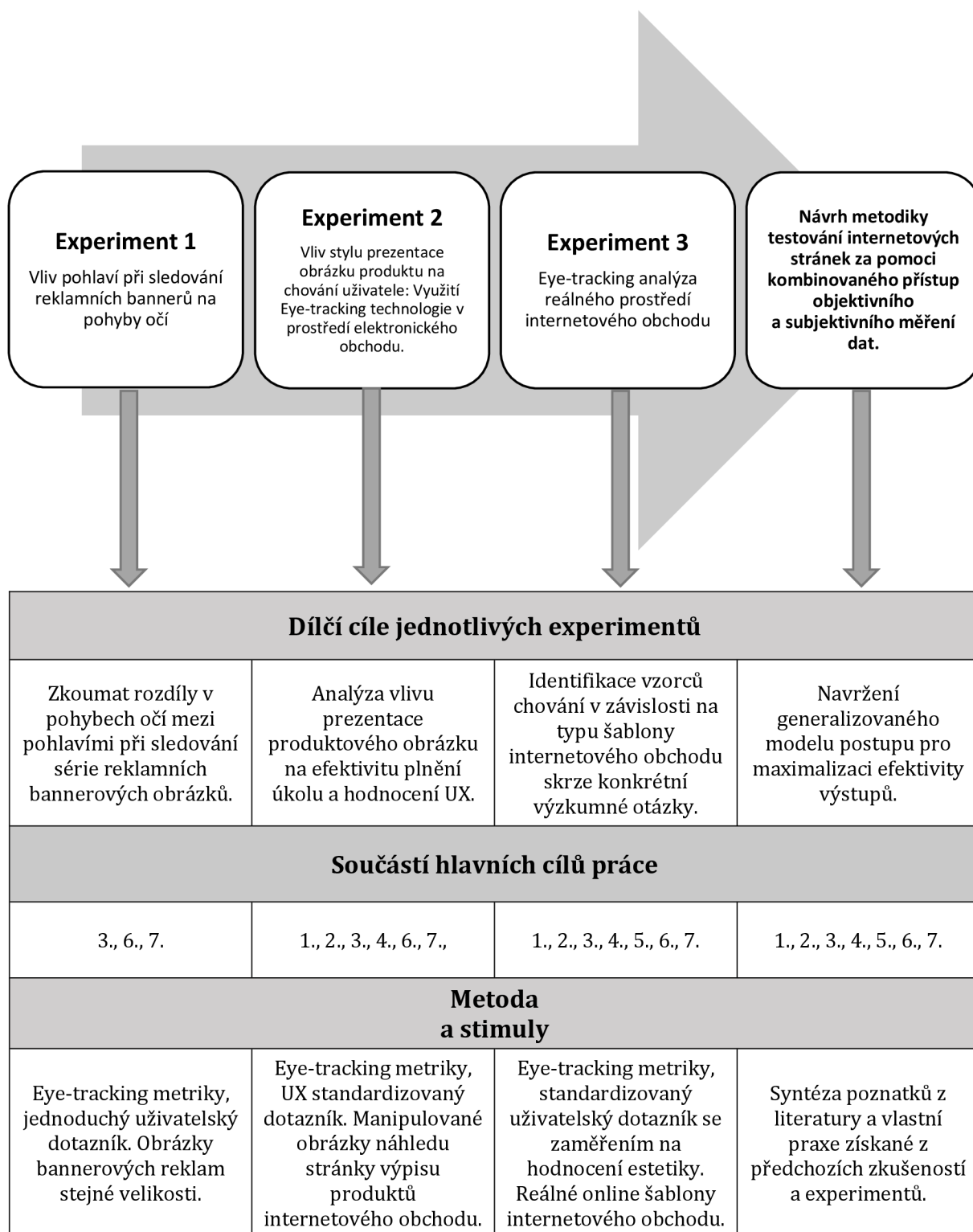
provedené experimenty, které byly zkonstruovány tak, aby postupně umožňovaly odpovídat na výše uvedené výzkumné. Shrnutí hlavních cílů práce

Hlavními pilíři této práce jsou tři samostatné experimenty, které však na sebe navazují a reprezentují kontinuální zájem autora v oblasti testování a analýzy HCI z několika různých úhlů pohledu v souladu s literaturou a při současném stavu vědeckého bádání, které se zaměřuje na využití technologie Eye-trackingu v úrovních testování použitelnosti a UX webových stránek.

Zde je výpis hlavních cílů:

- 1. Poskytnout hlubší pohled na interakci člověka s počítačem (HCI) s důrazem na použitelnost a uživatelskou zkušenost (UX).**
- 2. Využít technologii Eye-trackingu k identifikaci klíčových aspektů uživatelského chování, umožnit detailní analýzu interakce s internetovými stránkami a identifikovat důležité prvky, které ovlivňují uživatelské vnímání a rozhodování.**
- 3. Zkoumat, jak různé aspekty, včetně pohlaví uživatele a stylu prezentace produktových fotografií, mohou formovat uživatelskou zkušenost a jak mohou tyto informace být využity ke zlepšení vzhledu a UX webových stránek.**
- 4. Zkoumat efektivitu, s jakou uživatelé plní úkoly na webových stránkách, a hodnotit estetiku, která hraje významnou roli ve vnímání a přijetí webu uživatelem.**
- 5. Vytvořit nový model EMLI, který reprezentuje přístup k výpočtu mentální zátěže na základě metrik sledování pohybu očí, který může po validaci sloužit jako efektivní nástroj pro hodnocení kognitivní zátěže v HCI studiích.**
- 6. Navrhnout metodologii pro kombinované testování uživatelské zkušenosti, která integruje Eye-tracking a metodiku uživatelských testů.**
- 7. Přispět k vědecké komunitě HCI poskytnutím promyšlených nástrojů a postupů pro lepší porozumění a zlepšení uživatelského chování a položit základ pro rozšíření výzkumu v této rychle se vyvíjející oblasti.**

3.1. Struktura praktické části disertační práce



Obrázek 3 – Struktura praktické části disertační práce – vlastní zpracování

4. Experiment 1 – Vliv pohlaví při sledování reklamních bannerů na pohyby očí

Existují důkazy o rozdílech v pohybu očí mezi pohlavími při sledování vizuálních podnětů. Tyto závěry však pocházejí převážně ze studií, kde byly použity různé druhy erotických podnětů (Lykins et al., 2006). Existuje omezené množství studií (Hwang & Lee, 2018), které zdokumentovaly rozdíly ve vizuálním vnímání při online nakupování mezi pohlavími. Některé studie se zaměřují na vnímání různých typů podnětů, např. na efekty sledování postav na obrázku bez ohledu na pohlaví účastníků (Palcu et al., 2017).

Nicméně v posledních letech byla provedena řada Eye-tracking studií, které se zaměřily na rozdíly u pohlaví v interakci s internetovými stránkami. V kontextu online nakupování naznačují předchozí studie, že pohlaví ovlivňuje strategie vizuálního zpracování (Bergström, 2015; Hwang & Lee, 2018). Jiná studie prezentovaná na konferenci AMCIS 2007 se zaměřila na roli pohlaví ve web designu a zjistila, že muži a ženy reagují odlišně na různé designové prvky webových stránek (Djamasbi et al., 2007).

Navíc byl prozkoumán vliv pohlaví na vizuální pozornost vůči informacím při online nakupování a jeho vliv na postoje k zobrazeným produktům. Tato studie identifikovala významné pohlavní rozdíly ve vizuální pozornosti k informacím o online nakupování a nákupních postojích (Hwang & Lee, 2018). Experti také poukazují na nutnost používání Eye-trackingu k prozkoumání skutečného chování uživatelů na online platformách s designem přizpůsobeným pro dané pohlaví. Ve studii, která se věnovala použitelnosti webových stránek, bylo zjištěno, že více mužů, než žen upřednostňuje organizaci a rozložení webové stránky a jsou schopni se webovou stránkou snadněji navigovat. Byly také hlášeny rozdíly mezi pohlavími v designových preferencích, včetně tvarů a barev, a v názorech na to, co je vizuálně přitažlivé (Zaharia et al., 2017).

Zde prezentovaný experiment prozkoumává interakci pohlaví účastníků na reklamním banneru samotném bez rušivých prvků. Výzkumy naznačují, že pohlavní rozdíly ve vizuálním vnímání a strategiích pohybu očí mohou mít dopad na to, jak uživatelé reagují na reklamní bannery a jak jsou ovlivněny jejich postojem k zobrazeným produktům. Tento experiment tak přispívá k rozšíření pochopení těchto pohlavních rozdílů v

digitálním prostředí, což může mít praktické dopady na design webových stránek a online reklamní strategie.

4.1. Cíle předkládaného experimentu

Tento experiment má za cíl zkoumat rozdíly v pohybech očí a subjektivním hodnocení přívětivosti mezi pohlavími při sledování série reklamních bannerových obrázků. Na základě literatury a předchozích studií byl očekáván významný rozdíl mezi mužskými a ženskými účastníky v reakci na dvě konkrétní verze reklamního banneru v závislosti na tom, zda banner obsahuje portrét ženy nebo muže. Zvláštní pozornost byla věnována tomu, jak pohlaví osoby zobrazené na banneru ovlivňuje vizuální pozornost a subjektivní hodnocení přívětivosti banneru a zda je tento vliv modifikován pohlavím pozorovatelů.

V souladu s předchozími studiemi v oblasti vizuální pozornosti a online nakupování bylo předpokládáno, že rozdíly ve vizuální pozornosti a hodnocení přívětivosti budou významné mezi mužskými a ženskými účastníky. Experiment byl také zaměřen na pozornost, jak design banneru a pohlaví osoby zobrazené na banneru mohou ovlivnit vizuální pozornost a hodnocení přívětivosti. Výsledky tohoto experimentu poskytují důležitý příspěvek k pochopení toho, jak pohlaví osoby zobrazené na reklamním banneru a pohlaví pozorovatelů ovlivňují vizuální pozornost a subjektivní hodnocení přívětivosti v online prostředí, což může mít významné důsledky pro design webových stránek a online reklamní strategie.

Tento experiment přináší významný příspěvek k dosažení hlavních cílů disertační práce, zejména v oblasti zkoumání interakce mezi pohlavím a typem prezentovaného vizuálního stimulu. Zvláštní pozornost je věnována pohlaví zobrazenému na obrázcích. Kromě toho experiment poskytuje základní materiály pro vývoj metodiky testování internetových stránek pomocí Eye-tracking technologie. Toto zahrnuje výběr vhodných statických stimulů a definování postupu testování.

4.2. Metody

4.2.1. Vzorek

Experimentu se zúčastnilo 106 osob (53 žen) ve věku 18–31 let ($SD = 2.27$, $SE_M = 0.22$).

Tabulka 6 – Shrnující statistika mezi skupinami bannerů s mužem a ženou – vlastní zpracování

Proměnná (banner)	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>SE_M</i>
Fixace na osobu				
MUŽ	2.21	1.78	53	0.24
ŽENA	3.45	1.80	53	0.25
Fixace na celý banner				
MUŽ	19.57	3.54	53	0.49
ŽENA	18.81	3.32	53	0.46
Fixace na text				
MUŽ	16.17	4.14	53	0.57
ŽENA	14.17	3.29	53	0.45

4.2.2. Stimulační materiál

Dvě sady reklamních bannerů A a B s tématem reklamy na realitní agenturu:

- Sada A: 13 bannerů (stejně pro obě skupiny), 1 verze s portrétem ženy
- Sada B: 13 bannerů (stejně pro obě skupiny), 1 verze s portrétem muže



Obrázek 4 – Stimuly – vlastní zpracování

4.2.3. Zařízení

Pohyby očí byly zaznamenávány binokulárně pomocí sledovače očí Tobii X2-60 s vzorkovací frekvencí 60 Hz.

4.2.4. Postup

Participantů byli na začátku seznámeni, že bude probíhat experiment sledování pohybu jejich očí. Dále byli usazeni do pro ně pohodlné pozice a instruováni, že veškeré další informace budou na obrazovce. Po kalibraci následoval samotný experiment. Uživatelům byla skrze obrazovku předána tato instrukce: *„Zúčastníte se výzkumu pohybu očí, týkající se kvality a vizuální přitažlivosti reklamních bannerů realitních společností. Mezi jednotlivými bannery se zobrazí kalibrační kříž, který je potřeba sledovat...“*.

4.2.5. Design

Účastníci byli náhodně rozděleni do dvou skupin a byl použit meziskupinový design, kde ve skupině A 26 žen a 27 mužů vidělo první verzi sledovaného banneru s portrétem muže. Ve skupině B 27 žen a 26 mužů vidělo druhou verzi banneru s portrétem ženy. V každé skupině bylo všem účastníkům náhodně přiřazeno všech 14 obrázků. Každý podnět byl zobrazen po dobu 7 s. Před každým podnětem byl zobrazen kalibrační kříž. Jednalo se o meziskupinový design s jednou závislou proměnnou. Výzkumné otázky byly testovány za pomoci meziskupinové analýzy rozptylu (ANOVA) včetně příslušného testování předpokladů její vhodnosti. Po ukončení Eye-tracking experimentu byl uživatel požádán, aby se přesunul k vyplnění krátkého uživatelského dotazníku hodnocení přitažlivosti jednotlivých bannerů. Obrázky měl po celou dobu k dispozici před sebou pro jejich dodatečné porovnání.

4.2.6. Měření pohybů očí

Jako závislá proměnná byl vybrán průměrný počet fixací v rámci obrázků banneru. Nezávislou proměnnou potom tvořila reprezentace reklamního banneru mužskou nebo ženskou postavou.

4.3. Výsledky

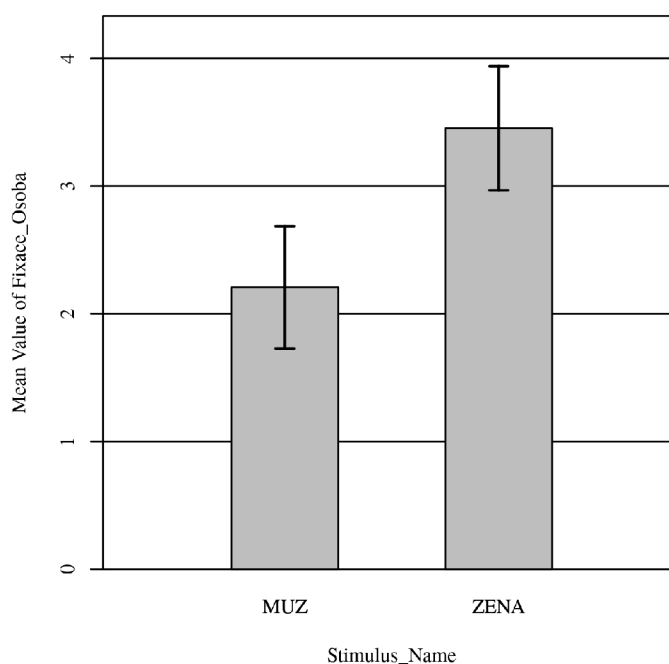
Analýza rozptylu (ANOVA) byla provedena se stanovenou hodnotou $\alpha = 0,05$. Výsledky ANOVA byly statisticky významné, $F(3, 102) = 4,21, p = 0,008$, což naznačuje významné rozdíly ve fixaci na oblast osoby (levá část banneru) mezi oběma bannery, které byly definovány jako MUŽ nebo ŽENA (Obrázek 4). Interakční efekt mezi pohlavím pozorovatelů a bannery nebyl statisticky významný, $F(1, 102) = 0,05, p = 0,816, \eta_p^2 = 0,00$, což ukazuje, že pro každou kombinaci úrovní faktorů pohlaví a bannerů neexistují významné rozdíly ve fixacích na osobu na bannerech. Nicméně hlavní efekt osoby na banneru byl statisticky významný, $F(1, 102) = 12,57, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,11$, což ukazuje, že existují významné rozdíly ve fixacích mezi úrovněmi bannerů. Průměry a směrodatné odchylky jsou prezentovány v Tabulka 7.

Pro korekci vlivu více srovnání na míru chyby byla použita úprava p-hodnoty Tukey HSD. Pro hlavní efekt bannerů byl průměrný výsledek fixace u osoby MUŽ ($M = 2,21, SD = 1,78$) statisticky významně nižší než u ŽENA ($M = 3,45, SD = 1,80$), $p < 0,001$. Tato analýza demonstruje, že ačkoli pohlaví pozorovatelů nemělo významný vliv na fixaci, typ obrázku reprezentovaný pohlavím subjektu na obrázku měl významný vliv na délku fixace pozorovatelů.

Tabulka 7 – Průměry fixací mezi bannery

Kombinace Pohlaví/stimul	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>
Muži: Banner MUŽ	2.15	1.71	26
Ženy: Banner MUŽ	2.26	1.87	27
Muži: Banner ŽENA	3.48	1.60	27
Ženy: Banner ŽENA	3.42	2.02	26

Graf 1 – Průměrné fixace banneru varianty s mužem a ženou na AOI osoby



4.4. Subjektivní hodnocení přívětivosti testovaných bannerů

4.4.1. Úvod

Součástí stejné experimentu bylo zároveň jednoduché subjektivní nezávislé hodnocení přívětivosti vybraných bannerů. Toto hodnocení provedli jiní uživatelé, nežli se účastnili samotného testování. Pro zjednodušení byla zvolena pouze jedna otázka v souladu s metodikou NPS (Net Promote Score) (Reichheld, 2003).

4.4.2. Cíle

Suplementární analýza zaměřená na hlavní cíle experimentu se věnuje porovnání subjektivního hodnocení atraktivity vybraných reklamních bannerů z perspektivy uživatelů. Nezávislé hodnocení poskytuje indikaci, zda mohou výsledky získané sledováním očních pohybů být ovlivněny stupněm subjektivního vnímání atraktivity daného stimulu.

4.4.3. Metoda

Každý zúčastněný postupně prohlížel jednotlivé bannery a každému následně přiřadil jednu vybranou odpověď ze škály v Tabulce 8.

Tabulka 8 – Legenda otázky k hodnocení bannerů

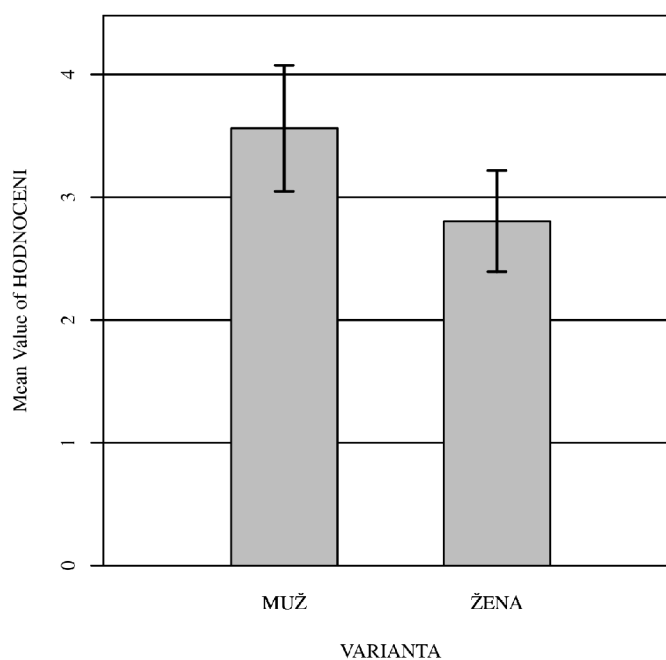
1	2	3	4	5	6	7
Velmi nepřívětivý	Nepřívětivý	Spíše nepřívětivý	Nedokážu posoudit	Spíše přívětivý	Přívětivý	Velmi přívětivý

4.4.4. Vzorek

Experimentu se zúčastnilo 82 osob (40 žen) ve věku 18–28 let ($SD = 1.99$, $SE_M = 0.22$).

4.4.5. Výsledky

Graf 2 – Průměrné hodnocení banneru varianty s mužem a ženou – vlastní zpracování



Z výsledků analýzy ANOVA vyplývá, že nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v hodnocení obou variant bannerů v závislosti na pohlaví, a to ani na hlavní úrovni, $F(3, 78) = 1,78$, $p = ,157$, ani v interakci mezi pohlavím a variantou banneru, $F(1, 78) = 0,31$, $p = ,578$, $\eta^2_p = 0.00$. Nicméně byl identifikován statisticky významný rozdíl mezi skupinami na úrovni samotné varianty banneru, $F(1, 78) = 5,04$, $p = ,028$, $\eta_p^2 = 0,06$. Konkrétně bylo zjištěno, že v rámci hlavního efektu varianty byl průměrný výsledek hodnocení u variantu Muž ($M = 3,56$, $SD = 1,67$) statisticky významně vyšší než varianty Žena ($M = 2,80$, $SD = 1,35$), $p = ,029$.

4.5. Závěr

Výsledky experimentu poskytují hlubší vhled do toho, jak pohlaví osoby zobrazené na reklamním banneru a pohlaví pozorovatelů ovlivňují vizuální pozornost a subjektivní hodnocení přívětivosti banneru. Analýza ANOVA ukazuje, že interakční efekt mezi pohlavím pozorovatelů a bannery nebyl statisticky významný, což naznačuje, že pohlaví pozorovatelů nemělo významný vliv na fixaci. Na druhou stranu, hlavní efekt pohlaví osoby na banneru byl statisticky významný, což ukazuje, že pohlaví osoby na banneru mělo významný vliv na fixaci pozorovatelů.

Co se týče subjektivního hodnocení přívětivosti bannerů, výsledky analýzy ANOVA ukázaly, že nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v hodnocení obou variant bannerů v závislosti na pohlaví pozorovatelů. Nicméně byl identifikován statisticky významný rozdíl mezi skupinami na úrovni samotné varianty banneru, kde banner s mužem byl hodnocen jako přívětivější ve srovnání s bannerem se ženou.

Tato zjištění jsou v souladu s předchozími studiemi, které ukazují, že pohlaví osoby zobrazené na reklamních materiálech může ovlivnit vizuální pozornost a hodnocení pozorovatelů (Djamasbi et al., 2007; Hwang & Lee, 2018). Některé studie v oblasti online nakupování ukázaly, že pohlaví může ovlivnit vizuální pozornost a postoje k zobrazeným produktům. Tento experiment rozšiřuje tyto poznatky tím, že ukazuje, jak pohlaví osoby zobrazené na reklamním banneru může ovlivnit vizuální pozornost a subjektivní hodnocení přívětivosti banneru.

Závěrem lze konstatovat, že provedený experiment poskytuje důležitý příspěvek k pochopení toho, jak pohlaví osoby zobrazené na reklamním banneru ovlivňuje vizuální pozornost a hodnocení přívětivosti pozorovatelů v online prostředí. Zatímco pohlaví pozorovatelů nemělo významný vliv na fixaci ani na hodnocení přívětivosti banneru, pohlaví osoby na banneru mělo významný vliv, což poskytuje cenné informace pro tvůrce reklam a designéry webových stránek, kteří se snaží maximalizovat vizuální pozornost a angažovanost uživatelů, stejně jako pozitivní hodnocení jejich reklamních materiálů.

4.6. Limity a budoucí výzkum

Důležitým omezením tohoto experimentu je stratifikovaný výběr populace složené ze studentů konkrétní fakulty s věkovým omezením 18–31 let. Pro další výzkum v oblasti gender rozdílů bude vhodné zahrnout náhodný výběr nebo cílení na konkrétní věkové segmenty. Dalším omezujícím faktorem je samotná volba stimulů, jež jsou limitovány svým rozměrem, který může při technologickém omezení přístroje pro měření očních dat vykazovat nepřesná měření na malých prostorech. Zejména svou roli (i přes adekvátně zvolené AOI) může hrát tzv. „Central bias“, který odkazuje na tendenci pozorovatelů zaměřit se na střed obrazu, když jej sledují na obrazovce. Tento jev byl pozorován nejen ve statických situacích, ale také při mobilním sledování očního pohybu během venkovní navigace (Sharma & Abrol, 2016). Proto by v budoucím zkoumání měly být bannery testovány v kontextu určitého prostředí, které je pro ně typické, jako třeba webové stránky nebo letáky. Dále by mělo být ve studii zahrnuto více sledovaných bannerů, které by obsahovaly více osob s odlišnými rysy a oblečením, tak aby se eliminoval vliv osobních preferencí respondentů.

5. Experiment 2 – Vliv stylu prezentace obrázku produktu na chování uživatele: Využití Eye-tracking technologie v prostředí elektronického obchodu

V současnosti je možné sledovat nebývalý růst trhu v oblasti e-komerce (Samuel Huba, 2023). Jeho příčiny lze hledat mimo jiné i v neustálém vývoji moderních technologií a zařízení, skrze které je možné samotné nákupy uskutečňovat. Na druhé straně jde i o neustálý konkurenční boj, který tlačí firmy k optimalizaci internetových stránek, tak aby se co nejvíce přiblížily potřebám uživatele a nabídly tak co možná nejlepší uživatelskou zkušenost (UX). Jednou oblastí optimalizace je hledání ideálního poměru vizuální atraktivity a samotné použitelnosti internetových stránek. V oblasti e-komerce se tato optimalizace vztahuje i na roli produktových fotografií, které mohou mít významný vliv na uživatelské rozhodování (Xia et al., 2020). Touto otázkou se zabývá i provedený experiment.

5.1. Design produktové fotografie

Hlavní formou prezentace produktů v rámci internetového obchodu jsou produktové fotografie. Produktová fotografie se používá v různých online a offline marketingových aktivitách, včetně brožur, letáků, digitálních reklam, webových stránek a zejména v oblasti e-komerce. V online obchodování zaujímají produktové fotografie klíčovou roli, neboť umožňují uživatelům získat lepší představu o vlastnostech a stavu produktu, což kompenzuje možnost přímého prozkoumání produktu (Chung et al., 2012). Navíc fotografie produktů představují efektivní nástroj pro přidávání emocionálních prvků do reklamních kampaní a přenášení emocí, čímž přispívají k vytváření nehmotných hodnot produktu nebo služby (Pereira et al., 2023).

Kvalita produktové fotografie může významně ovlivnit zákaznický postoj a chování na daném obchodě (Goswami et al., 2012). Ovlivňuje dojem, jak kvalitní je produkt, nebo dokonce obchod samotný (Maier, 2019). V samotném důsledku mohou produktové fotografie ve spojení s dalšími atributy obchodu vést k navýšení prodejů (Xia et al., 2020). Atraktivní produktová fotografie je důležitá při představení produktu a motivování potenciálních zákazníků k jeho nákupu. Kvalita designu a provedení obrázků by měla být

konzistentní s konceptem a designem samotného e-shopu a měla by též korespondovat s typem produktu, který prezentují. Obrázky produktů se v rámci e-shopů objevují na různých místech, včetně reklamních bannerů, menu, kategorií, filtrů, vyhledávání, detailů produktů a seznamů produktů (Nelson Rojas, 2023). Stránky se seznamem produktů jsou často nejvíce exponovanou částí e-shopů a hrají zásadní roli v procesu výběru a nákupu produktů, a proto je kvalita jejich designu důležitým faktorem ovlivňujícím uživatelské chování a zážitek (Schmutz et al., 2010).

Výzkumné práce zkoumaly nejen například světelné podmínky, kontrast, hloubku ostrosti a kompozici (Aydinoğlu & Cian, 2014; Berni et al., 2020; Hassenzahl et al., 2015; Li et al., 2014; Maier, 2019; K. Wu et al., 2016), ale i širší spektrum faktorů, které úzce souvisí se vztahem jejich vnímání uživateli, jako je uživatelské vnímání sebe sama, pragmatickou či hédonickou kvalitu, emoční valenci, konzistenci, komplexitu, informační hodnotu, sociální presence (Li et al., 2014), apod. Některé práce (Spathis, 2016) rozšiřují hodnocení kvality fotografií na základě strojově zpracovatelných dat a navrhují modely pro komplexní hodnocení kvality vizuálního obsahu.

V současné době se při návrhu stránek s výpisem produktů často uplatňuje osvědčené know-how z praxe. Webdesignéři mají obvykle omezené možnosti při navrhování tohoto výpisu, neboť často využívají komerčních šablonových řešení, která nabízejí standardy, jež jsou nejběžněji používané a ověřené na trhu. Tato osvědčená praxe obvykle vychází z měření úspěšnosti prodejů, analýzy dat o uživateli a v některých případech z A/B testování. Samotné fotografie produktů jsou často zkoumány a hodnoceny minimálně, přičemž se předpokládá, že fotografie splňují požadovaná kritéria pro jejich vytvoření. Výzkumné studie by mohly přispět k lepšímu porozumění vlivu designu obrázků produktů na uživatelské chování a výkonnost e-shopů.

5.2. Úloha lidských modelů na produktové fotografii

U webdesignérů hraje významnou roli rozhodování, jak prezentovat v internetovém obchodě své produkty. Krom samotné kvality produktové fotografie (Maier, 2019) je další významnou otázkou, zda produkty prezentovat společně s lidskými modely, bez jiných objektů na neutrálním nebo průhledném pozadí, či kombinovanou formou. To se týká zejména produktových fotografií oděvů nebo módních doplňků. Výsledek těchto rozhodnutí může mít přímý vliv na úspěšnost prodeje (Chung et al., 2012). V případě

zmíněné studie se jedná o e-shopy nabízející produkty, které lze prezentovat jak samostatně, tak s lidskými modely. Oděvy prezentované na lidských modelech mohou pomoci zákazníkům lépe si představit, jak bude oblečení vypadat, když je nosí člověk s podobnou postavou, jakou mají oni sami (Harsojo et al., 2022). Použití fotografií s lidskými modely může také pozitivně ovlivnit vnímání atraktivity obchodu, i když vztah mezi tímto prvkem a důvěrou není zcela jasný (J. Wang et al., 2019). Na druhou stranu se v zobrazeném produktu na lidském modelu mohou lišit preference zákazníků s různou mírou sebevědomí (Aydinoğlu & Cian, 2014). Je také důležité poznamenat, že použití modelu na fotografiích může zvyšovat vizuální komplexitu podnětu, což může mít důsledky pro kognitivní zátěž uživatelů (Geissler et al., 2001; Nadkarni & Gupta, 2007; Schmutz et al., 2010; Q. Wang, Yang, Wang, et al., 2014).

5.3. Eye-tracking a produktové fotografie

Rozvoj technologií Eye-tracking umožňuje detailněji zkoumat mnoho různých faktorů jak na straně uživatele, tak na straně designu elektronického obchodu. V oblasti interakce člověka s počítačem (HCI) (Ball, 2006) překryvem do marketingové sféry se sledování pohybu očí (Eye-tracking) jeví jako ceněný a stále více využívaný nástroj (Białowas & Szyszka, 2019). Jeho rozsáhlé využití je založeno především na schopnosti aplikovat a analyzovat kvantitativní data z jednotlivých biometrik registrujících oční pohyby. Nespornou výhodou metody Eye-tracking je objektivita sledovaných dat, možnost sledovat vědomé i nevědomé chování uživatelů (Khachatryan & Rihn, n.d.) a také možnost kombinace s dodatečným subjektivním hodnocením chování uživatelů či hodnocením samotných vizuálních prvků stránek (Białowas & Szyszka, 2019). Eye-tracking umožňuje sledovat uživatelskou percepci a reakce na produkty v reálném čase, což konvenční metody (např. rozhovory, focus skupiny, dotazníky) často nedokážou, protože jsou závislé na ochotě a schopnosti uživatelů popsat své pocity při interakci s produktem. Základní metriky, jako je třeba počet a doba očních fixací, mohou na jedné straně vypovídat o složitosti vizuálního podnětu, nebo naopak mohou indikovat náročnost prováděného úkolu. Rovněž mohou vypovídat o kognitivní zátěži, která má mnoho doplňujících parametrů, a jejichž pochopení může poskytnout technickou podporu designérům produktů. Takto vylepšené webové stránky mohou přilákat více spotřebitelů k vyzkoušení produktu či k jeho nákupu (Q. Wang, Yang, Liu, et al., 2014). To

dokumentovala například studie (Abdullah et al., 2020; Guo et al., 2016), kde změny provedené na stejných obrázcích ovlivnily pohyb očí, konkrétně to, jak osoby změnily dobu pohledu na produkt, kam nejprve pohlédly a jak se změnilo rozšíření jejich zornic.

V oblasti analýzy konkrétních vlivů změn prezentace produktových obrázků je metoda sledování pohybů očí více zaměřená na cílenější porovnávání subjektivního a objektivního hodnocení a efektu na lidské chování. V práci (Seo et al., 2012) byly oční metriky použity ke zkoumání vlivu zobrazení dvou detailů produktů doplněných o lidský prvek. Bylo zjištěno, že vizuální pozornost (vyjádřena délkou fixace očí na lidský prvek a produkt) a nákupní záměr byly nejvyšší pro skupinu, které byly prezentovány produkty nejpřitažlivější značky společně s lidským prvkem. V následující studii (Q. Wang, Yang, Wang, et al., 2014) byly využity Eye-tracking metriky, jako je počet fixací nebo rozšíření zornic k potvrzení, že produktové obrázky kombinované s lidským modelem mohou vyvolat pozitivní emoce u účastníků, což následně pozitivně ovlivnilo jejich postoj k nákupu na webových stránkách. Konkrétně produktové obrázky s lidským modelem nejprve vedly k vyšší vizuální přitažlivosti a vnímané sociální přítomnosti, což vyvolávalo vyšší úroveň potěšení a následně pozitivní postoj k webovým stránkám. Autoři také zmiňují, že samotný druh produktu v souvislosti s použitím lidského modelu významně zvyšoval úroveň vizuální přitažlivosti, když byl integrován do obrázků produktů určených pro zábavu než do užitkových produktů, a zároveň typ produktu ovlivnil to, zda uživatelé více sledovali daný obrázek nebo informace o něm (Cai & Xu, 2011).

5.4. Měření výkonu uživatele

Nielsen (2012) definuje výkon uživatele jako schopnost či efektivitu pochopit a osvojit si zvolený design a rychlost, s jakou dokáže vykonat zadaný úkol v daném prostředí. Rychlost vykonání úkolu je možné měřit nejjednodušším, ale ne příliš přesným způsobem, tedy pomocí stopek nebo vytvořením videozáznamu za pomoci vytvoření časových razítek, analýza dat je však časově náročná. Zjednodušením může být použití speciálního software pro automatickou analýzu takto získaného záznamu např. SnagIt, Camtasia, Morae, (Sauro, 2016). Metoda Eye-tracking umožňuje měřit výkon uživatele pomocí registrování doby potřebné ke splnění úkolu (Holden et al., 2016; Kurzhals et al., 2014; Saha et al., 2023), dále pak pomocí počtu očních fixací, které uživatel během této doby vykonal. Dále může uživatelský výkon v kontextu použitelnosti být hodnocen v aspektech,

jako je třeba kvalita úkolového plnění, ale i mentální zatížení při dokončení úkolu či počet vzniklých chyb.

5.5. Eye-tracking, uživatelská zkušenost (UX) a použitelnost

Termín „uživatelská zkušenost“ (resp. uživatelský zážitek, UX) znamená souhrn veškerých minulých, současných i budoucích prožitků uživatele v interakci s vybraným prostředím, všechny aspekty interakce koncového uživatele se společností, jejími službami a jejími produkty (Norman & Nielsen, n.d.). Tento termín úzce souvisí s použitelností (Nielsen, 2012). Půžitelnost a UX jsou klíčovými koncepty při návrhu a hodnocení produktů či systémů určených pro lidské použití (Sauro, 2016). Uživatelská zkušenost je klíčovým faktorem pro hodnocení kvality designu produktu. Výzkum uživatelské zkušenosti může pomoci designérům zlepšit uživatelskou zkušenost a je třeba integrovat každý index pro měření uživatelské zkušenosti (Guo et al., 2016). Během fáze vyhledávání produktu v online obchodě si spotřebitelé typicky prohlížejí přehledy produktů, kde musí rozhodnout, zda produkt dále prozkoumat a které produkty hodnotit, a např. jejich nesourodost a nekonzistence negativně ovlivňují efekt plynulosti prohlížení a následné hodnocení (Lee & Choi, 2019; Maier, 2019). Produkty s vyšší uživatelskou zkušeností mohou rychleji přitahovat vizuální pozornost uživatelů bez předem stanoveného cíle a produkty s nižší uživatelskou zkušeností mohou vyvolat větší variaci průměru zornice (Guo et al., 2016). Dlouhodobě je také zkoumán efekt použitelnosti na vliv hodnocení estetiky a naopak (Hassenzahl & Monk, 2010; van Schaik & Ling, 2009). V závislosti na konkrétním kontextu použití se nyní klade důraz rovněž i na emoční faktory, jako jsou potěšení, krása a důvěra (Hassenzahl et al., 2015).

Eye-tracking nabízí možnost, jak ověřovat a kvantifikovat vztahy mezi emocemi, podněty, designem a výsledným chováním uživatele (Ball & Richardson, 2022). Vlastnosti pohybu očí jsou považovány za klíčové k pochopení, jak mozek zpracovává zprávy. Různé pohyby očí, jako jsou sledování konvergence, vestibulární pohyb očí, sakády a fixace, se používají ke sběru vnějších informací. Cesta pohybu očí není jediným měřitelným parametrem. Eye-tracking je vhodné použít např. na měření kognitivní zátěže (Wang et al., 2014) či efektivity plnění uživatelských úkolů (Cutrell & Guan, 2007). Nebo jako v případě této studie, kdy je využito kombinace dvou metrik. Měření celkového času plnění daného úkolu a počtu fixací, pomocí kterých je možné podobně jako ve studii (Chassy et al., 2015;

Hu et al., 2021) určit míru vizuální komplexity stimulu. Data získaná Eye-trackingem je možné rovněž doplňovat dodatečnými biometrickými měřeními, jako je třeba rozpoznávání emocí z obličeje, galvanický odpor kůže, EEG apod. Tato data je možné vyhodnocovat v reálném čase v kontextu chování uživatele na daném vizuálním podnětu (Valtakari et al., n.d.).

Zkoumání těchto dílčích části designových prvků webů ve vzájemné interakci s uživateli postupně posouvá pohled na komplexní postoj k testování použitelnosti a UX v oblasti HCI. Množství studií v této oblasti neustále narůstá (García & Cano, 2022; Novák et al., 2023) stejně tak jako potřeba porozumět vědomému i nevědomému chování uživatelů. Přesto všechno metoda Eye-tracking pohybu očí stále naráží na problémy složité praxe a většina komerčních subjektů stále v maximální hojné míře využívá dostupnější metody subjektivního hodnocení samotnými uživateli nebo expertní analýzou (Jim Lewis and Jeff Sauro, 2021). Pro ucelený a komplexní pohled na hodnocení UX je potřeba zkoumat a kombinovat více možných typů přístupů. Tento experiment se proto opírá o objektivní data získaná analýzou pohybu očí a doplňuje je využitím standardizovaného UX dotazníku, který byl již využit v řadě studií např. (Hinderks et al., 2019; Schrepp et al., 2014). Tento dotazník je schopen měřit šest základních aspektů uživatelské zkušenosti, kterými jsou atraktivita, srozumitelnost, efektivita, spolehlivost, stimulace a novost. Předkládaný experiment se zaměřuje na registrování dvou aspektů uživatelské zkušenosti – atraktivity a přehlednosti, a s jejich pomocí hledá souvislosti mezi objektivními daty a samotným uživatelským hodnocením.

5.6. Cíle předkládaného experimentu

Vyobrazení produktů na webových stránkách může být reprezentováno samotnou produktovou fotografií (samotný produkt na průhledném pozadí v různých úrovních detailu, úhlu nebo s použitím aranžovaného prostředí) nebo s využitím lidského modelu nebo jen konkrétní částí lidského těla (např. ruka). Zobrazení lidí nebo sociálních prvků na fotografiích produktů může zvýšit např. sociální přítomnost a mít pozitivní vliv na nákupní záměry spotřebitelů (Li et al., 2014). Studie (Cyr et al., 2009) ukázala, že lidské obličeje na produktové fotografii zvyšovaly atraktivitu a důvěryhodnost webové stránky.

V návaznosti na uvedená zjištění je prvním cílem tohoto experimentu zkoumat, jak může změna produktového obrázku (s lidmi/bez lidí) či produktu samotného (čepice/hodinky)

změnit rychlost vyhledávání konkrétního produktu na webových stránkách. Druhou řešenou otázkou bylo, jak může prezentace produktového obrázku či produktu samotného změnit vizuální pozornost měřenou počtem očních fixací. Třetí otázkou bylo, zda může změna produktového obrázku či produktu samotného mít vliv na hodnocení atraktivity a přehlednosti stránek uživatelem měřené pomocí dotazníku uživatelské zkušenosti. Poslední řešenou otázkou je, zda existuje vztah mezi rychlostí plnění úkolu a následným hodnocením atraktivity a přehlednosti webových stránek.

5.7. Metoda

5.7.1. Vzorek

Experimentu se zúčastnilo 87 vysokoškoláků. Vzorek tvořili studenti ve věku od 19 do 26 let. Ženy měly průměrnou hodnotu 20,69 ($SD = 1.37$, $SE_M = 0.23$) a muži průměrnou hodnotu 20,98 ($SD = 1.68$, $SE_M = 0.24$). Účastníci byli zapsáni do různých psychologických kurzů a jednalo se o studenty informatiky, finančního managementu nebo cestovního ruchu na Univerzitě Hradec Králové. Po očištění od nevalidních Eye-trackingových dat tvořil vzorek 84 účastníků.

5.7.2. Podněty

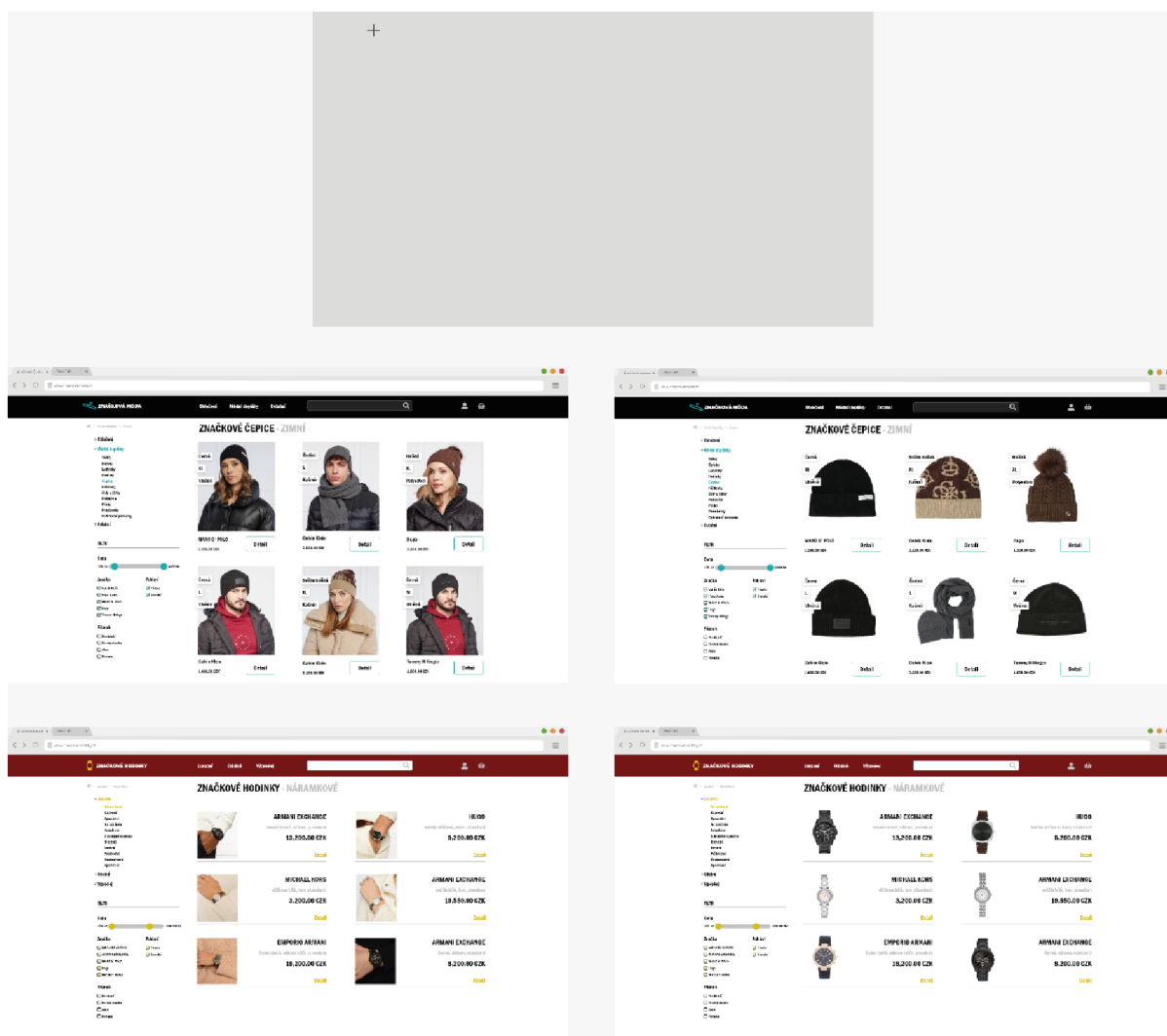
Ve studii byl použit smíšený design 2 x 2. První proměnná uvnitř skupiny byl typ produktu (čepice, hodinky), druhá meziskupinová proměnná byla prezentace produktových obrázků na lidské postavě nebo samostatně.

Jako podněty byly použity dvě produktové fotografie obsahující čepice nebo hodinky. Tyto produktové fotografie byly buď zobrazeny na lidech (skupina A) nebo bez lidí (skupina B). U obrázku čepic s lidmi jsou zobrazeny lidské modely, u hodinek jsou zobrazeny produkty pouze na lidské ruce. Tyto produktové fotografie byly prezentovány na webových stránkách vytvořených pro potřeby tohoto experimentu. Webové stránky odpovídaly šablonám běžně používaným v e-shopových řešeních od konkrétní společnosti, která zaujímá čtvrtinu celého tuzemského trhu (Samuel Huba, 2023). Stránky obou produktů se liší barvou horní lišty, logem, velikostí produktového obrázku a stylem výpisu informací o produktu. V případě hodinek se jedná o menší výsledný obrázek produktu více textových informací, které mohou uživatelé použít k navigaci pro splnění

úkolu, naopak u čepice je dominantnější velikost produktu a informace jsou uvedeny pod produktem nebo pomocí štítků umístěných přes okraj obrázku. Na obou webových stránkách se nalézají stejné textové informace, pouze v jiném formátu pozadí.

Webové stránky jsou v podobě JPEG obrázku náhledu produktové stránky, která má všechny své standardní prvky, jako je navigační menu, filtr produktů, vyhledávání, produktový obrázek s popisem, názvem, cenou apod. Všechny náhledy byly zasazeny do simulovaného prostředí internetového prohlížeče tak, aby odpovídaly reálnému procházení internetových stránek. Pro potřeby stabilizace očí participantů každému podnětu předcházel kalibrační kříž. Z důvodu přiblížení se reálné situaci byl kalibrační kříž umístěn tam, kam lidé v internetovém prohlížeči běžně zadávají název stránky.

Ukázka webů včetně kalibračního kříže (obrázky produktů bez lidí) – vlastní zpracování



Obrázek 5 – Vytvořené webové náhledy včetně velikosti souborů

5.8. Postup

Participantů byli testováni individuálně v laboratoři. Byly zajištěny stejné světelné podmínky a uspořádání experimentu. Nejprve byly participantům podány základní instrukce o kalibraci a funkci přístroje. Další instrukce byly pak prezentovány na obrazovce monitoru, od kterého osoby seděly ve vzdálenosti 70 cm. V úvodních instrukcích byl předložen tento text: „Nyní se již vžijte se do role zákazníka internetového obchodu, který již hledá konkrétně vybraný produkt ve výpisu produktů. Postupně vám bude zobrazeno několik OBRÁZKŮ obchodů s výpisem různých produktů, vaším úkolem bude vždy na dané stránce vyhledat daný produkt podle zadání. Při hledání mějte ruku na myši, jakmile produkt naleznete, vyberte ho kliknutím myši. Myši, prosím, neklikejte na nic jiné před nalezením produktu, vše je již vyfiltrováno na stránce, kterou uvidíte. Před každým

obchodem bude zobrazen kalibrační kříž, na který je potřeba se dívat.“ Po takto zobrazené instrukci následoval pro všechny účastníky obecný dotazník, který zjišťoval jejich zkušenosti v oblasti online nakupování.

Poté již byl náhodně zobrazen úkol, který vyžadoval najít na stránce konkrétní produkt. Tento úkol byl pro každý typ produktu unikátní, tedy pro každý produkt/stránku je umístění hledaného produktu na odlišném místě. Ukázka úkolu: *„Na následující stránce najděte produkt a vyberte ho pomocí myši: pánská černá čepice značky Tommy Hilfinger velikost M“*. Pokud uživatel na stránce daný produkt vyhledal a kliknul na jednu z jeho částí, experiment se přesunul na další stránku. Zobrazení stránek bylo náhodné. Tím, že se jednalo pouze o statické obrázky, správné řešení úkolu bylo pro typ webu čepice a hodinky stejné.

Po zobrazení obou podnětů následoval popis a instrukce, jak vyplnit závěrečný uživatelský dotazník UEQ. Dotazník obsahoval 20 otázek a nacházel se na jedné obrazovce, aby uživatel nebyl nucen procházet několik obrazovek. Na konci celého experimentu se zobrazila informace o úspěšném dokončení experimentu a poděkování.

5.9. Měření

5.9.1. Doba splnění úkolu

Pomocí software iMotions verze byla měřena doba splnění úkolu v milisekundách.

5.9.2. Eye-tracking metriky

Byl měřen průměrný počet fixací každého účastníka za dobu plnění zadaného úkolu. Počet fixací vyjadřuje, kolikrát se účastník zastaví a soustředí se na určitou část stránky během plnění úkolu. Fixace byly měřeny a průměrovány jak na oblastech zobrazených produktových fotografií na každé stránce, tak na celé stránce.

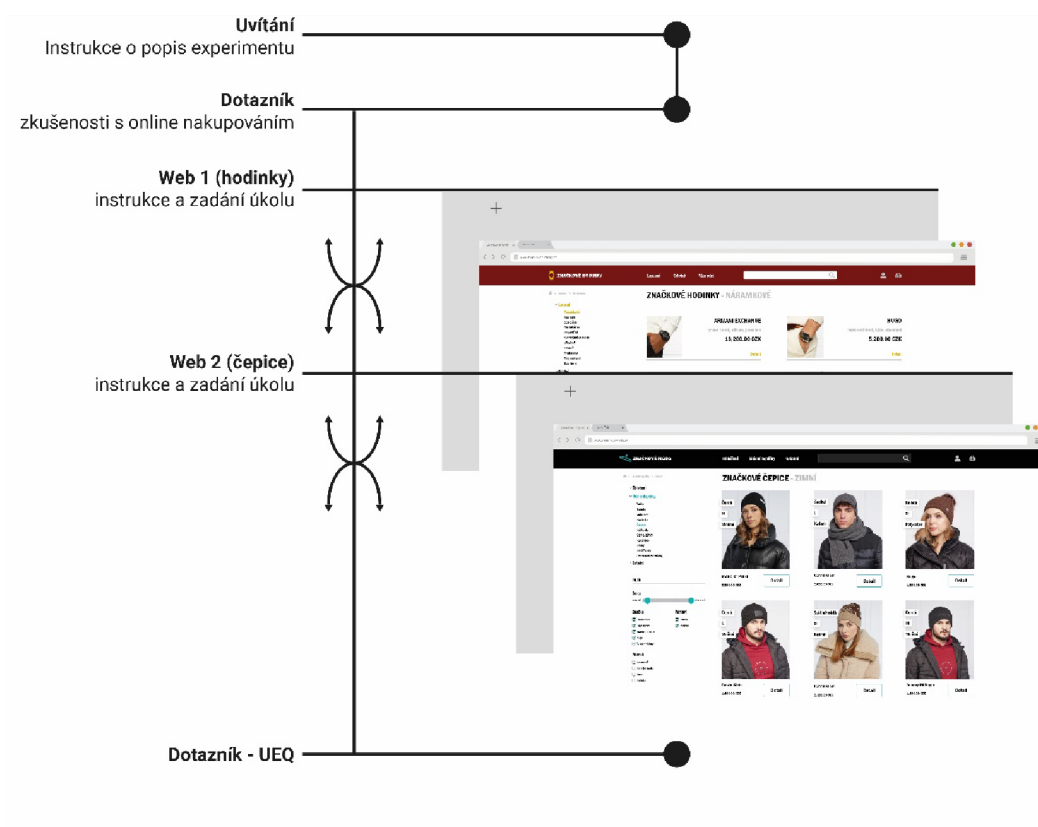
5.9.3. Dotazník User Experience Questionnaire (UEQ)

Pro subjektivní hodnocení UX byl použit User Experience Questionnaire (UEQ) (Schrepp et al., 2014) k hodnocení uživatelské zkušenosti s daným produktem. UEQ měří šest aspektů uživatelské zkušenosti pomocí 26 vybraných otázek: atraktivitu, přehlednost, efektivitu, spolehlivost, stimulaci a novost. UEQ používá sedmibodovou škálu, která se

pohybuje od -3 (negativní extrém) do +3 (pozitivní extrém), s nulou jako neutrálním bodem.

Protože uživatelé pracují pouze s náhledem webových stránek, se kterými interagují pouze zrakově a myši pouze volně pohybují a ve finále klikem potvrdí splnění úkolu, bylo v této analýze rozhodnuto se zaměřit na dva faktory UEQ, atraktivitu a přehlednost. Atraktivita se týká celkového dojmu uživatele z produktu, přehlednost hodnotí, jak snadné je pro uživatele se seznámit s produktem a naučit se ho používat.

Ukázka scénáře skupina uživatelů A (obrázky produktů s lidmi) – vlastní zpracování



Obrázek 6 – Ukázka průběhu experimentu skupiny A

5.9.4. Etické ujednání

Experiment byl schválena Komisí pro etiku výzkumu Univerzity Hradec Králové, č. 4/2018. Od všech subjektů zapojených do experimentu byl získán informovaný souhlas. Účastníci podepsali souhlasné prohlášení, ve kterém prohlásili, že se dobrovolně účastní experimentu a že byli informováni o postupu experimentu. Mohli se kdykoli bez vysvětlení rozhodnout ukončit svou účast ve výzkumné studii. Shromážděné údaje byly anonymizovány a použity pouze pro účely výzkumu.

5.10. Výsledky

5.10.1. Předzpracování dat

Nejdříve byla vyhodnocena kvalita Eye-tracking dat a byly odstraněny nekvalitní záznamy očních pohybů. To vedlo k vyloučení tří participantů ze vzorku. Dále byla zjišťována přítomnost odlehlých a extrémních hodnot. Odlehlá hodnota byla definována jako jakákoli hodnota, která se nachází mimo rozsah $\pm 3,29$ směrodatné odchylky od průměru. (Barbara G. Tabachnick & Linda S. Fidell, 2019). Takto byly v experimentu identifikovány 4 odlehlé hodnoty, z toho jedna extrémní. Nicméně po bližším zkoumání Eye-tracking záznamů nebylo identifikováno, proč tyto odlehlé hodnoty vyřadit z pozorování.

K prozkoumání výzkumných otázek bude provedena analýza rozptylu se smíšeným designem (ANOVA), aby se zjistilo, zda existují rozdíly v průměru proměnné 1 a proměnné 2 mezi úrovněmi nezávislé proměnné. Smíšený model ANOVA je vhodnou statistickou analýzou v případě, že výzkum porovnává dvě nebo více diskretních skupin podle spojitě závislé proměnné měřené dvakrát nebo vícekrát. Sféricita vyžaduje, aby průměrné rozdíly mezi každou dvojicí kombinací měření v čase měly stejný rozptyl. K ověření tohoto předpokladu bude proveden Mauchlyho test sféricity (Field, 2017; Mauchly, 1940). Tukeyho porovnání bude provedeno mezi odhadnutými mezními průměrnými kontrasty pro každou mezisubjektovou skupinu pomocí párového *t*-testu.

Spearmanova korelace byla provedena za účelem posouzení, zda existuje vztah mezi délkou trvání úkolu a hodnocením UX. Spearmanova ranková korelace je vhodnou analýzou v případě, že jedna nebo obě proměnné jsou ordinální, ale lze ji použít i u škálových proměnných. Korelace je dvourozměrnou mírou asociace (neboli síly) vztahu mezi dvěma proměnnými a velikostí tohoto vztahu. Spearmanova pořadová korelace předpokládá, že proměnné mají mezi sebou monotónní vztah (Conover & Iman, 1981).

5.10.2. Doba plnění úkolu

Doby splnění úkolu pro jednotlivé kombinace webových stránek jsou uvedeny v Tabulce 9.

Tabulka 9 – Doba plnění úkolu – vlastní zpracování

Doba plnění	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>SE_M</i>	Min	Max
Čepice						
s lidmi	7,721	3,560	43	543	3,001	18,698
bez lidí	6,998	2,896	41	452	2,656	15,378
Hodinky						
s lidmi	11,842	5,881	43	897	3,266	34,601
bez lidí	9,024	5,866	41	916	2,175	31,739

Poznámka: doba je uváděna v jednotkách milisekund

Byla provedena smíšená analýza rozptylu (ANOVA) s jedním vnitroskupinovým faktorem Produkt a jedním meziskupinovým faktorem Obrázek produktu. Hlavní účinek faktoru Obrázek produktu byl významný, $F(1, 82) = 4,50$, $p = ,037$, $\eta_p^2 = 0,05$. Doba trvání úkolu na skupině webů s obrázky produktů prezentovaných na lidech je významně větší než na skupině produktových obrázků bez lidí. Hlavní účinek pro faktor v rámci subjektu Produkt byl významný, $F(1, 82) = 24,99$, $p < ,001$, $\eta_p^2 = 0,23$, což naznačuje, že existují významné rozdíly mezi hodnotami Doba trvání úkolu mezi oběma Produkty. Interakce mezi Produktem a Obrázkem produktu nebyla významná, $F(1, 82) = 2,90$, $p = ,092$, $\eta_p^2 = 0,03$, což naznačuje, že vztahy mezi dobou trvání úkolu na úrovni produktu byly podobné mezi úrovněmi Obrázky produktu. Uživatelé mohou trávit různé množství času na stránkách s různými produkty (čepice, hodinky), což může být dáno výběrem produktu samotného. Dále uživatelé mohou trávit různé množství času na stránkách v závislosti na tom, zda jsou na obrázcích lidé nebo ne. Je možné diskutovat, proč obrázky produktů s lidmi poutají větší pozornost.

Tukey post-hoc test (viz Tabulka 10) ukázal, které rozdíly mezi konkrétními kombinacemi produktů jsou statisticky signifikantní, jak mezi, tak uvnitř skupiny. V případě produktu hodinky byl potvrzen signifikantní rozdíl mezi skupinami ($p < ,001$). Mezi hodinkami a čepicemi byl také signifikantní rozdíl ($p < ,033$). V obou případech byl čas plnění úkolu delší v případě skupiny s obrázkem na lidech. Další signifikantní rozdíl lze sledovat uvnitř skupiny. Pro kategorii s lidmi u Obrázku produktu byly u hodinek výrazně vyšší než čepic, $t(82) = -4,80$, $p < ,001$.

Tabulka 10 – Výsledky post-hoc testu pro dobu plnění úkolu – vlastní zpracování

	S lidmi	Bez lidí

Typ obrázku	Typ produktu	Čepice (7,721)	Hodinky (11,842)	Čepice (6,998)	Hodinky (9,024)
S lidmi	Čepice		<,001	,898	,590
	Hodinky	<,001		<,001	0,033
Bez lidí	Čepice	,898	<,001		,106
	Hodinky	,590	,033	,106	

Poznámka: červeně označeny signifikantní hodnoty $p < ,05$

5.10.3. Počet fixací na obrázky produktů

Počet fixací na obrázky produktů pro jednotlivé kombinace webových stránek je uveden v Tabulce 11.

Tabulka 11 – Počet fixací na obrázky produktů – vlastní zpracování

Proměnná (počet fixací na oblast produktů)	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>SE_M</i>	Min	Max
Čepice						
s lidmi	3,79	1,03	43	0,16	2,00	7,80
bez lidí	3,34	1,15	41	0,18	1,33	6,00
Hodinky						
s lidmi	2,28	0,75	43	0,11	1,00	3,83
bez lidí	1,67	0,85	41	0,13	0,00	5,00

Byla provedena smíšená analýza rozptylu (ANOVA) s jedním faktorem v rámci subjektu (Produkt) a jedním faktorem mezi subjekty (Obrázek produktu). Hlavní efekt pro Obrázek produktu byl významný, $F(1, 82) = 11,20$, $p = ,001$, $\eta_p^2 = 0,12$. Respondenti mezi skupinami provedli významně více fixací na oblasti produktů s lidmi. Uživatelé mohou mít tedy tendenci fixovat svůj pohled více na některé typy obrázků (s lidmi vs. bez lidí). To může mít vliv na to, jak jsou produktové obrázky vnímány a jakou pozornost jim uživatelé věnují. Hlavní účinek pro faktor v rámci subjektu byl významný, $F(1, 82) = 134,31$, $p < ,001$, $\eta_p^2 = 0,62$. Různé produkty (čepice, hodinky) mohou přitahovat různé množství vizuální pozornosti, což může být důležité např. pro umístování produktů na webových stránkách a pro design reklamních materiálů. Interakční efekt mezi faktorem v rámci subjektu a obrázkem produktu nebyl významný, $F(1, 82) = 0,34$, $p = ,559$, $\eta_p^2 = 0,004$, což naznačuje, že vztahy mezi fixacemi na produkty byly podobné mezi úrovněmi Obrázku produktu. V rámci této statistiky má smysl u post-hoc testů analyzovat rozdíly pouze mezi

stejnými skupinami produktů, jelikož uvnitř skupiny jsou oblasti zájmů mezi produkty různě rozměrné.

Jak Tabulka 12 ukazuje, v počtu fixací na oblasti produktů byly nalezeny rozdíly u stejných produktů i mezi skupinami. Konkrétně mezi skupinami je významný rozdíl webu s čepicemi ($p = ,019$). V tomto případě bylo významně méně fixací na produktech bez lidí.

Tabulka 12 – Výsledky post-hoc testu pro fixace na obrázky produktů – vlastní zpracování

Typ obrázku	Typ produktu	S lidmi		Bez lidí	
		Čepice (3,79)	Hodinky (2,28)	Čepice (3,34)	Hodinky (1,67)
S lidmi	Čepice		< ,001	,019	< ,001
	Hodinky	< ,001		< ,001	,138
Bez lidí	Čepice	,019	< ,001		< ,001
	Hodinky	< ,001	,138	< ,001	

Poznámka: červeně označeny signifikantní hodnoty $p < ,05$

5.10.4. Počet fixací na celé stránky a konkrétní kombinaci produktů

Počet fixací na celé stránky pro jednotlivé kombinace webových stránek je uveden v Tabulce 13. U rozboru post-hoc testů fixací na celých stránkách byl nalezen významný větší rozdíl mezi skupinami v počtu fixací u produktu s hodinkami s lidmi ($p = ,003$). Na rozdíl od analýzy fixací na oblasti produktů je při fixacích na celé stránky možné logicky porovnávat i vnitroskupinové kombinace. Zde nalezneme výrazný rozdíl mezi produkty s obrázkem bez lidí. Konkrétně počet fixací u produktu čepice byla výrazně nižší než u výrobku hodinky, $t(82) = -2,71$, $p = ,040$. U obrázku výrobku s člověkem byl počet fixací u obrázku výrobku čepice výrazně nižší než u obrázku hodinky, $t(82) = -5,61$, $p < ,001$.

Tabulka 13 – Počet fixací na celé stránky – vlastní zpracování

Proměnná (počet fixací na celou oblast stránek)	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>SE_M</i>	Min	Max
Čepice						
s lidmi	28,42	12,28	43	1,87	15,00	67,00
bez lidí	24,37	8,88	41	1,39	9,00	47,00
Hodinky						
s lidmi	45,86	21,96	43	3,35	12,00	129,00
bez lidí	33,00	21,06	41	3,29	9,00	108,00

Tabulka 14 – Výsledky post-hoc testu pro fixace na oblast celé stránky – vlastní zpracování

Typ obrázku	Typ produktu	S lidmi		Bez lidí	
		Čepice	Hodinky	Čepice	Hodinky
S lidmi	Čepice		< ,001	,695	,605
	Hodinky	< ,001		< ,001	,003
Bez lidí	Čepice	,695	< ,001		,040
	Hodinky	,605	,003	,040	

Poznámka 1: červeně označeny signifikantní hodnoty $p < ,05$

5.10.5. Hodnocení atraktivity a přehlednosti pomocí dotazníku UEQ

Výsledky hodnocení atraktivity a přehlednosti pro jednotlivé kombinace webových stránek jsou uvedeny v Tabulce 15.

Tabulka 15 – Výsledky hodnocení atraktivity a přehlednosti pomocí dotazníku UEQ – vlastní zpracování

Atraktivita	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>SE_M</i>	Min	Max
Čepice						
s lidmi	1,11	0,81	43	0,12	-1,33	2,83
bez lidí	1,15	0,66	41	0,10	-0,83	2,33
Hodinky						
s lidmi	0,21	0,98	43	0,15	-1,33	2,33
bez lidí	0,26	0,94	41	0,15	-1,50	2,33
Přehlednost						
Čepice						
s lidmi	1,65	0,70	43	0,11	-0,50	3,00
bez lidí	1,60	0,83	41	0,13	-1,75	3,00
Hodinky						
s lidmi	1,13	0,88	43	0,13	-1,50	2,50
bez lidí	1,30	0,79	41	0,12	-1,50	3,00

Poznámka: Uvedená hodnota je transformovaná průměrná hodnota ze 7stupňové Likertovy škály

Byla provedena smíšená analýza rozptylu (ANOVA). V případě subjektivního hodnocení UX nebyl mezi skupinami zjištěn žádný významný rozdíl. V případě položky Atraktivita byla hodnota významně nad hladinou významnosti alfa, $F(1, 82) = 0,15$, $p = ,700$, $\eta_p^2 = 0,002$, to samé platí pro Přehlednost, $F(1, 82) = 0,23$, $p = ,633$, $\eta_p^2 = 0,003$. V obou případech byly však detekovány rozdíly uvnitř skupiny pro atraktivitu, $F(1, 82) = 44,67$, $p < ,001$, $\eta_p^2 = 0,035$) a přehlednost $F(1, 82) = 13,13$, $p < ,001$, $\eta_p^2 = 0,014$, které byly dále zkoumány v post-hoc analýze (Tabulka 16). Z těchto tabulek a výsledků ANOVY je vidět, že meziskupinový faktor změna obrázku neměl žádný významný efekt na hodnocení UX mezi stejnými produkty. U této výzkumné otázky má smysl vyhodnocovat rozdíly i mezi jednotlivými produkty uvnitř obou skupin, jelikož může jít o důležitý poznatek o subjektivně vnímané kvalitě jejich zpracování. U obrázku produktu bez člověka bylo hodnocení Atraktivita čepice významně větší než hodinky, $t(82) = 4,65$, $p < ,001$. U obrázku výrobku s člověkem byla atraktivita čepic významně větší než hodinek, $t(82) = 4,81$, $p < ,001$. U kategorie Přehlednost pro obraz výrobku hodinky s lidskou rukou byla výrazně nižší než čepice, $t(82) = -3,31$, $p = ,007$. Žádné další významné rozdíly nebyly zjištěny.

Tabulka 16 - Výsledky post-hoc testu pro hodnocení atraktivity - vlastní zpracování

		Hodnocení atraktivity			
		S lidmi		Bez lidí	
Typ obrázku	Typ produktu	Čepice	Hodinky	Čepice	Hodinky
S lidmi	Čepice		<,001	0,991	<,001
	Hodinky	<,001		<,001	0,995
Bez lidí	Čepice	0,991	<,001		<,001
	Hodinky		0,995	<,001	

Tabulka 17 - Výsledky post hoc testu pro hodnocení přehlednosti - vlastní zpracování

		Hodnocení přehlednosti			
		S lidmi		Bez lidí	
Typ obrázku	Typ produktu	Čepice	Hodinky	Čepice	Hodinky
S lidmi	Čepice		0,007	0,993	0,21
	Hodinky	0,007		0,037	0,743
Bez lidí	Čepice	0,993	0,037		0,267
	Hodinky	0,21	0,743	0,267	

Poznámka: červeně označeny signifikantní hodnoty $p < 0,05$

5.10.6. Vztah rychlosti plnění úkolu a hodnocení atraktivity a přehlednosti

Byly vypočítány korelace mezi dobou plnění úkolu a hodnocením atraktivity a přehlednosti. Výsledky pro obrázky s lidmi jsou uvedeny v Tabulce 18 a pro obrázky bez lidí v Tabulka 19. Žádná korelace nebyla statisticky signifikantní, nebylo tedy zjištěno, že by doba plnění úkolu měla nějaký významný vliv na samotné hodnocení uživatelské zkušenosti.

Tabulka 18 – Korelace mezi dobou plnění úkolu a hodnocením UX obrázky s lidmi – vlastní zpracování

Proměnná	1	2	3	4	5	6
1. Čepice – Trvání úkolu	-					
2. Hodinky – Trvání úkolu	,52*	-				
3. Čepice – Atraktivita	-,08	,10	-			
4. Hodinky – Atraktivita	,13	,09	,01	-		
5. Čepice – Přehlednost	,18	,16	,35	,06	-	
6. Hodinky – Přehlednost	,13	,13	,12	,19	,05	-

*Poznámka: *p < ,05.*

Tabulka 19 – Korelace mezi dobou plnění úkolu a hodnocením UX obrázky bez lidí – vlastní zpracování

Proměnná	1	2	3	4	5	6
1. Čepice – Trvání úkolu	-					
2. Hodinky – Trvání úkolu	,13	-				
3. Čepice – Atraktivita	-,04	-,04	-			
4. Hodinky – Atraktivita	,08	-,09	-,02	-		
5. Čepice – Přehlednost	-,11	,17	,61*	,11	-	
6. Hodinky – Přehlednost	,22	-,12	,07	,20	,10	-

*Poznámka: *p < ,05.*

5.11. Diskuse

5.11.1. Podoba produktového obrázku a chování uživatele

Experiment potvrdil, že zobrazení vybraných produktů na lidech vedlo k delšímu času vyhledávání. Data také ukázala, že fotografie čepic generují signifikantní rozdíl v počtu fixací na oblast produktu mezi zkoumanými skupinami (s lidmi/bez lidí), což indikuje, že obrázky obsahující lidské obličej přitahují větší pozornost. Podobný, i když ne významný trend, byl pozorován i u fotografií hodinek. Toto zjištění koresponduje s podobnými výsledky ze studií (Li et al., 2014; Q. Wang, Yang, Wang, et al., 2014), v kterých byly naměřeny různé úrovně percepce na základě zobrazení různých typů produktů na lidských modelech. Nicméně u fotografií čepic, i přes významný počet fixací, nebyl potvrzen významný rozdíl v době plnění úkolu. Tento efekt se naopak projevil signifikantně u produktu hodinek. Uživatelé strávili méně času na stránkách s čepicemi ve srovnání s hodinkami a vykázali přitom menší počet fixací. Toto zjištění naznačuje, že ačkoliv obličej mohou přitahovat větší pozornost, nemusí to nutně znamenat problémy s uživatelským výkonem. Zároveň tyto manipulace s obrázky a se změnou rozložení poměru informace vs. text korespondují s výsledky studie (Q. Wang, Yang, Wang, et al., 2014). Tato studie ukázala, že v případě, kdy uživatelé prováděli jednoduchý úkol, počet fixací a doba na dokončení úkolu byly největší na webové stránce s vysokou složitostí, zatímco doba fixace nebyla na webových stránkách s různou složitostí významně odlišná. Na druhou stranu, když uživatelé prováděli složitý úkol na webové stránce se střední složitostí, doba na dokončení úkolu, počet fixací a doba fixace byly všechny na nejvyšší úrovni.

Zdá se, že prezentace informací, které podporují orientaci úkolu, je efektivnější, pokud jsou implementovány přímo na produktových obrázcích než v detailním výpisu produktu, jak je vidět u hodinek. Dále, vzhledem k tomu, že obrázek hodinek je výrazně menší než obrázek čepice, logicky byl počet fixací na tuto oblast absolutně menší a rozdíl mezi skupinami nebyl signifikantní. Toto zjištění je podobné jako u studie (Dong et al., 2023), kde bylo potvrzeno, že v případě menšího obrázku byl zkoumán více jeho doprovodný text. Na druhou stranu, trend vyššího počtu fixací u produktu s lidskou přítomností je stále patrný v této studii v jakékoliv variantě s lidmi.

Navíc umístění obrázků dále od informačního textu, který podporuje navigaci, může být jedním z důvodů vyššího počtu fixací na celkových stránkách hodinek ve srovnání s čepicemi. Tento faktor může být spojen s jinak zpracovanými informacemi o produktu. Nesignifikantní trend vyššího počtu fixací hodinek prezentovaných na lidech mohl být na celých stránkách znásoben tím, že uživatelé častěji přesouvali svůj pohled mezi informacemi a produktem na lidech, který přitahoval více pozornosti. Toto by vysvětlovalo synergický efekt většího počtu fixací a signifikantně delší doby trvání úkolů na celých stránkách s hodinkami obecně.

5.11.2. Subjektivní hodnocení UX

V rámci hodnocení uživatelské zkušenosti (UX) bylo zkoumáno, jak se typ produktového obrázku (s lidskými postavami vs. bez nich) odráží v atraktivitě a přehlednosti webových stránek. Ačkoliv nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl v těchto aspektech v závislosti na typu produktového obrázku, byly identifikovány rozdíly v hodnocení atraktivity a přehlednosti v závislosti na typu produktu.

Zajímavým zjištěním bylo, že produktové obrázky s lidskými postavami vyvolávají vyšší míru vizuální pozornosti, což souvisí s delším časem potřebným k dokončení úkolu. Avšak tento faktor neměl signifikantní vliv na následné subjektivní hodnocení UX na úrovni změny produktového obrázku u stejných produktů. To naznačuje, že i když vizuální prvky mohou ovlivnit dobu interakce uživatele s webovou stránkou, nemusí nutně ovlivnit jeho celkové vnímání kvality UX. Tento výsledek je v rozporu např. se studii (Cyr et al., 2009; Tractinsky et al., 2000; Tuch et al., 2012), kde byl tento moderační efekt prokázán, i když za použití jiných forem uživatelského dotazníku.

V kontextu hodnocení UX je důležité zdůraznit, že subjektivní vnímání nemusí vždy odpovídat objektivním ukazatelům, jako je doba trvání úkolu či počet očních fixací. Uživatelská zkušenost je komplexní a může být ovlivněna mnoha faktory, včetně individuálních preferencí, očekávání a předchozích zkušeností.

Dále bylo zkoumáno, jak předchozí zjištění ovlivnilo subjektivní hodnocení dílčích aspektů UX. Výsledky ukázaly, že i přes určité omezení v metodologii experimentu byly potvrzeny některé dílčí aspekty, které měly vliv na signifikantní rozdíly v hodnocení. Zejména význam obrázků a formy textových informací o produktech může mít zásadní

vliv na uživatelské hodnocení. Tato analýza tak nabízí nové perspektivy pro budoucí výzkum v oblasti UX a online nákupního chování.

5.11.3. Omezení experimentu

Takto rozsáhlý experiment obsahuje určitá omezení. Kromě standardního laboratorního prostředí, které může působit nesoulad s vnitřním nastavením uživatelů, jsou zde další omezení, která byla uvedena již u samotných analýz a vyplývají ze standardních metodických postupů u podobných testů (Hedlund, 2017; Lewis & Sauro, 2021; Zenil, 2020). V první řadě nelze pokrýt celou škálu uživatelské zkušenosti použitím low-fidelity prototypu náhledu webové stránky. To limituje vytváření komplexních vazeb a reakcí uživatele při plnění zadaného úkolu. Dále, protože byl použit meziskupinový design, ve výsledku byl pouze relativně malý vzorek uživatelů pro každou skupinu a výsledný efekt se nemusel projevit v plné míře. Použití komplexní UEQ dotazník je možná pro tak krátký kontakt s podnětem až zbytečně složitý. I když byla sbírána data o zkušenosti uživatelů s nákupy včetně dalších demografických údajů, nebyly tyto informace nijak zahrnuty jako faktor, který mohl mít přímý vliv na samotné výsledky, a potřebuje další zkoumání. Posledním a poměrně výrazným omezením je samotná skladba participantů, kde se jedná čistě o výběr ze studentů dané vysoké školy.

5.11.4. Implikace

Tento experiment potvrdila, že metoda sledování pohybu očí skutečně poskytuje rozmanité možnosti v oblasti HCI. Její robustní schopnosti sbírat kvantitativní data s velkou přesností a citlivostí sloužily k analýze a hlubšímu pochopení vzájemných vztahů mezi změnami zkoumaného prostředí webových stránek a následným uživatelským chováním. Ve spojení se subjektivním hodnocením pomocí komplexního nástroje UEQ dotazníku jsme získali detailnější pohled do těchto vzájemných vztahů. Konkrétně bylo potvrzeno, že pomocí Eye-trackingu lze měřit rozdíly mezi vizuálním dopadem produktových fotografií a jejich vlivem na uživatele. Konkrétně bylo potvrzeno, že uživatelé déle plní úkol, pokud jsou vystaveni produktovým fotografiím na lidech ve srovnání s čistým designem produktu, a že tato delší doba plnění nijak neovlivní jejich hodnocení atraktivity a přehlednosti, na které měly vliv spíše další faktory, jako jsou typ produktu, velikost produktové fotografie, nebo rozdíly u formy výpisu informací o produktu.

Implikace tohoto experimentu může výrazně ovlivnit častou diskusi o tom, jak prezentovat v praxi fotografie produktů v rámci internetového obchodu. Ukazuje, že diskuse o tom, zda prezentovat výrobky na lidech nebo bez nich, by nemusela hrát až takovou roli. Pozornost by se pak měla věnovat dodatečným faktorům, na jejichž základě by lidé mohli subjektivně hodnotit UX. Na druhou stranu, pokud je cílem, aby uživatel strávil více času prohlížením produktů, ale nemělo by to mít vliv na jeho spokojenost, může být pak doporučením používat spíše fotografie na lidech nebo jejich kombinaci. Předmětem dalšího zkoumání může být porovnávání a hodnocení designu v závislosti na jiných typech úkolů, v korespondenci se zkušenostmi uživatele nebo porovnání hodnocení před a po používání.

Je důležité poznamenat, že e-shopy často disponují oběma variantami fotografií produktů (s lidmi a bez lidí). V tomto kontextu je vhodné zdůraznit, že pro výpis produktu mohou fotografie s lidmi způsobit delší dobu prohlížení, což může být v případě většiny e-shopů žádoucí. Pokud tato prodloužená doba prohlížení nemá negativní vliv na následné vnitřní hodnocení uživatele e-shopu, toto doporučení nabývá ještě většího významu.

Tento experiment replikuje a upravuje ověřené metody výzkumu vnímání a chování uživatelů v prostředí náhledu internetových stránek za pomoci Eye-tracking technologie. Naše snaha je doplnit tuto technologii o subjektivní uživatelské hodnocení pomocí osvědčené dotazníkové metody. Tímto přístupem se snažíme poskytnout holistický pohled na uživatelskou zkušenost, který kombinuje kvantitativní data o vizuálním chování s kvalitativními údaji o uživatelském vnímání.

Naše zjištění potvrzují komplexnost problematiky vnímání a interakce uživatelů s webovými stránkami. Zároveň zdůrazňujeme, že i přes omezení našeho výzkumu existuje mnoho možností pro další zkoumání v této oblasti z různých úhlů pohledu a přístupů. Věříme, že tento experiment přispívá k hlubšímu pochopení toho, jak uživatelé vnímají a interagují s online obsahem, a jak mohou designové volby ovlivnit tuto interakci.

6. Experiment 3 – Eye-tracking analýza reálného prostředí internetového obchodu

6.1. Eye-tracking analýza použitelnosti šablon e-shopů

V kontextu internetových stránek a elektronického obchodu se přenos vědeckých poznatků do praxe často jeví jako komplexní proces. Implementace technologie Eye-trackingu při testování interaktivních prototypů či „živých“ webových stránek může představovat zásadní nástroj pro analýzu vědomého i nevědomého chování uživatelů. Tato metoda umožňuje zkoumat nároky kladené na kognitivní a mentální procesy uživatele při interakci a ve spojení se subjektivním hodnocením poskytuje robustní techniku pro posouzení kvality implementace v různých fázích životního cyklu projektu.

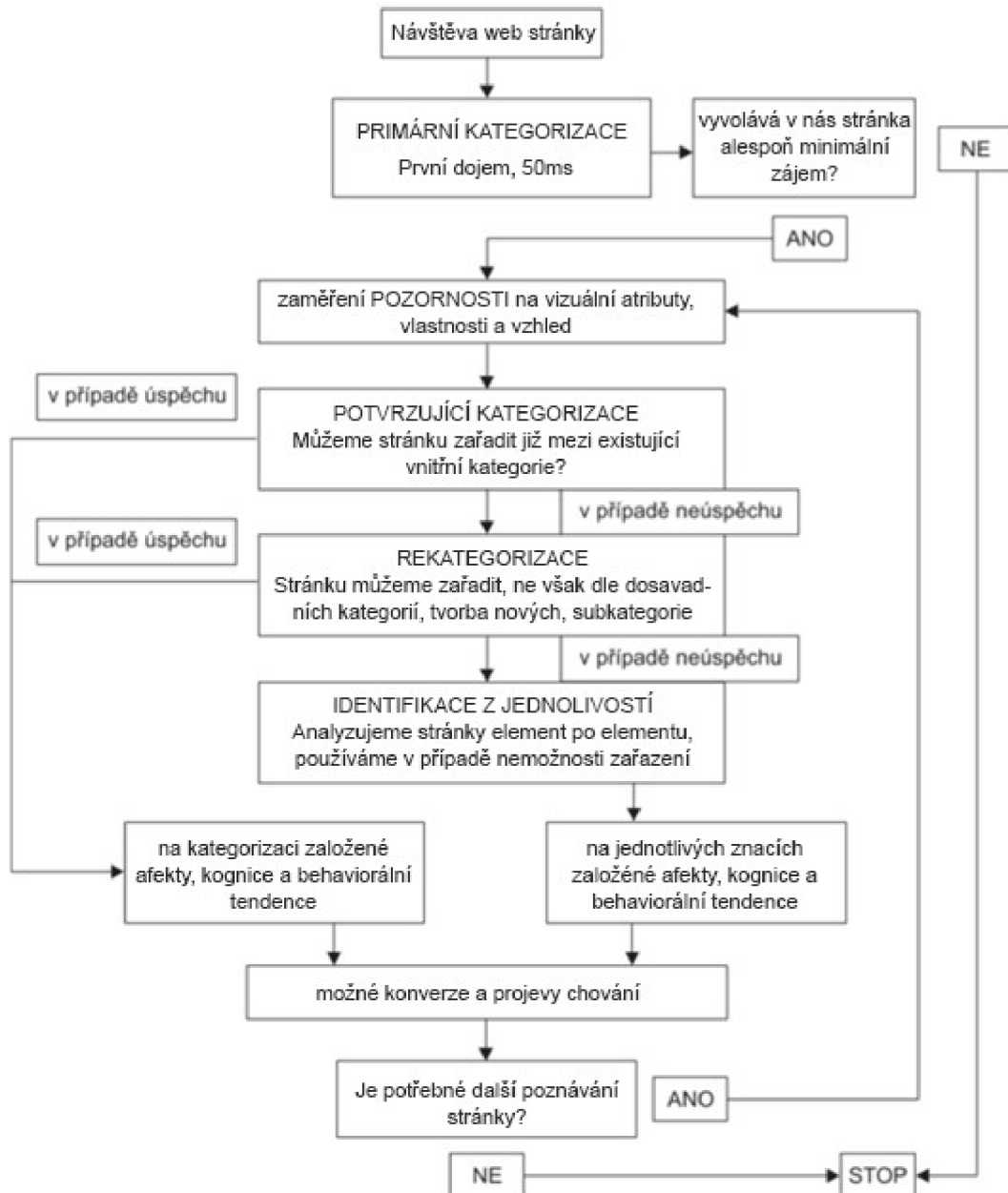
Testování reálných či funkčních prototypů internetových stránek z hlediska použitelnosti a vědeckého přístupu představuje složitou problematiku. Výsledný experiment generuje rozsáhlé množství dat, informací a proměnných, které je třeba zvážit pro vysvětlení uživatelského chování. Do celkové použitelnosti vstupují i individuální zkušenosti a mentální modely uživatele, což jsou top-down procesy, které mohou převládnout nad samotným vnímáním a problémy na úrovni vybraných stimulů (Heath et al., 2014). Zároveň v této oblasti často rezonují pojmy genderových a kulturních rozdílů (Hsieh, 2011; Qazi et al., 2022). I když nám Eye-tracking umožňuje nahlédnout do tohoto skrytého světa nevědomí, vyžaduje následná interpretace zjištění vysokou úroveň odborných znalostí a zkušeností podloženou dobrými praktikami.

V oblasti internetových obchodů s ohledem na použitelnost a uživatelskou zkušenost často rezonují pojmy jako navigace, filtrace, nákupní proces, formulářové prvky, reklama, hodnocení a zpětná vazba. Každý z těchto pojmů je reprezentován jak předchozími zkušenostmi uživatele, tak formou prezentace e-shopu na úrovni vizuální podoby a interakce s uživatelem. Všechny tyto aspekty představují vlastní domény vzorců chování uživatele a jsou úzce spjatý s jeho intencí v daném okamžiku (Maguire, 2023).

S těmito oblastmi stránek internetového obchodu souvisejí nejčastější problémy s použitelností a uživatelskou zkušeností. Prvním problémem může být orientace na stránkách, která úzce souvisí s okamžitým zařazením jejich vzhledu do vnitřního modelu

uživatele. Tato identifikace probíhá během velmi krátkého časového úseku a ovlivňuje budoucí chování uživatele (viz Obrázek 7). Pokud stránka předkládá nekonzistentní informace, nutí uživatele přepracovávat svůj vnitřní model (rekategorizace), což přináší dodatečnou kognitivní zátěž (Hewitt & He, 2022; Schmutz et al., 2009). Pokud uživatel plní úkol v prostředí, které nereaguje tak, jak by očekával, nebo předkládá matoucí informace, musí vynaložit dodatečné úsilí k úspěšnému pokračování v procesu. Příklady tohoto chování mohou zahrnovat nesourodé rozložení základních prvků stránek, jako jsou hlavička, navigační část, obsahová a reklamní část, patička a informační část. Pokud uživatel hledá např. kontaktní informace o obchodu, očekává, že je najde v odkazu v hlavním menu v hlavičce nebo v patičce, pokud byla prvotní kategorizace provedena úspěšně.

Výzvou může být také testování ověřených a zaběhnutých verzí internetových obchodů, kde je třeba hledat drobné nuance a problémy, které mohou v důsledku velkých objemů návštěvníků způsobit problémy s jejich používáním. Technologie Eye-tracking je v tomto případě ideálním pomocníkem pro identifikaci těchto drobných, často běžnými dostupnými prostředky neodhalitelných chyb (Fu, 2016; Oyekunle et al., 2020).



Obrázek 7 - Upravené schéma formování prvního dojmu při návštěvě webových stránek.
Vytvořeno vlastní syntézou modelu převzatého z (Hewstone & Stroebe, 2006)

6.2. Uživatelské hodnocení estetiky šablon e-shopů

Subjektivní hodnocení designu v oblasti UX se týká osobních pocitů, názorů a zkušeností uživatelů při interakci s produktem nebo službou. Tyto subjektivní zkušenosti mohou zahrnovat pocity pohodlí, uspokojení, zábavy, frustrace a další emoce, které uživatelé zažívají. Subjektivní hodnocení jsou důležitá, protože poskytují hlubší porozumění tomu, jak uživatelé vnímají a reagují na design, a naopak designérům umožňují lépe pochopit potřeby a očekávání uživatelů a vytvořit tak produkty, které jsou pro uživatele

přitažlivější a efektivnější. Subjektivní hodnocení také umožňuje získat zpětnou vazbu přímo od uživatelů, což je klíčové pro iterativní proces návrhu a zlepšení produktu (Kurosu, 2016).

Současný trend ve výzkumu uživatelských rozhraní spočívá ve sloučení použitelnosti a estetiky, což je vidět jako slibný krok směrem ke zvýšení celkového uživatelského zážitku, namísto zaměření pouze na části uživatelské interakce. To vede k potřebě komplexnějšího zkoumání webových rozhraní a reakcí uživatelů. V jedné studii, která byla provedena s cílem prozkoumat uživatelské reakce na různé prvky použitelnosti a estetiky webového rozhraní, bylo použito sledování pohybů očí k měření fixace účastníků na jednotlivých prvcích rozhraní. Byly zjištěny významné efekty pro specifické prvky použitelnosti a estetiky, včetně prvků orientovaných na použití, jako jsou vyhledávací pole, a abstraktnějších prvků, jako jsou expresivní estetické položky (Pavlas et al., 2010).

Estetický princip se netýká pouze vnímání vizuální krásy, ale především kognitivně-afektivních reakcí vyvolaných těmito podněty. Přesto UX designéři často upřednostňují krásu před zamýšleným vlivem na koncového uživatele, což je v rozporu se sekvenčním procesem návrhu UX a vede k neočekávaným percepčním a reakcím uživatelů. Výzvou při formování UX před návrhem uživatelského rozhraní (UI) je, že musí existovat předchozí znalost estetického vlivu. Byla provedena studie s 1 782 účastníky z celého světa, hodnotící afektivní uživatelské reakce na 43 atomických estetik pomocí 153 252 datových bodů, které byly prezentovány jako hodnocení afektu (AR). Výsledky ukázaly vysokou afektivní rezonanci mezi hodnocenými estetikami, což naznačuje, že estetické AR může být užitečnou metodou pro zlepšení procesu návrhu UX tím, že ovlivní percepci, reakce a akce uživatelů na nevědomé úrovni (Odushegun, 2023).

Existuje řada metod a nástrojů pro subjektivní hodnocení estetiky v oblasti UX. Tyto metody mohou zahrnovat rozhovory s uživateli, dotazníky, focus skupiny, deníkové studie a další techniky sběru dat. Uvedené metody napomáhají designérům získat podrobné informace o tom, jak uživatelé vnímají a interagují s produktem nebo službou. Kvalitativní metody, jako jsou rozhovory (Nur, 2013), nabízejí hluboké pochopení subjektivních zkušeností uživatelů a můžeme vidět jejich překryv s focus skupinami. Kvantitativní metody, jako jsou dotazníky nebo sledování kliknutí, mohou poskytnout objektivnější data o chování uživatelů. Kombinace obou přístupů může poskytnout

komplexní pohled na UX a umožnit designérům lépe pochopit, co funguje a co ne, a provést potřebné úpravy pro zlepšení uživatelského zážitku.

6.3. Model – Eye-Tracking Mental Load Index (EMLI)

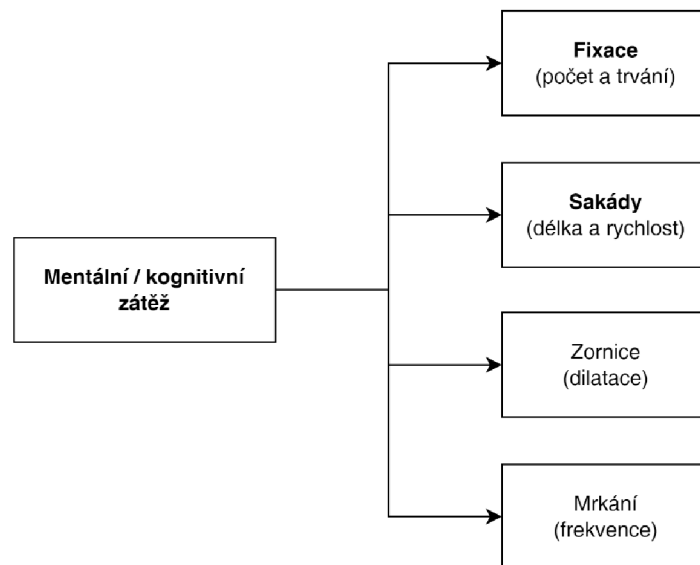
Mentální zátěž je klíčovým faktorem při pochopení lidského výkonu napříč spektrem úkolů, ať už jde o řízení, programování nebo obsluhu složitého zařízení. Přesné vyhodnocení mentální zátěže je nezbytné pro zajištění účinnosti a bezpečnosti interakce mezi člověkem a strojem. Jednou z nadějných technik měření a analýzy mentální zátěže je využití metrik sledování pohledu. Technologie sledování pohledu dokáže zachytit řadu metrik jako rozšíření zornic, dobu fixace, počet fixací, délku dráhy pohledu, rychlost sakád a frekvenci mrkání, z nichž každá nese významný vhlad do kognitivních procesů a mentální zátěže, kterou jednotlivci prožívají (Skaramagkas et al., 2023a).

V odborné literatuře je snaha o kvantifikovatelné a normalizovatelné uchopení zmíněných metrik, tak aby bylo snazší jednotlivé modely porovnávat a validovat (Skaramagkas et al., 2023b). Navíc pokroky ve strojovém učení umožnily vývoj složitých modelů, které mohou kombinovat několik metrik sledování pohledu, aby poskytly podrobnější pochopení a odhad mentální zátěže. Tyto modely mohou být přizpůsobeny konkrétním požadavkům studie nebo aplikace a lze využít individuální nebo kombinovanou sílu metrik pro sledování pohledu k odvození významných vhladů do mentální zátěže a kognitivních procesů (Skaramagkas et al., 2021b).

Univerzálnost metrik sledování pohledu je ještě více zdůrazněna jejich aplikací v různých doménách. Například ve scénářích poloautonomního řízení byly metriky jako změna průměru zornic, počet sakád, doba trvání sakád, počet fixací a 3D entropie pohledu shledány jako indikátory mentální zátěže (W. Chen et al., 2022). Podobně byly ve vývojovém prostředí využity metriky pohybu očí k navržení modelu předpovědi mentální zátěže (Das et al., 2022). Schopnost měřit aktivní zátěž v reálném čase u pilotů nebo řidičů byla také prokázána analýzou rozložení pohledu a metrik sledování pohledu (Bitkina et al., 2021).

Zagermann a spol. představili svůj deskriptivní model, který popisuje vztah mezi pohyby očí a kognitivní zátěží, a podobně diskutují o tom, jak specifické charakteristiky HCI ovlivňují tento model a kompilují použití dat ze sledování pohybu očí k měření kognitivní

zátěže ve vizuálním procesu. Výsledkem je model, který zahrnuje charakteristiky HCI do vztahu mezi daty ze sledování pohybu očí a kognitivní zátěže. Autoři argumentují, že sledování pohybu očí by mělo být považováno za cenný nástroj k analýze kognitivních procesů a jejich měření (Zagermann et al., 2016).



Obrázek 8 - Model vlivu Eye-tracking metrik na kognitivní zátěž – převzato a upraveno z práce (Zagermann et al., 2016)

Výše uvedené studie ilustrují potenciál metrik sledování pohledu jako klíčového nástroje pro pochopení a měření mentální zátěže, čímž otvírají cestu k vývoji sofistikovanějších modelů, jako je zde navrhovaná normalizační metoda měření mentální zátěže. Prostřednictvím interdisciplinárního přístupu, který kombinuje technologii sledování pohledu se statistickými a metodami strojového učení, lze dosáhnout komplexního modelu pro odhad mentální zátěže, čímž přispěje k širšímu úsilí o zlepšení interakce a výkonu mezi člověkem a strojem v různých doménách.

V rámci tohoto experimentu byl na základě syntézy a rešerše odborné literatury vytvořen zjednodušený výpočetní model pro strojové zpracování dat získaných prostřednictvím technologie sledování pohledu (ET). Tento model, označený jako EMLI, poskytuje možnost kvantifikace a normalizace biometrických dat, čímž usnadňuje jejich interpretaci a srovnatelnost. Zejména pak je model harmonizován se sebehodnotícím nástrojem NASA TLX, od něhož přejímá schéma kategorizace a metodu normalizace (Cao et al., 2009). Model je inspirován například přístupem představeným ve studii Chena a kolegů, kteří rovněž zpracovávali data získaná sledováním pohledu (ET) komplexním způsobem, se

zaměřením na sumarizaci a normalizaci dat, čímž přispěli k dlouhodoběji reprodukovatelnému a kvantifikovanějšímu přístupu k měření (W. Chen et al., 2022).

6.4. Výzkumné otázky předkládaného experimentu

Na rozdíl předchozích dvou experimentů byly kvůli přehlednosti a množství provedených analýz stanoveny výzkumné otázky namísto cílů:

- 1) Existují významné rozdíly v chování a percepci uživatelů na úrovni interakce pohlaví a typu e-shopu (domácí potřeby, móda, cukrářské výrobky) při plnění vyhledávacího úkolu?
- 2) Existují rozdíly v hodnocení estetické kvality stránek e-shopů (domácí potřeby, móda, cukrářské výrobky) na základě standardizovaného dotazníku VisAWI.
- 3) Je možné využít model EMLI k výpočtu celkové mentální zátěže na úrovni strojového zpracování Eye-tracking dat.

6.5. Metody

6.5.1. Vzorek

Experimentu se zúčastnilo 61 osob (30 žen) ve věku 18–26 let ($SD = 1.61$, $SE_M = 0.21$).

6.5.2. Stimulační materiál

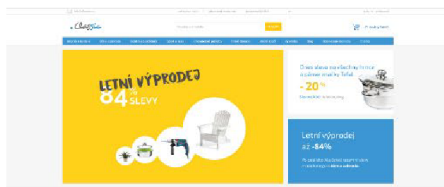
Stimuly tvořily tři reálné šablony stránek internetového obchodu přístupné online. První obchod „Classic“ obsahoval jako referenční produkty s domácími potřebami. Rozložení odpovídá běžné praxi s tzv. jednosloupcovým layoutem s hlavním horizontálním navigačním menu, hlavičku s dominantním reklamním bannerem a dvěma doprovodnými. Dále je obsah tvořen výpisem produktů se čtyřmi produkty v jedné řadě. Produktů jsou celkem čtyři řady a uprostřed se nachází reklamní pruh. Patička stránky obsahuje reference, odkazy na informace o obchodu a jeho hodnocení včetně kontaktů. Stránky, až na reference, neobsahují žádné fotografie s lidským elementem. Barevné rozložení obsahuje tři dominantní složky (bílá jako pozadí, modrá pro aktivní navigace a olivová pro důležité prvky směřující k nákupu zboží).

Šablona „Step“ reprezentuje obchod s módou, její pojetí je konzistentní se samotnými produkty, tedy je zde oproti šabloně Classic využito mnohem více lidských elementů.

Zejména dominantní je obrázek osoby v hlavičce a na doplňkových reklamních bannerech. Produkty jsou primárně zobrazeny čistě bez osob, některé po najetí myši přepnou na zobrazení produktu na osobě. Šablona má výraznější design a zobrazuje pouze dvě řady produktů po čtyřech v jedné řadě. Barevné rozložení je dominováno bílou a černou barvou, kde černá barva a její odstíny dominují v horní části stránek (hlavičce) a bílá na pozadí produktů. Aktivní prvky včetně tlačítek nejsou odlišeny doplňkovou barvou a jsou bez změny i přes najetí myši.

Šablona „Waltz“ reprezentuje online obchod s cukrářskými výrobky. Hlavičku lze rozdělit na dvě části, v její horní polovině je na pozadí přehráváno video s osobou zachycenou při výrobě některého z výrobků. Toto video je potlačeno jednobarevným přechodem. Pod tímto videem se nacházejí čtyři navigační bannery na jednotlivé kategorie produktů, jež jsou reprezentovány jejich samotnými obrázky. Výpis produktů zobrazuje pouze dvě řady produktů pokaždé se třemi produkty. Následují opět dvě řady reálných ukázek tvorby a dále odkazy na články v blogu. Patička je poté reprezentována opět referencemi na obchod včetně obecných informací a kontaktů. Lidský faktor je v tomto případě tvořen fotografií osoby, která představuje v samotném závěru stránky tento obchod. Dále v samotném videu je možné zahlédnout pracovníky obchodu při práci s produkty. Dominantními barvami obchodu jsou bílá na pozadí, starorůžová jako doplňková barva zvolená např. pro informace o ceně nebo jako podbarvení textu vloženého do obrázku nebo videa.

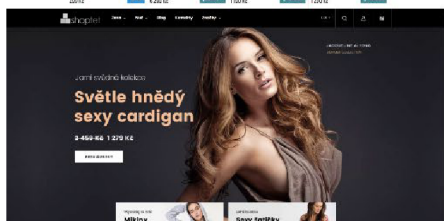
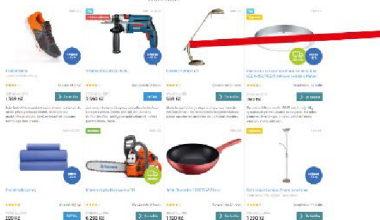
Samotné zobrazení detailu produktů se mezi šablonami liší především v množství prezentovaných informací. Nejjednodušší provedení nalezneme u šablony Waltz, kde oblast produktu zahrnuje pouze fotografii, název a cenu. Až následně po najetí myši na tuto oblast se zobrazí dodatečné informace (hodnocení, skladová dostupnost atd.) a tlačítko přidat do košíku. Šablony Classic a Step tyto informace zobrazují ihned v rámci výpisu. Jak je vidět na Obrázku 9 v ukázkách, je možné charakterizovat komplexitu prezentace produktu jako nejnižší u šablony Waltz (obrázek produktu, název a cena), střední až vyšší u šablony Step (obrázek produktu, název, cena, tlačítko, velikost a v některých případech doplněno o grafické štítky o dopravě zdarma nebo aktuální akci) a nejvyšší u produktů šablony Classic (kód produktu, obrázek produktu, název, hodnocení, informace o doručení, cena včetně ceny bez DPH a tlačítko).



Průměrné RGB
(230, 233, 228)



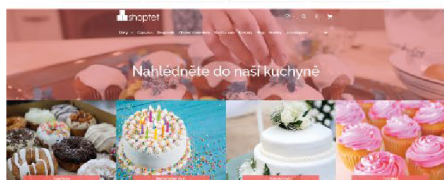
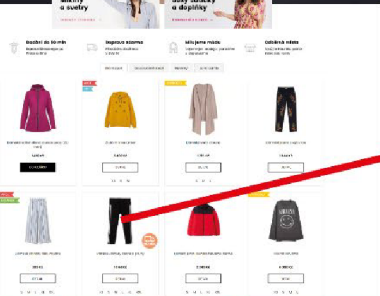
Šablona Classic



Průměrné RGB
(230, 233, 228)



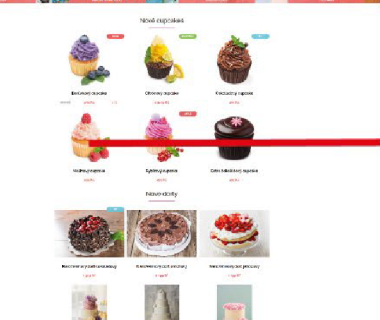
Šablona Step



Průměrné RGB
(230, 233, 228)



Šablona Waltz



Prezent Python 519



Doručení do 24 hodin

454 Kč bez DPH

549 Kč

Do košíku



Pánské kalhoty černé s pruhy

1044 Kč

DETAIL

XS S M L XL XXL



Malinový cupcake

159 Kč

Obrázek 9 - Webové stránky - vlastní zpracování

6.5.3. Zařízení

Pohyby očí byly zaznamenávány binokulárně pomocí sledovače očí Tobii X2-60 s vzorkovací frekvencí 60 Hz.

6.5.4. Postup

Participantů se účastnili experimentu jednotlivě. Na jeho začátku byli upozorněni na etické ujednání a byli informováni o tom, že během experimentu budou zaznamenány pohyby jejich očí za pomoci oční kamery. Následovala úvodní instrukce: *„Nyní se vžijte do role zákazníka e-shopu, Vaším úkolem bude hledat již konkrétní produkt na úvodní stránce e-shopu a následně budete hodnotit design/vzhled/grafiku daného e-shopu. Hledaný produkt vyberte následně pomocí kliknutí myši. Před každým obchodem bude zobrazen kalibrační kříž, na který je potřeba se dívat.“* V průběhu samotného experimentu byla vždy zobrazena jednoduchá instrukce např. pro šablonu Classic: *„Na následující stránce najdete a vyberte produkt: stolní lampička značky Python. Po zobrazení produktu zavřete okno prohlížeče pomocí křížku.“* Po každé šabloně byl prezentován jednostránkovou variantou dotazník UEQ s popisem vyplňování. Na každou stránku byl nastaven vnitřní limit 60 s, který nepřekročil žádný ze zúčastněných respondentů.

6.5.5. Design

Experiment byl koncipován jako vnitroskupinový design s nezávislou proměnou šablona stránky a bylo měřeno několik závislých Eye-tracking proměnných. Dále byla získávána subjektivní data z uživatelského dotazníku.

6.5.6. Analýza dat

Pro statistickou analýzu dat byla použita metoda Analýzy kovariance (ANCOVA). Tento test umožnil vyhodnotit rozdíly mezi skupinami na závislou proměnnou, zatímco byl kontrolován vliv jedné kovariační proměnné v podobě pohlaví respondentů. Použitím ANCOVA bylo možné získat přesnější odhad efektu nezávislé proměnné tím, že byla odfiltrována variabilita způsobená kovariační proměnnou, což poskytlo hlubší porozumění vztahům mezi proměnnými ve studii. K měření subjektivních dat byl vybrán dotazník Visual Aesthetics of Websites Inventory (VisAWI). Pro měření mentální zátěže byl vytvořen a sestaven model EMLI. Tento model kombinoval práci s daty na úrovni softwaru pro záznam Eye-tracking metrik, programu MS Excel pro provedení jednotlivých matematických operací a testování pomocí statistického softwaru.

Celá analýza byla provedena v souladu s literaturou a zahrnovala testování Eye-tracking dat na úrovni oblasti zájmu (Area of Interest, AOI) celých stránek, kde byly vybrány

především průměrované metriky, které mají větší vypovídající hodnotu. Na samotnou AOI cílových produktů (úkolem k vyhledání) byly zvoleny dodatečné metriky, jako je čas do první fixace (Time to First Fixation, TTFF) nebo disperze fixací. Zároveň byly všechny záznamy respondentů procházeny ručně, tak aby bylo možné identifikovat a kvalitativně zhodnotit, zda odchylky a rozdíly v datech nejsou způsobeny anomáliemi či nepředvídatelným chováním uživatele či samotné stránky.

Dotazník VisAWI byl navržen k hodnocení vizuální estetiky webových stránek a byl vyvinut v reakci na potřebu adekvátního měření estetiky, protože existující nástroje vykazovaly nedostatky. VisAWI se skládá ze subjektivních hodnocení na základě objektivních vizuálních vlastností (Moshagen & Thielsch, 2010b, 2013).

V závěrečné části byl k posouzení celkové zátěže jednotlivých šablon na kognitivní procesy uživatelů vyvinut a aplikován model EMLI.

6.5.7. Model EMLI

Model EMLI byl konstruován s cílem zpracovat základní data z Eye-trackingu, která jsou komplikovaná rozdílnými měřítky a jednotkami, jako jsou počet výskytů (fixace, sakády atd.), časové metriky (doba fixace, doba pohledu, čas do první fixace atd.) a měřítko ve stupních (rychlost a délka sakád, disperze fixací atd.) (C. Wu et al., 2020). Tyto rozdílné metriky mohou nést odlišné nebo podobné informace o chování uživatele a mohou být obtížně porovnatelné a interpretovatelné, což se může projevit ve výsledcích a interpretaci statistických testů. EMLI tyto problémy řeší prostřednictvím min-max normalizační metody, která data převádí na škálu od 0 do 1, což usnadňuje jejich kategorizaci a porovnávání, přičemž nedochází ke ztrátě závislostí a informací mezi jednotlivými měřeními. Tato metoda také slouží k odstranění odlehých hodnot (Tan et al., n.d.). Problémy se závislostí mezi jednotlivými daty, např. mezi počtem fixací a dobou fixace nebo mezi velikostí a dobou sakád, jsou řešeny zavedením souhrnného korelačního koeficientu, který může výsledek modelu oslabit nebo posílit v závislosti na síle a polaritě zjištěné závislosti (W. Chen et al., 2022; Ktistakis et al., 2022). Celkovou mentální zátěž pak lze reprezentovat a vizualizovat ve stejném měřítku, jako je tomu u obecně používané subjektivní metody NASA TLX, což usnadní jeho budoucí verifikaci, viz Tabulka 20.

Tabulka 20 – Skóre interpretace NASA TLX převzato z (Hart & Staveland, 1988)

Worload	Hodnota
Nízká	0–9
Střední	10–29
Poněkud vysoká	30–49
Vysoká	50–79
Velmi vysoká	80–100

Metriky používané v modelu EMLI jsou podrobně popsány v Tabulce 21, kde jsou uvedeny základní metriky modelu a jejich vliv na celkové skóre EMLI. Na základě existující literatury bylo prokázáno, že velikost zornic, mrkání a doba fixace mají vliv na mentální zátěž, zatímco u počtu fixací a velikosti a rychlosti sakád není dosaženo shody ohledně jejich váhy a polaritě vlivu (S. Chen et al., 2011; Manuel Garcia-Barrios et al., 2004). Tyto nejasné vztahy a složitost interpretace metrik jsou v modelu EMLI řešeny zavedením faktoru míry vzájemné korelace, aby byl výsledný model robustnější vůči nejasným vztahům a reagoval na míru závislosti až v kontextu naměřených dat. Inverzní funkce byla nastavena pouze pro míru mrkání, jelikož její interpretace je solidně definována v rámci předchozí literatury.

Tabulka 21 – Metriky modelu a jejich role v modelu EMLI – vlastní zpracování

Metrika	Vysvětlení v modelu (vyšší míra kognitivní zátěže)	Váha	Zdroje
Zornice v mm (Pupil diametr)	Větší průměr zornic	Vysoká	
Frekvence mrkání za minutu (Blink rate per minute)	Nižší míra mrkání	Vysoká	
Doba trvání průměrné fixace v ms (Average fixation duration)	Větší doba fixací	Střední až vysoká	(S. Chen et al., 2011, 2013; S. Chen & Epps, 2013; W. Chen et al., 2022; Ktistakis et al., 2022; Sáiz- Manzanares et al., 2023; Skaramagkas et al., 2021b, 2021a; Zagermann et al., 2016)
Počet fixací (Fixation count)	Větší počet fixací	Střední	
Délka sakády – úhlová vzdálenost ve stupních (Saccade amplitude)	Delší sakády	Nízká až střední	
Rychlost sakád – úhlová rychlost ve stupních za sekundu (Saccade velocity)	Vyšší rychlosti sakád	Nízká až střední	

V textu níže je uveden matematický zápis jednotlivých procesů výpočtu a transformace dat:

1) Normalizace Eye-tracking Metrik:

$$X_{i, norm} = \frac{X_i - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)}$$

v případě metriky frekvence mrkání (blink rate) je potřeba zohlednit inverzní vztah v rámci modelu.

$$X_{blink, norm} = 1 - \frac{X_{blink} - \min(X_{blink})}{\max(X_{blink}) - \min(X_{blink})}$$

X_i : Hodnota i-té Eye-tracking metriky před normalizací.

$\min(X_i)$: Minimální hodnota i-té Eye-tracking metriky v datové sadě.

$\max(X_i)$: Maximální hodnota i-té Eye-tracking metriky v datové sadě.

$X_{i, norm}$: Normalizovaná hodnota i-té Eye-tracking metriky.

2) Výpočet korelačního koeficientu:

a) Pearsonův korelační koeficient:

$$r_{ij} = \frac{\sum((X_i - \bar{X}_i)(X_j - \bar{X}_j))}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X}_i)^2 \sum(X_j - \bar{X}_j)^2}}$$

X_i, X_j : Hodnoty dvou různých metrik.

\bar{X}_i, \bar{X}_j : Průměrné hodnoty těchto metrik.

r_{ij} : Pearsonův korelační koeficient mezi metrikou X_i a X_j

a) Alternativně, Spearmanův korelační koeficient:

$$r^s_{ij} = 1 - \frac{6\sum d^2_{ij}}{n(n^2 - 1)}$$

d_{ij} : Rozdíl v hodnotách hodnot metrik X_i a X_j .

n : Počet hodnot (párů hodnot) ve vašich datových sadách.

r^s_{ij} : Spearmanův korelační koeficient mezi metrikou X_i a X_j .

3) Výpočet celkového korelačního koeficientu:

$$r_{avg} = \frac{\sum r_{ij}}{\frac{N(N-1)}{2}}$$

Kde $N(N-1)/2$ je počet jedinečných párů metrik.

4) Výpočet mentální zátěže pro každý řádek:

$$MZ = \sum (X_{i, \text{norm}} \cdot e^{-r_{avg}})$$

exp: Exponenciální funkce, která je použita k transformaci celkového korelačního koeficientu r_{avg} tak, aby pozitivní hodnoty snižovaly váhu a negativní hodnoty zvyšovaly váhu výsledné mentální zátěže.

MZ: Mentální zátěž pro daný řádek, která je vypočtena jako suma normalizovaných hodnot metrik, každá vynásobená exponenciální funkcí celkového korelačního koeficientu.

5) Normalizace řádků mentální zátěže:

$$MZ_{norm} = \left(\frac{MZ - \min(MZ)}{\max(MZ) - \min(MZ)} \right) \cdot 100$$

min(MZ), max(MZ): Minimální a maximální hodnota mentální zátěže v datové sadě.

MZ_{norm}: Normalizovaná hodnota mentální zátěže pro daný řádek, která je následně přeškálována na škálu 0 až 100, aby byla kompatibilní se škálou NASA-TLX.

Postup zpracování modelu EMLI

Zpracování dat a použití modelu probíhalo pro účely této disertace na několika úrovních. S ukázkou zpracování dat MS Excel viz Tabulka 22.

- 1) Sběr Eye-tracking dat.
- 2) Export ET dat za pomoci softwaru iMotions 9.1 (I-VT filter).
- 3) Import dat do programu MS Excel.

- 4) Vytvoření vzorců pro normalizaci jednotlivých metrik.
- 5) Export normalizovaných metrik do statistického nástroje (Intellectus Statistics).
- 6) Výpočet Spearmanovy korelace a výpočet průměrovaného korelačního koeficientu.
- 7) Implementace koeficientu pro výpočet souhrnného EMLI indexu a jeho normalizace.
- 8) Import výsledného indexu k původním datům (původní design experimentu se všemi respondenty a jejich záznamy)
- 9) Analýza rozptylu ANOVA pro nezávislou proměnu šablona a závislou proměnou indexu EMLI.

Modifikace modelu EMLI

Primární vlastností modelu EMLI je vyjádření normalizované sumace vybraných biometrik. Z této vlastnosti plynou některé výhody i nevýhody modelu. Jelikož se jedná o sumu, má výsledný počet metrik přímý dopad na jeho absolutní hodnoty, avšak zachovává v datech významnost rozdílů a sílu těchto ukazatelů. Nicméně tento výsledek je tedy nutné vždy porovnávat mezi sebou za předpokladu stejného nastavení. Naopak průměrovaný výsledný index normalizovaných veličin může přinést stabilnější a snáze porovnatelné měřítko. Další možnou modifikací je určení konkrétních vah pro jednotlivé metriky. Jak je naznačeno v Tabulce 21, dle literatury se ne každá složka podílí na výsledné zátěži stejně. Proto je možné do budoucna model validovat a verifikovat s různými nastaveními těchto vah. Nicméně pro prvotní zjednodušení tohoto modelu se v této studii pracuje s neváženými metrikami a výsledný vztah proměnných je reflektován výsledným korelačním průměrem.

Tabulka 22 – Ukázka výpočtu MWLS v Excelu – vlastní zpracování

Vzorce Excel	(A4- MIN(A\$2:A\$184))/(MAX(A\$2:A\$184)-MIN(A\$1:A\$183))	(B2- MIN(B\$2:B\$184))/(MAX(B\$2:B\$184)-MIN(B\$1:B\$183))	CORREL(C\$2:C\$184;D\$2:D\$184) nebo výpočet průměru výsledků korelační matice	EXP(-(E2))	SUMA(C4:D4*\$F\$2)	(G4- MIN(G\$2:G\$184))/(MAX(G\$2:G\$184)-MIN(G\$1:G\$183))*100	
Duration of average fixation	Fixation count	Normalizovaná Duration of average fixation	Normalizovaná Fixation count	Výpočet celkového korelačního koeficientu (r ²)	Výpočet Váhového Koeficientu	Výpočet mentální zátěže pro každý řádek (MWLS)	Celkové MWLS
152,85	23	0,333993759	0,145833333	0,152684477	0,858400524	0,411883828	29,775709
208,97	26	0,611966913	0,166666667			0,668379473	48,31816971
177,8	18	0,457575908	0,111111111			0,488161235	35,28991892
125,7	12	0,199514587	0,069444444			0,230874574	16,69027445
125,52	17	0,198623013	0,104166667			0,259914819	18,78963802
169,4	80	0,415969092	0,541666667			0,822035037	59,42616442
223,14	36	0,682153648	0,236111111			0,788238951	56,98299386
187,26	98	0,504433107	0,666666667			1,00527266	72,67269113
178,18	32	0,459458121	0,208333333			0,573232534	41,43985267
219,94	56	0,666303433	0,375			0,893855412	64,61816869
190,24	24	0,51919362	0,152777778			0,5768206	41,69923943
149,01	34	0,3149735	0,222222222			0,46112909	33,33572399
156,62	15	0,352667294	0,090277778			0,380224282	27,48699224
158,63	27	0,362623211	0,173611111			0,460303823	33,27606419
166,69	18	0,402545941	0,111111111			0,440923483	31,87502988
159,91	79	0,368963297	0,534722222			0,775724123	56,07827794
207,94	21	0,606865125	0,131944444			0,634194521	45,84688753
170,82	44	0,423002625	0,291666667			0,613472495	44,34886068
187,52	44	0,505720937	0,291666667			0,684477937	49,48195221
...
...
...

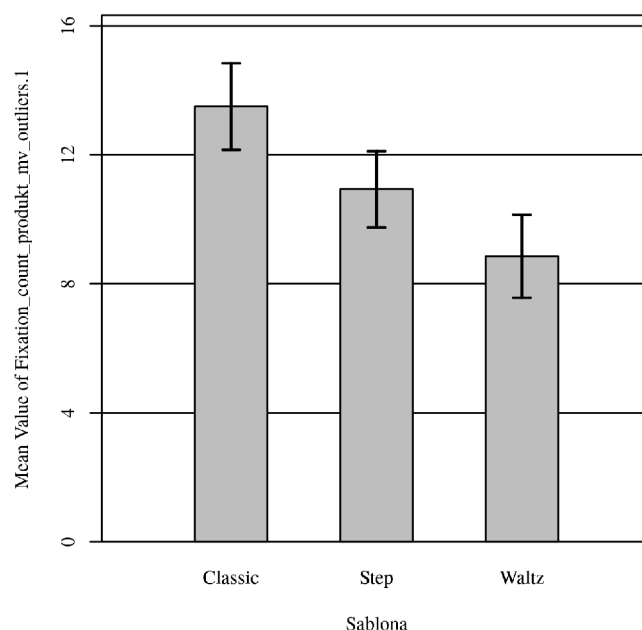
6.6. Výsledky

6.6.1. Existují významné rozdíly v chování a percepci uživatelů na úrovni interakce pohlaví a typu e-shopu (domácí potřeby, móda, cukrářské výrobky) při plnění vyhledávacího úkolu?

V této části bude následovat shrnutí statistických šetření jednotlivých Eye-tracking metrik nad oblastí celých stránek a samostatných produktů, které byly předmětem vyhledávání uživatelů v rámci zadaného úkolu. Pro ověření rozdílů byly použity samostatné ANCOVA testy pro každou závislou proměnou s následným Post-hoc testy (Turkey HSD). Výsledky jsou následně shrnuty v Tabulce 24.

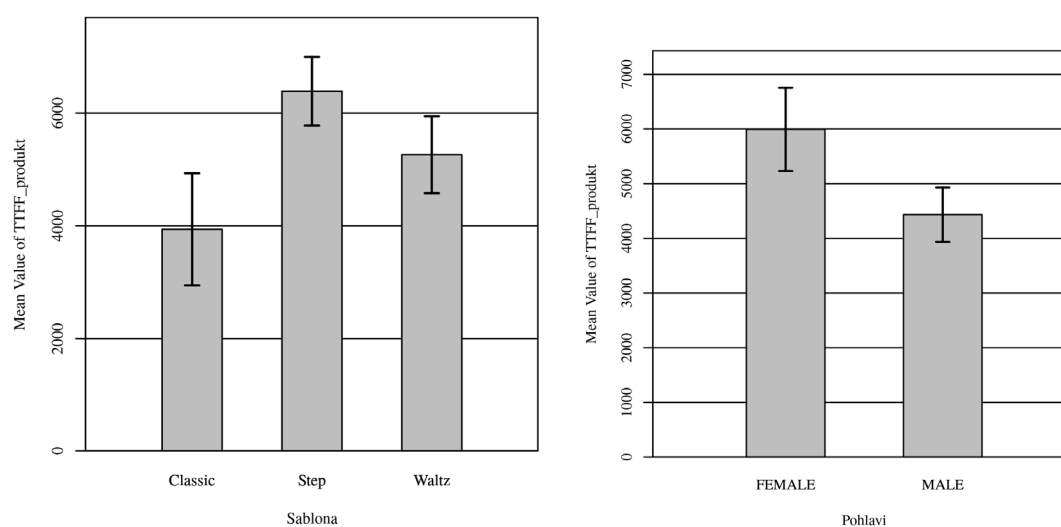
- 1) **Průměrný počet fixací** – i přes určitý trend a relativně nízkou p hodnotu mezi šablonami na úrovni celých stránek, $F(2, 108) = 2,62, p = ,077$, byl potvrzen významný rozdíl na AOI oblastech produktů, $F(2, 96) = 9,58, p < ,001, \eta_p^2 = 0,17$. Pro šablonu Classic byl průměrný počet fixací na produkt vyšší než pro šablonu Step $t(48) = 2,85, p = ,017$ a také vyšší než pro šablonu Waltz, $t(48) = 3,87, p < ,001$. S ohledem na to, že celková doba do vyhledání a potvrzení kliknutím na správný produkt nebyla významně odlišná mezi e-shopy, můžeme spojovat tento vyšší počet fixací s množstvím prezentovaných informací v této oblasti, která mohla znamenat větší nárok na uživatelovo pátrání po vyhledání správného popisu produktu.

Graf 3 – Průměrný počet fixací (AOI - produkty) - vlastní zpracování



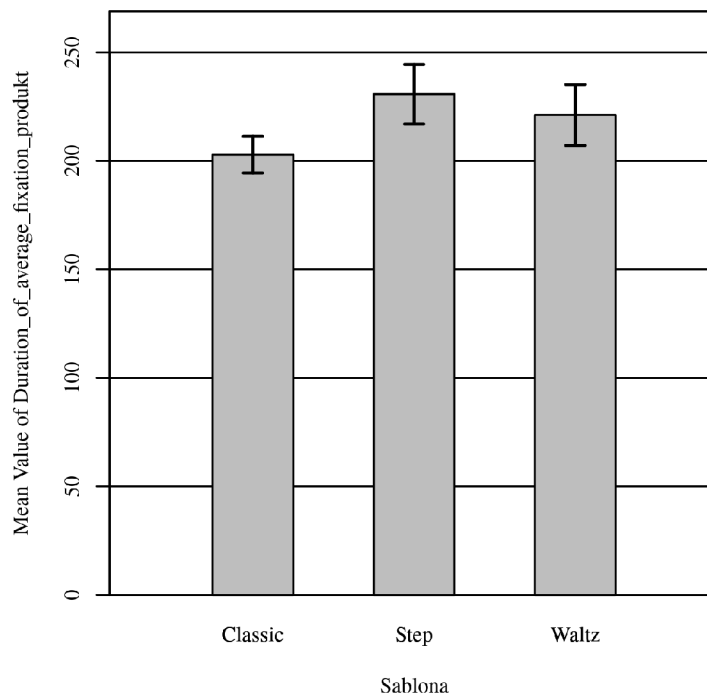
2) **Čas do první fixace** (TTFF – pouze pro AOI produktů) – tato proměnná je logicky ovlivněna vzdáleností umístění hledaného produktu od horního okraje stránky. V případě šablony Classic byl tento produkt nejbližší v rámci vertikální vzdálenosti od úvodních fixací uživatelů. Rozdíl byl signifikantní jak pro úroveň šablony, $F(2, 96) = 8,27$, $p = ,001$, $\eta_p^2 = 0,15$ a zároveň i pro pohlaví $F(1, 48) = 11,64$, $p = ,001$, $\eta_p^2 = 0,20$. I když samotná interakce mezi pohlavím a šablonou nebyla prokázána $F(2, 96) = 0,38$, $p = ,646$, $\eta_p^2 = 0,00$. Provedené post-hoc testy odhalily rozdíly v párovém porovnání, konkrétně pro šablonu Classic byl průměrný čas do první fixace (TTFF) na produkt menší než pro šablonu Step, $t(48) = -3,73$, $p = ,001$ a u šablony Step byl významně větší než u šablony Waltz $t(48) = 2,66$, $p = ,028$. Opět lze uvažovat nad tím, že i přes to, že na šabloně Classic viděli uživatelé hledaný produkt jako první, nevedlo to k významně rychlejšímu času splnění úkolu. Dále je zajímavé, že muži zpozorovali obecně cílenou oblast významně rychleji nežli ženy. Zjištění na úrovni rozdílu v pohlaví je v souladu s literaturou. Rozdíl pohlaví je často potlačen jinými faktory jako preference uživatelů či předchozími zkušenostmi, na druhou stranu při vyhledávacím úkolu mohou být preference potlačeny a více se projevuje efekt, že ženy jsou při procházení stimulu více pečlivé, což může vést k rozdílům mimo v množství sakád apod., které mohou v konečném důsledku znamenat delší čas k první fixaci (Abdi Sargezeh et al., 2019; P. S. Huang & Chen, 2016; Sammaknejad et al., 2017).

Graf 4 – Průměrný čas do první fixace (AOI - produkty) - vlastní zpracování



3) **Průměrná doba fixací** (Average fixation duration) – významný rozdíl byl opět identifikován pouze na úrovni oblastí produktů $F(2, 96) = 5,03, p = ,008, \eta_p^2 = 0,09$. Provedené post-hoc testy posléze potvrdily, že pro šablonu Classic byla průměrná doba fixace na produkt menší než pro šablonu Step $t(48) = -2,85, p = ,017$. Žádné další významné rozdíly nebyly nalezeny. Tento výsledný rozdíl není jednoduché interpretovat. Nicméně po bližším zkoumání teplotních map a jednotlivých záznamů respondentů je jako jednou z možných příčin samotný typ produktu u šablony Step (módní kalhoty) ve spojení s interakcí přepnutí na detailnější fotografii produktu po najetí myši. Kombinace těchto faktorů mohla zapříčinit tento významný rozdíl (Nuthmann, 2017; Schwedes & Wentura, 2016).

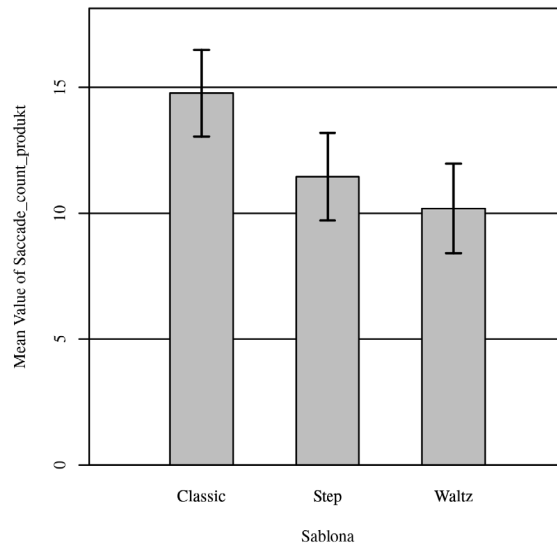
Graf 5 – Průměrná doba fixací (AOI - produkty) - vlastní zpracování



4) **Průměrný počet pohledů/sakád** (Saccade) – podobně jako u času do první fixace analýza prokázala signifikantní rozdíl na úrovni šablon, $F(2, 165) = 7,08, p = ,001, \eta_p^2 = 0,08$. Výsledky post-hoc testů objevily, že významné rozdíly pro průměrný počet sakád u šablony Classic byl významně větší než pro šablonu Step, $F(2, 96) = 8,97, p < ,001$ a stejně tak větší než u šablony Waltz, $F(2, 96) = 0,63, p = ,537$. Rozdíl v počtech sakád (rychlých pohybů oka mezi fixačními body) naznačuje a prohlubuje zjištění v rozdílech na úrovni složitosti šablon, resp. prezentaci hledaných produktů. U šablony

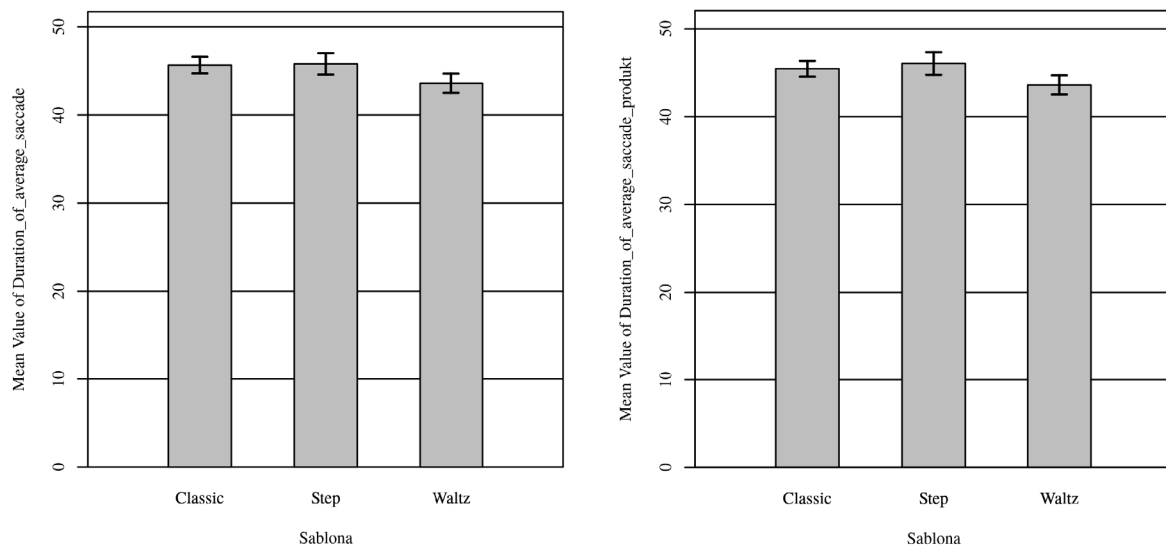
Classic musel uživatel zřejmě pro potvrzení, že se jedná o správný produkt, vynaložit větší úsilí, které se projevilo mimo jiné i právě v počtu sakád.

Graf 6 – Průměrný počet pohledů (AOI - produkty) - vlastní zpracování



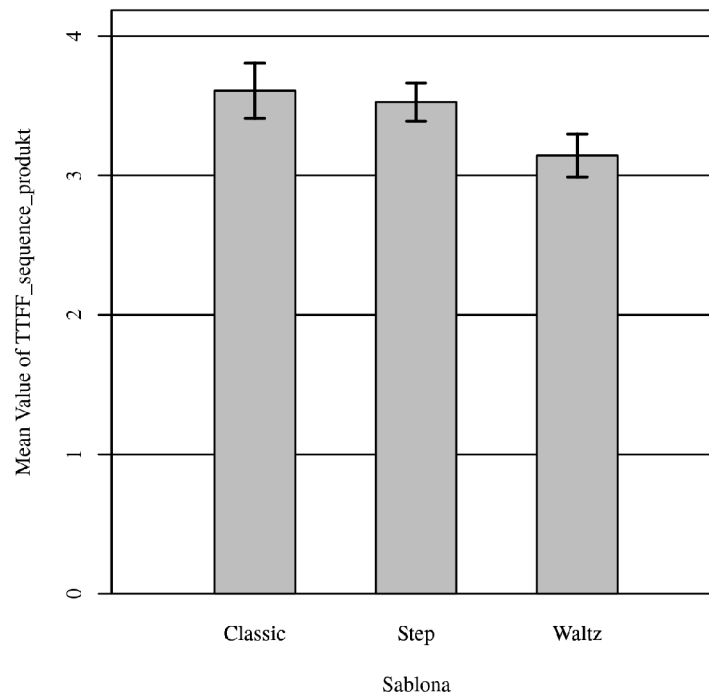
5) **Průměrná doba pohledů/sakád** (Average saccade duration) – v tomto případě byl potvrzen významný rozdíl na úrovni celých stránek, $F(2, 108) = 4,92, p = ,009, \eta_p^2 = 0,08$ a také produktů, $F(2, 106) = 4,84, p = ,010, \eta_p^2 = 0,08$. Post-hoc testy pro celé stránky zjistily, že průměrná doba pohledů u šablony Classic byla větší než Waltz, $t(54) = 2,79, p = ,019$ a u šablony Step větší než u šablony Waltz, $t(54) = 2,57, p = ,034$. V případě AOI samotného produktu byla blízko k významnému většímu rozdílu u šablony Classic vzhledem k šabloně Waltz, $p = ,057$ a už významně větší metrika v případě Stepu nad Waltz, $t(53) = 2,71, p = ,024$. I přes malé, leč signifikantní rozdíly v této metrice je možné kontrovat předchozím zjištěním, jelikož literatura uvádí, že naopak menší průměrná doba sakád evokuje určité problémy s použitelností stránek. Ať už z hlediska hledání a zpracování informací či orientaci (Guo et al., 2022a). Nicméně je potřeba podotknout, že tyto rozdíly jsou skutečně marginální a jejich důvody by měly být podrobeny dalšímu zkoumání.

Graf 7 – Průměrná doba pohledů/sakád (Celá stránka a AOI produkty) - vlastní zpracování



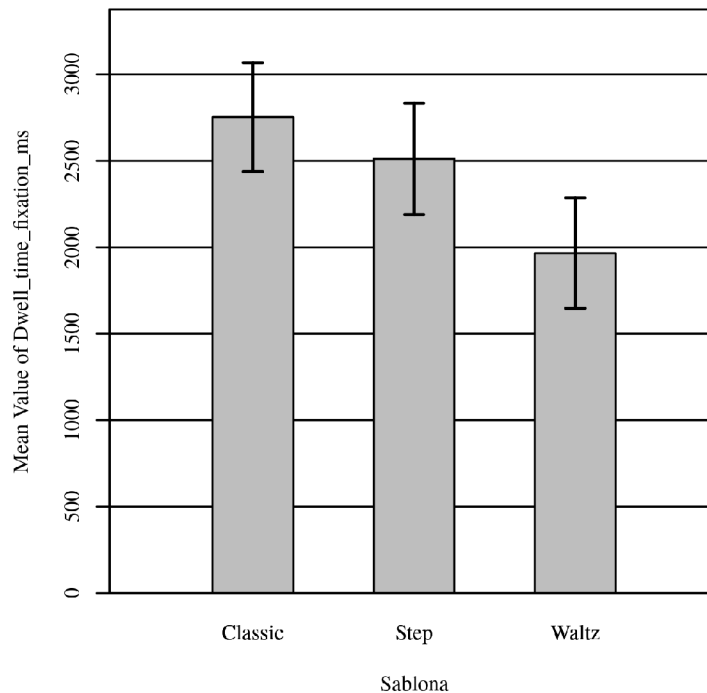
6) **Sekvence před první fixací** (TTFF sequence) – v případě této metriky byly identifikovány významné rozdíly na úrovni AOI produktů mezi šablonami (v případě celých AOI nemá smysl měřit), $F(2, 96) = 7,68$, $p = ,002$, $\eta_p^2 = 0,14$. Konkrétně šablona Classic vykazala větší počet sekvencí než Waltz, $t(48) = 3,33$, $p = ,005$ a Step větší také nežli Waltz, $t(48) = 3,81$, $p = ,001$. Tato metrika je velmi užitečná při identifikaci a interpretaci chování uživatelů v prostředí internetových stránek, jelikož popisuje, kolik museli v průměru uživatelé udělat fixací před fixací na samotnou cílovou AOI. V tomto případě experiment opět poukazuje na paradox, že i přes nejkratší čas do první fixace u šablony Classic, pravděpodobně zapříčiněnou i nejbližší vzdáleností AOI produktu od vrchního okraje stránky, byl naopak index TTFF nejvyšší, což značí, že uživatelé fixovali v průměru vícekrát na některé z okolních prvků, nežli se dostali očima k cílové oblasti. Tato metrika se jen minimálně zmiňuje v odborné literatuře i přes její zajímavou vypovídající hodnotu. Tím tak zakládá k dalšímu možnému zkoumání.

Graf 8 – Sekvence před první fixací (AOI produkty) – vlastní zpracování



- 7) **Průměrná doba setrvání pohledů** (Dwell time) – tzv. „dvelování“ je součet doby fixací a doby sakád na vybrané AOI. V případě oblasti cílového produktu byly nalezeny významné rozdíly mezi šablonami, $F(2, 98) = 4,55$, $p = ,013$, $\eta_p^2 = 0,08$. Participantů strávili signifikantně více času na oblasti produktu u šablony Classic nežli u šablony Waltz, $t(49) = 2,68$, $p = ,027$. Tato komplexní metrika má velkou vypovídající, i když ambivalentní hodnotu. Může totiž znamenat, s ohledem na kontext, problémy nebo naopak pozitivní zaujetí uživatele danou AOI (Vansteenkiste et al., 2015). To platí i pro vybrané oblasti internetových stránek. Avšak v případě tohoto experimentu s přihlédnutím k výsledkům ostatních metrik je vysoce pravděpodobné, že delší doba strávená na oblasti cílového produktu souvisí s jeho vyšší složitostí, a tím i náročností na jeho identifikaci pro úspěšné dokončení úkolu.

Graf 9 – Průměrná doba setrvání pohledů (AOI produktů) – vlastní zpracování



8) **Dilatace zorniček** (Pupil diameter) – byla měřena na rozdíl od předchozích metrik na úrovni celé doby procházení stránek. Není tedy vázána na konkrétní AOI ani čas dokončení úkolu potvrzený klikem na cílový produkt. Její porovnání a zahrnutí do analýzy je využito spíše dále v modelu EMLI jako parametr pro výpočet celkové mentální zátěže. To, že se objevily významné rozdíly na úrovni celých stránek, $F(2, 110) = 18,40$, $p < ,001$, je velice zajímavý poznatek, navíc samotné výsledky jsou v rozporu s očekáváním na základě předchozích výsledků metrik v této studii. Konkrétní post-hoc testy zjistily, že u šablony Classic byly zorničky významně více rozšířeny oproti šabloně Step, $t(55) = -5,69$, $p < ,001$, tak i Waltz, $t(55) = -3,20$, $p = ,006$ a zároveň u šablony Step byl průměr zorniček v milimetrech větší nežli u Waltz, $t(55) = 3,12$, $p = ,008$. Víme, že vyšší míra kognitivní nebo mentální zátěže je často spojena s větší dilatací zorniček. Tento jev je známý jako „Pupillary Response to Cognitive Load“ (zornická reakce na kognitivní zátěž). Když je mozek více zapojený nebo vystaven vyšší kognitivní zátěži, zorničky se často rozšíří. Tato reakce je považována za fyziologický ukazatel kognitivní aktivity a může být velmi užitečná ve výzkumu uživatelské zkušenosti, v psychologii a dalších oborech (Krejtz et al., 2018; Rodemer et al., 2023; Stolte et al., 2020).

V kontextu webových stránek může dilatace zorniček poskytnout užitečné informace o tom, jak náročné je pro uživatele interagovat s webovou stránkou nebo aplikací, rozumět prezentovaným informacím nebo dokončit určité úkoly. Pokud je například webová stránka nebo aplikace nepřehledná nebo složitá, uživatelé mohou zažívat vyšší kognitivní zátěž, což se může projevit ve větší dilataci zorniček (Sibley et al., 2011; Toker & Conati, 2017).

Vzhledem k těmto zdá se protichůdným zjištěním byla hledána možná příčina v souvislosti s faktorem, který není obecně ve studiích opírajících se o tuto metriku zkoumán a uváděn. Jedná se o celkový jas neboli luminiscenci vybraného podnětu. V případě zkoumaných webových stránek byl zvolen postup výpočtu založený na RGB stupnici barev a omezení jeho vnímání lidským okem (Bull & Zhang, 2021; Wandell & Silverstein, 2003). Byl vypočten celkový barevný index za pomoci programu Photoshop v25, ve kterém byla použita funkce Blur-average (Adobe, 2022). Výsledný koeficient byl dosazen do rovnice:

$$Y = 0,299 \cdot R + 0,587 \cdot G + 0,114 \cdot B$$

Luminance (Y) jsou barvy reprezentované v modelu RGB, kde R, G a B jsou hodnoty barevných složek červená, zelená a modrá. Tato formule je často označována jako NTSC formule, jelikož je založena na standardech stanovených Národním výborem pro televizní systémy (NTSC) pro převod barevného obrazu na obraz ve stupních šedi. Koeficienty 0,299, 0,587 a 0,114 jsou vážené průměry odvozené z vnímání intenzity barev lidským okem (Brainard, 2001; Jack, 2008). Výsledné hodnoty jsou poté uvedeny v Tabulce 23.

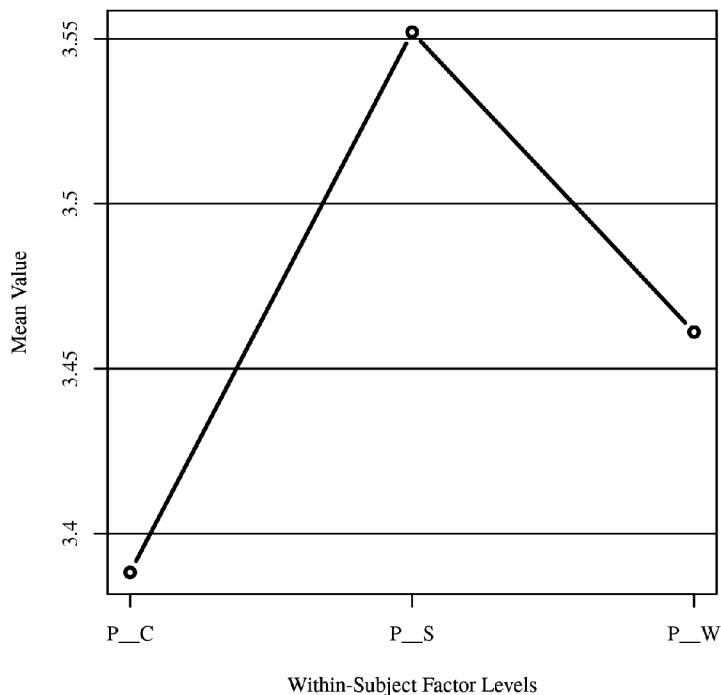
Tabulka 23 – Celková luminiscence za jednotlivé šablony – vlastní zpracování

Šablona	R	G	B	Celkem
Classic	230	233	228	231,533
Step	184	180	181	181,31
Waltz	225	211	210	215,072

Jelikož pro všechny respondenty se střídaly pouze tři stránky, není možné tyto hodnoty spolu navzájem statisticky ověřovat. Nicméně na základě porovnání celkových hodnot dilatace zornic a luminiscence (čím nižší hodnota Y, tím je celkový jas nižší) je vidět jistý trend, který by mohl spojovat nejvyšší hodnotu dilatace u šablony Step s nejnižší hodnotou luminiscence (Y=181,31) apod. u ostatních šablon. Jelikož v laboratoři po dobu

experimentu panují kontrolované světelné podmínky, lze uvážit, že rozdíl vyzářeného světla z obrazovky při pozorování stimulu může mít významný vliv na rozdíly v dilataci zornic. Tato skutečnost by měla být předmětem dalšího samostatného bádání i s ohledem na zde uváděný model EMLI, kde je dilatace zornic jedním s hlavních faktorů ovlivňující její výsledek.

Graf 10 - Dilatace zorniček (Celé stránky) - vlastní zpracování



Tabulka 24 – Shrnutí výsledků průměrovaných metrik – vlastní zpracování (vyhodnocení dle (Korbach et al., 2018))

Metriky	Celá stránka (šablony)			Produkt AOI (šablony)		
	Classic	Step	Waltz	Classic	Step	Waltz
Počet fixací (Fixation Count)	39,84 (SD=23,35)	41,07 (SD=14,11)	34,00 (SD=16,45)	13,50* (SD=5,12)	10,93 (SD=4,62)	8,86 (SD=4,91)
Hustota fixací (Fixation spatial density) stupně	0,34 (SD=0,06)	0,35 (SD=0,08)	0,36 (SD=0,07)	0,34 (SD=0,07)	0,37 (SD=0,13)	0,37 (SD=0,09)
Čas první fixace na cíl v ms (Time to first fixation ontarget)	-	-	-	3939* (SD=3794)	6386* (SD=2385)	5262 (SD=2602)
Průměrná doba fixací (Average fixation duration)	179,88 (SD=22,04)	185,47 (SD=26)	186,01 (SD=31,85)	202,82* (SD=32,11)	230,67 (SD=53,87)	221,10 (SD=53,61)
Pohledy (Gaze/Saccade)	55,55 (SD=31)	58,32 (SD=20,16)	48,75 (SD=25,1)	14,77* (SD=6,56)	11,46 (SD=6,79)	10,20 (SD=6,78)
Průměrná doba pohledů (Gaze/Saccade duration)	45,66* (SD=3,67)	45,80* (SD=4,76)	43,60 (SD=4,27)	45,45 (SD=3,5)	46,05* (SD=5,11)	43,61 (SD=4,27)
Sekvence před první fixací – index (TTFF sequence)	-	-	-	3,61* (SD=760)	3,53* (SD=540)	3,14 (SD=590)
Návraty (Revisits count)	-	-	-	1,73 (SD=1,61)	1,58 (SD=1,37)	1,36 (SD=1,29)
Doba trvání stimulu v ms (u produktů doba setrvání (Dwell time))	11 890 (SD=5 910)	12 920 (SD=4 200)	12 490 (SD=5 380)	2 752* (SD= 1 204)	2 511 (SD= 1 262)	1 965 (SD= 1 229)
Dilatace zorniček	3,40* (SD=0,45)	3,55* (SD=0,52)	3,47 (SD=0,44)			

6.6.2. Existují rozdíly v hodnocení estetické kvality stránek e-shopů (domácí potřeby, móda, cukrářské výrobky) na základě standardizovaného dotazníku VisAWI

Součástí tohoto experimentu bylo také subjektivní uživatelské hodnocení vizuální estetiky zvolených šablon internetových obchodů za pomoci dotazníku VisAWI. Dotazník VisAWI (Visual Aesthetics of Websites Inventory) je nástroj, který slouží k hodnocení vizuální estetiky webových stránek. Skládá se ze čtyř složek:

- 1) **Jednoduchost** (Simplicity): Tato složka hodnotí, jak jednoduchý a nekomplikovaný je design webové stránky. Zahrnuje otázky týkající se přehlednosti a jednoduchosti designu.
- 2) **Různorodost** (Diversity): Tato složka hodnotí, jak je design webové stránky různorodý a zajímavý. Zahrnuje otázky týkající se rozmanitosti a originality designu.
- 3) **Barevnost** (Colorfulness): Tato složka hodnotí, jak jsou barvy na webové stránce používány a jak přispívají k celkovému estetickému dojmu. Zahrnuje otázky týkající se výběru a kombinace barev.
- 4) **Zručnost** (Craftsmanship): Tato složka hodnotí kvalitu designu webové stránky, včetně detailů a dokončení. Zahrnuje otázky týkající se profesionality a kvality designu.

Každá složka obsahuje několik položek, které hodnotí specifické aspekty designu webové stránky. Respondenti hodnotí každou položku na škále od 1 do 7, kde 1 znamená „vůbec nesouhlasím“ a 7 znamená „plně souhlasím“. Výsledný průměrovaný index VisAWI je pak vypočítán jako průměr hodnot všech položek (Moshagen & Thielsch, 2010b, 2013).

Výsledky opakované ANOVY podaly svědectví o těchto rozdílech. V případě celkového indexu byly nalezeny signifikantní rozdíly na úrovni šablony, $F(2, 118) = 46,42, p < ,001$. Dále byla objevena interakce s pohlavím, která se výrazně blížila k potvrzení signifikance na úrovni $\alpha = 0,05$, $F(2, 118) = 2,51, p = ,085$. Následné post-hoc testy ukázaly, že významně nižšího skóre dosáhla šablona Classic jak vůči šabloně Step, $t(59) = -4,84, p < ,001$, tak vůči šabloně Waltz, $t(59) = -9,86, p < ,001$ a zároveň šablona Step vykazovala nižší hodnocení opět nežli Waltz, $t(59) = -4,69, p < ,001$.

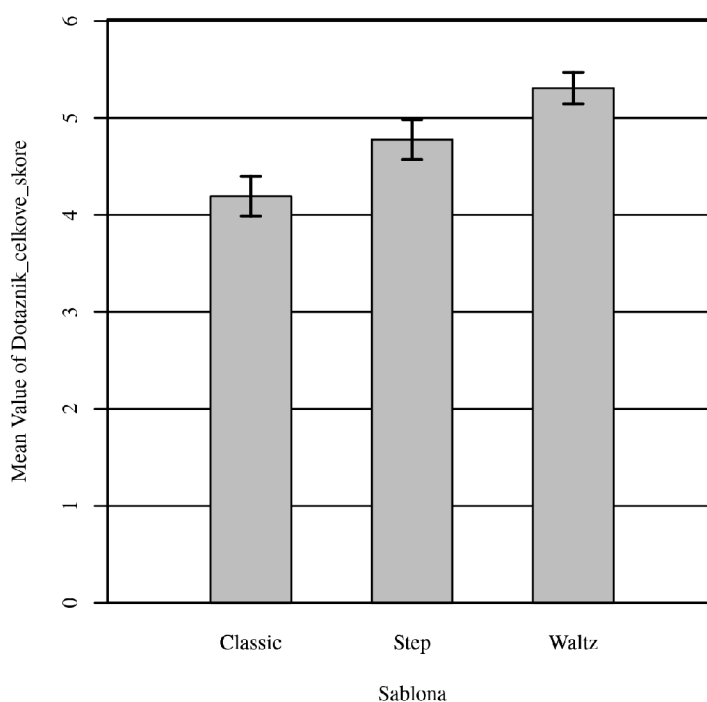
Z Tabulky 25 je vidět, jaké jsou průměry pro jednotlivé šablony a jak se na jejich výsledku podílelo pohlaví respondentů. Je vidět, že i když rozdíly v pohlaví nebyly signifikantní, hodnocení žen u šablony Waltz výrazně přispělo k samotnému nejvyššímu skóre. Na druhou stranu tato šablona je nejlépe hodnocena i muži. Lze tedy prohlásit, že šablona Waltz (cukrářské výrobky) byla hodnocena z pohledu estetiky jako nejlepší, následována šablonou Step (móda) a nejhůře dopadla šablona Classic (domácí potřeby).

Tabulka 25 – Celkové průměry hodnocení VisAWI pro jednotlivé šablony a pohlaví respondentů – vlastní zpracování

Kombinace šablony a pohlaví	M	SD	n
Classic: FEMALE	4,16	0,92	30
Classic: MALE	4,23	0,71	31
Step: FEMALE	4,65	0,86	30
Step: MALE	4,9	0,77	31
Waltz: FEMALE	5,44	0,63	30
Waltz: MALE	5,18	0,65	31

Toto hodnocení má především praktický význam pro doporučení, kterou šablonu zvolit, pokud bychom se chtěli řídit subjektivní hodnocením uživatelů. Nicméně je zřejmé, že tento výsledek může být ovlivněn samotnými preferencemi uživatelů a výběrem produktů v dané šabloně.

Graf 11 – Celkové skóre estetiky mezi šablonami získané z dotazníku VisAWI – vlastní zpracování



6.6.3. Je možné využít model EMLI k výpočtu celkové mentální zátěže na úrovni strojového zpracování Eye-tracking dat.

Úkolem vytvořeného modelu EMLI je vyjádření normalizované sumy zátěže za jednotlivé vybrané metriky. Níže jsou uvedeny výsledky pro výpočet EMLI na úrovni celé stránky a AOI oblastí hledaných produktů. I přes nevýznamný rozdíl na oblastech celých stimulů, $F(2, 118) = 2,77, p = ,067$ je vidět jistý odlišný trend a obecně nižší celkové skóre než u oblasti hledaných produktů, $F(2, 108) = 15,63, p < ,001$.

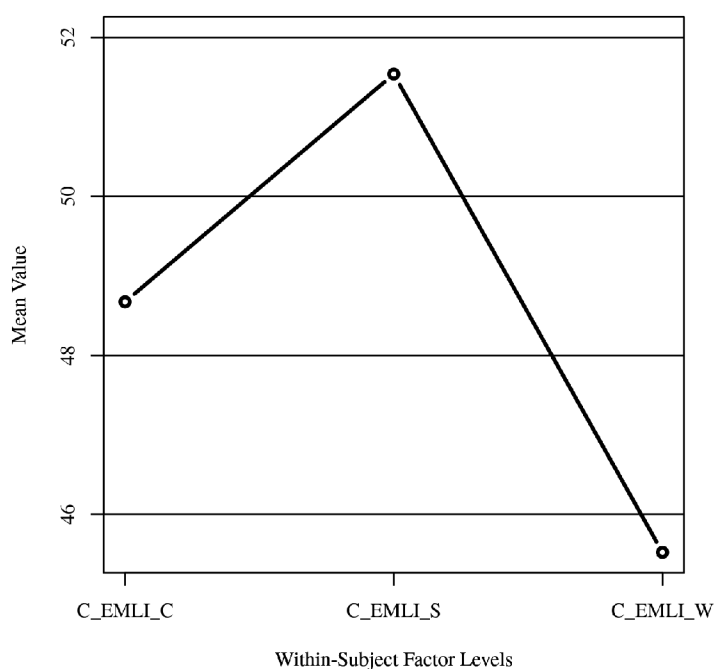
Tabulka 26 - Průměry EMLI skóre modelu na oblasti celých stránek - vlastní zpracování

Šablona (průměr EMLI)	<i>M</i>	<i>SD</i>
Classic	48,67	20,90
Step	51,54	19,52
Waltz	45,52	17,76

Poznámka 2 - $n = 61$

Tato skutečnost může potvrzovat flexibilitu modelu a jeho citlivost na samotné stimuly anebo i jejich vybrané části v souvislosti s plněním úkolu. Nejvyššího, avšak ne signifikantně, skóre za celé stránky dosáhla šablona Step (51,45 %). Následována šablonou Classic (48,67 %) a nejnižší celkovou zátěž vykazuje šablona Waltz (45,52 %).

Graf 12 - Výsledné skóre EMLI modelu na oblasti celých stránek - vlastní zpracování



Na druhou stranu v případě produktu byly identifikovány významné rozdíly ve skóre. Konkrétně Classic vykazuje vyšší skóre celkové zátěže nežli Step, $t(54) = 5,29, p < ,001$ a

zároveň nežli Waltz, $t(54) = 5,43, p < ,001$. Je také dobré podotknout, že samotné AOI produktů vykazují vyšší průměry nežli celé stránky. Zejména pak u šablony Classic a Waltz.

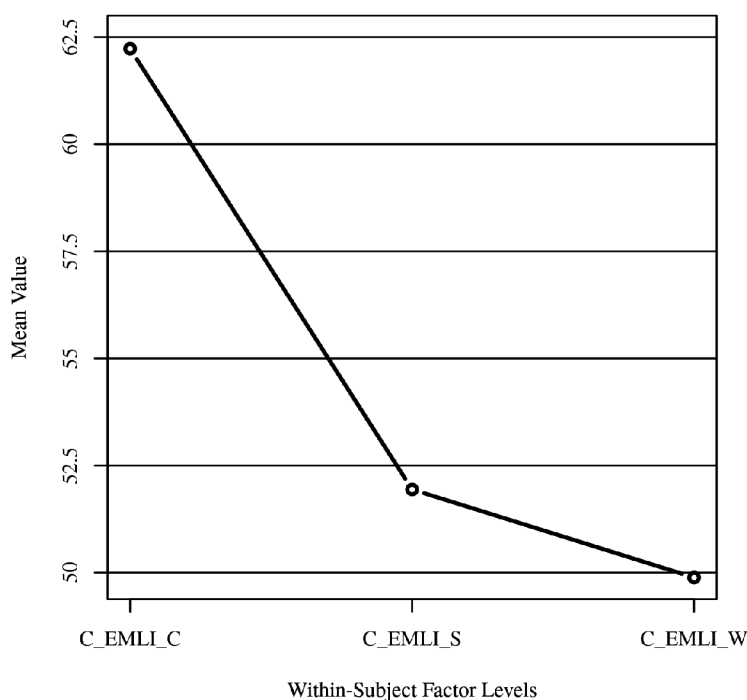
Tabulka 27 - Průměry EMLI skóre modelu na oblasti produktu - vlastní zpracování

Šablona (průměr EMLI)	<i>M</i>	<i>SD</i>
Classic	62,23	16,17
Step	51,94	15,24
Waltz	49,88	14,96

Poznámka 3 - n = 56

Tento fakt může odrážet skutečnost, že na konkrétní oblasti produktů musejí uživatelé v rámci vyhledávání správného produktu provést intenzivnější činnost a nároky na kognitivní procesy stoupají. Musejí zahájit afirmativní fázi, tedy číst název produktu, ověřovat dle fotografie produktu, a u toho mohou rušivě působit ostatní nepotřebné informace, které jsou v rámci oblasti produktů k dispozici.

Graf 13 - Průměry EMLI skóre modelu na oblasti produktu - vlastní zpracování



Tyto domněnky a závěry potvrzují dílčí výsledky jednotlivých metrik v první části tohoto experimentu, viz Tabulka 24. Na celých stránkách celý proces není tak intenzivní a uživatelé spíše skenují, tedy jejich celková mentální aktivita nevykazuje takové zatížení až do chvíle afirmativní fáze (García & Cano, 2022; Joseph & Muruges, 2020).

6.7. Diskuse

Hlavní cílem experimentu bylo mimo samotné výzkumné otázky ověření schopností technologie Eye-trackingu analyzovat, měřit a identifikovat klíčové aspekty interakce uživatele s prostředím reálného internetového obchodu doplněno o subjektivní metody hodnocení jejich estetiky. Nejen, že se podařilo detailně ověřit a uskutečnit tento záměr, ale navíc samotný experiment dal vzniknout inovativnímu modelu a postupu pro měření kognitivní zátěže (EMLI), která může reflektovat nároky na kognitivní procesy uživatelů.

Experiment se zaměřila na analýzu uživatelů, kteří plnili vyhledávací úkoly na úvodních stránkách vybraných šablon internetových obchodů. Tyto šablony byly plně funkční a fungovaly v reálném prostředí internetu. Samotná analýza poté zkoumala vybrané Eye-tracking metriky v kontextu celých stránek nebo oblastí zájmu (AOI) cílového produktu. V korespondenci s literaturou byly hledány nuance a odlišnosti v chování uživatelů, které se projeví ve zkoumaných metrikách a mohly tak poukazovat na několik možných interpretací, jako jsou problémy s použitelností při obecné interakci nebo při samotném plnění úkolu, či jen odváděly pozornost díky své výraznosti či komplexitě. Identifikace těchto klíčových prvků stránek mohou být posléze adaptovány do konkrétních návrhů pro vylepšení a úpravy designu konkrétní šablony. Přestože každá z vybraných šablon již odpovídá běžným standardům, normám (Bevan et al., 2016; iso.org, 2008) a všechny již prošly ověřením v praxi, je díky technologii sledování pohybu očí možné odhalit i drobné chyby v oblasti UX a použitelnosti. Všechny tyto výsledky je možné pomocí modelu EMLI a subjektivnímu hodnocení ukotvit do širšího konceptu chápání komplexního UX stránek a chování uživatelů samotných.

Z vědeckého pohledu je velmi obtížné interpretovat a kvantifikovat výsledky prováděné na šetření tří reálných stránek s odlišnou úrovní rozložení a kvantitou informací (Guo et al., 2022b), barevnou škálou apod., nicméně díky hloubkové analýze je možné některé faktory generalizovat a vysvětlovat. Podobně je tomu ve studii Altmajer a spol., která se zaměřovala na přístupnost stránek v korespondenci s vybranými standardy a identifikovala efektivnější plnění úkolů a hodnocení uživatelů na stránkách s lepší organizací informací a kontrastem navigačních prvků (Altmajer et al., 2022). Z výsledků prvního cíle zkoumání jednotlivých metrik vyplynulo, že i přes tyto odlišnosti oblasti celých stránek, až na výjimky, nevykazovaly signifikantní rozdíly (doba dokončení úkolu,

počet fixací, doba trvání fixací apod.). Tento fakt může svědčit ve prospěch šablon, které ve svém celku v zásadě nevykazují větší problémy s jejich designem a použitelností. Je také vhodné uvést na základě kvantitativní analýzy dat, že ze všech 61 respondentů pouze jediný nebyl schopen v rámci časového limitu 60 s vyhledat cílový produkt. Tomuto faktu jistě pomáhalo i samotné složení participantů, jež byli vybráni z řad studentů a studentek různých oborů z Fakulty informatiky a managementu věku 18–26 let (Djamasbi et al., 2010), což samo o sobě představuje možnou míru zkušeností s podobnou interakcí již nastavenou kategorizací, jak se na daných stránkách chovat v korespondenci s mentálním modelem a kategorizací. Na druhou stranu, významnější rozdíly se začaly projevovat, pokud se již uživatelé zaměřili na vybranou oblast cílového produktu. Před touto afirmativní částí, která podobně jako ve studii Cortinase a spol., probíhá průzkumná část oblastí relevantních pro samotný cíl (oblast produktů, produktové infoboxy a jejich detaily jako název, obrázek a dodatečné informace relevantní k produktu) (Cortinas et al., 2019). Jakmile došlo k zaměření cílového produktu (často byly uživatelé nuceni porovnávat dva obrázky a typem podobné produkty v přibližně stejných vzdálenostech na všech šablonách) byli uživatelé nuceni vynaložit více mentálního úsilí pro finalizaci potvrzení, a tím splnění úkolu proklikem na něj (většina volila kliknutí na obrázek). Toto větší úsilí v korespondenci se složitostí dané oblasti generovalo již významné rozdíly v dílčích metrikách. Toto je možné shrnout do výsledné diskuse tak, že oblast produktu šablony Classic, reprezentující nejvyšší komplexitu z hlediska rozložení a množství informací, vykazovala ve většině ohledů významnější hodnoty v Eye-tracking metrikách. Naopak nejjednodušší forma prezentace u šablony Waltz byla na opačném spektru.

V druhém dílčím cíli subjektivního hodnocení estetiky za pomoci dotazníku VizAWI byly opět identifikovány významné rozdíly mezi šablonami. Přestože podobně jako u všech předchozích experimentech v této disertaci nebyly nalezeny a potvrzeny vzájemné vztahy mezi interakcí s prostředím a následném hodnocení (jak v oblasti UX či Estetiky), je relativně málo náročné tato hodnocení zahrnovat, jelikož jejich výsledek může snadno napovědět o preferencích uživatelů a jejich zájmech. Zároveň se na hraně signifikance projevovaly i rozdíly v hodnocení v rámci pohlaví, které bylo předmětem kovariantního zkoumání prakticky ve všech statistických testech. V konečném hodnocení v rámci průměrovaného skóre dotazníku byla nejlépe hodnocena šablona Waltz (cukrářské výrobky), která dosáhla lepšího skóre nežli šablona Step (móda) a Classic (domácí potřeby). Stejně tak Step měla lepší hodnocení nežli Classic, všechny tyto rozdíly byly ve

stejně míře ve všech složkách VisAWI (zpracování, barevnost, rozmanitost, jednoduchost). Vzhledem k tomu, že nebyla potvrzena korelace, a tedy vzájemný vztah mezi tímto hodnocením a biometrikami, můžeme se jen domnívat, že právě celkové provedení šablony Waltz včetně jednoduchosti samotného produktového boxu (detailní informace o produktu se zobrazily až po najetí myši) mělo souvislost krom samotných očních metrik i s tímto výsledným hodnocením. Tyto výsledky jsou podobného charakteru jako u studie Sulikowského a spol., který v kontrolovaném experimentu ověřil, že zatímco čas strávený na webových stránkách nezávisel na jejich estetice, organizace aktivního času účastníků se významně lišila mezi estetickým a nevzhledným webem při provádění stejných úkolů (Sulikowski et al., 2022).

Třetím úkolem bylo hledání unifikované možnosti výpočtu mentální zátěže na základě biometrických údajů, který by nabízel možné normalizované srovnání napříč celým experimentem. Například v praxi byly nalezeny významné souvislosti mezi charakteristikami pohledu během určených časových období a obtížností, výkonem a kognitivní zátěží, což potvrdilo hypotézu o využití funkcí sledování očí pro predikci kognitivní zátěže (Sevcenko et al., 2023). Na základě tohoto požadavku a v korespondenci s literaturou byl díky této studii vyvinut a poprvé použit model EMLI (Eye-tracking Mental Loud Index). Za pomoci tohoto modelu bylo možné shrnout vybrané metriky do výpočtu jednotného indexu, který reprezentuje celkovou mentální zátěž na dané oblasti, za daný čas a při typologizovaném chování uživatelů. Podobně jako u prvního cíle, i přes určitý trend, nebyl prokázán významný rozdíl mezi oblastmi celých stránek. Obdobně pak byl nalezen signifikantní rozdíl na oblastech produktů vyhledávaných na jednotlivých šablonách. Zde bylo celkové skóre EMLI nejvyšší u šablony Classic oproti oběma zbylým. Mezi Step a Waltz nebyl prakticky žádný rozdíl. Lze usuzovat, že model pružně odráží zjištění z první části a reflektuje vybrané metriky. I přesto, že uživatelé na oblasti celých stránek nevynaložili významně větší úsilí, museli se mnohem více soustředit u šablony Classic na afirmativní část úkolu na oblasti cílového produktu. Obecně lze prohlásit, že šablona Classic vyšla nejhůře ve všech dílčích cílech tohoto experimentu a výsledky jsou tedy navzájem konzistentní. Je zajímavé, že žádná z těchto výše uvedených skutečností nevedla k významně delšímu času plnění úkolu, i když čas strávený na oblastech produktů odpovídal. Tento aspekt mohl být kompenzován u šablony Classic jednak nejbližším umístěním produktu k úvodnímu pohledu uživatele (což se projevilo i u metriky času do první fixace na AOI) a zároveň s tím, že zkratka na šabloně Classic není z estetického

pohledu tolik co obdivovat, a tím prodlužovat některé časové metriky (např. obrázek ženy v hlavičce šablony Step či estetické fotografie produktů u šablony Waltz).

6.7.1. Implikace výsledků

Význam a uvedení výsledků v praxi probíhá v případě experimentu ve dvou rovinách. Na úrovni vědecké přispívá k potvrzení použitelnosti Eye-tracking technologií v hodnocení vztahů uživatelů v oblasti HCI. Konkrétně především v kombinované formě se subjektivními přístupy hodnocení uživatelů. Pro potřeby tohoto experimentu byl vyvinut normalizovaný model EMLI, který by mohl v budoucnu znamenat jednodušší a generalizovaný nástroj pro identifikaci celkové mentální zátěže v korespondenci s nastavením každé studie. Tento flexibilní model má hned několik výhod vzhledem k běžně používaným formám měření kognitivní zátěže skrze interpretaci jednotlivých biometrik (Joseph & Muruges, 2020). Nejen, že tyto ukazatele sdružuje a normalizuje, ale tak bere v potaz jejich vzájemné vztahy, které by jinak mohly ovlivnit jejich interpretaci a vliv na celkovou zátěž.

Ve druhé úrovni je možné využít výsledky experimentu ke konkrétním obecným či cíleným doporučením s ohledem na zvolené šablony internetových obchodů. Je dobré uvést, že tyto rady jsou s ohledem na studii vázané na oblast optimalizace designu pro efektivnější část použitelnosti při vyhledávacím chování uživatelů, což je pouze jeden z mnoha vzorců chování uživatelů (vyhledávání, prozkoumávání, nákup, porovnávání, hodnocení apod.) (Ahuja et al., 2003; Daroch et al., 2021; professor, 2015). Nicméně v rámci toho lze z výsledků vyvodit následující:

- 1) Šablona Classic (domácí potřeby) – by bylo vhodné snížit množství prezentovaných informací u každého produktu, tak aby byla usnadněna potvrzovací fáze uživatele, že se jedná o hledaný produkt. Dodatečné informace o dopravě, době doručení, kódu zboží a ceně bez DPH mohou být zobrazeny až po najetí myši nebo přímo v detailu produktu po rozkliknutí.
- 2) S ohledem na výsledky šablony Waltz, která byla prokazatelně efektivnější a estetičtější zvážit, zda v prostoru seznamu produktů zobrazovat tlačítka, jako je „Koupit“, „Přidat do košíku“ nebo „Detail“ v samotném výpisu nebo podobně jako u prvního doporučení až po najetí myši. Tuto změnu by bylo určitě vhodné

dlouhodobě testovat a ověřovat, jelikož může mít významný vliv na nákupní chování uživatelů.

- 3) V případě šablony Classic je potřeba zapracovat na zvýšení subjektivního hodnocení estetiky celé stránky např. za pomoci změny produktových fotografií (umístění a kompozice do reálného prostředí), využití oblasti hlavičky k prezentaci poutavé obrázkové reklamy nebo optimalizace barev s ohledem na prezentované zboží.

6.7.2. Limity a budoucí výzkum

Jako u všech v této práci uvedených experimentů je z metodologického hlediska určitý limit složení participantů, které je ve věkovém rozsahu 18–26 let. Dále je tento pseudonáhodný výběr omezen na studenty konkrétní fakulty. Veškerá zjištění a implikace by tedy měla platit především pro populaci reprezentovanou tímto výběrem, pro extrapolaci na širší spektrum by bylo vhodné ověřit závěry na dalších výběrech.

Pro tuto studii je také relativně malé číslo celkového vzorku a i přesto, že je dostatečný v rámci prováděných statistických testů, je možné, že při větším počtu N by se některé nepotvrzené trendy projeví jako významné a naopak.

Dalším omezením experimentu je aspekt zkoumání chování uživatelů pouze při jednom typu zadání, konkrétně plnění vyhledávacího úkolu. V budoucí studii by bylo vhodné porovnávat chování a výsledky Eye-tracking měření mezi různými typy zadání, případně zavedení kontrolní nezávislé skupiny pro odstínění chyb v designu experimentů.

Dále by do porovnání mohly být zahrnuty další nástroje a standardy, které jsou běžně používány pro identifikaci problému s použitelností a přístupností stránek, pro ověření užitečnosti kombinované Eye-tracking metody spolu s užitím modelu EMLI pro měření celkové kognitivní zátěže. Jedním z těchto nástrojů by mohl být veřejně dostupný WAVE tool od W3C konsorcia (Smith et al., 2001), který hledá problémy na úrovni přístupnosti v korespondenci se standardem WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) (Cooper, 2023).

V neposlední řadě je potřeba uvést, že model EMLI, vyvinutý pro tuto studii, neprošel dlouhodobou verifikací a validací, a proto je nutné jeho možnosti a kapacity testovat samostatně v kontextu efektivity a spolehlivosti měření mentální zátěže. Zejména vhodné bude hledat výběr metrik a jejich váhy, tak aby model co nejvíce odrážel realitu.

7. Návrh metodiky pro efektivní testování webových stránek za pomocí kombinace Eye-tracking technologie a subjektivního uživatelského hodnocení

Jedním z cílů a výstupů této disertační práce je návrh obecného metodologického postupu procesu testování prostředí internetových stránek či aplikací. Jedná se o výsledek několikaleté činnosti autora v této oblasti, která byla vykoupena řadou neúspěchů a chyb. Tato metodika by v budoucnu měla být nápomocna k tomu, aby se výskyt těchto chyb minimalizoval a celý proces byl tak efektivnější a úspěšnější. Samotný proces obsahuje sedm klíčových na sebe navazujících částí, z nichž každá je specifikována a popsána k bližšímu uchopení celého postupu. Celý návrh je z důvodů jednoduché interpretace diagramu zobrazen a jeho hlubší upřesnění je součástí této práce. Výhodou navrhované metodologie je přímý odraz praktických i teoretických zkušeností autora a je tak možné ji využívat pro běžně prováděné experimenty a vědeckou činnost v této oblasti. Napomáhá jako počáteční rámec pro ujasnění si základních aspektů a předpokladů pro experimentování s využitím technologie Eye-tracking a doplňkových forem uživatelské analýzy. Za pomoci tohoto frameworku může každý výzkumný tým nastavit základní parametry své činnosti včetně vytvoření základního seznamu v podobě tzv. „to-do“ listu, který může být nápomocen po celou dobu provádění experimentů.

7.1. Teoretický rámec

Navržený metodologický rámec se opírá o několik klíčových metod, které jsou v kontextu testování v oblasti HCI často skloňovány, a zaměřuje se na využití jejich kombinace s ohledem na stanovené cíle. Metodologie v oblasti interakce člověka s počítačem (HCI) významně čerpá z psychologie, kde experimentální postupy hrají klíčovou roli. V HCI je zvykem používat kontrolované experimenty k porovnání různých designů z hlediska klíčových aspektů použitelnosti, jako je efektivita, efektivnost a spokojenost. Kromě toho se v HCI používají i jiné výzkumné metody inspirované sociálními vědami, kulturními studii a dalšími disciplínami, k prozkoumání širších dopadů technologie na lidský život (Cairns, 2014; Olson & Kellogg Editors, 2014).

Existují tři běžně přijímané designy ve studiích HCI: design mezi skupinami, design uvnitř skupiny a tzv. split-plot design. Tyto designy jsou základem pro organizaci a provedení experimentů v HCI, kde mohou být porovnány různé skupiny uživatelů nebo různé verze rozhraní (Lazar et al., 2017).

Testování použitelnosti je základní proces pro uživatele i designéry, který ověřuje, zda je interakce uživatele s rozhráním účinná a spokojivá. V tomto kontextu mohou být použity různé metody, jako je sledování očních pohybů, k posouzení, jak uživatelé interagují s rozhráním a jaké aspekty designu jsou pro uživatele nejvíce uspokojivé nebo problematické (Nahar & Jain, 2023).

V HCI se také významně využívají experimentální metody k získání empiricky ověřených poznatků o interakcích, což je základem pro vývoj teorií a experimentů, které tvoří základní kámen interakční vědy. Výzkumné metody v HCI se s časem vyvíjejí, aby lépe adresovaly širší výzkumné otázky a poskytovaly hlubší porozumění interakcím mezi lidmi a technologiemi (Cairns, 2014).

7.2. Popis diagramu

Diagram Obrázku 10 vyobrazuje metodologický proces od stanovení cílů výzkumu až po vyhodnocení a interpretaci výsledků. Obsahuje 7 hlavních částí celého procesu, na které jsou jednoduchou vazbou vyobrazeny a navázány jednotlivé metody a přístupy, pomocí kterých je možné celý proces realizovat. Vyšší míra zjednodušení napomáhá v jeho rychlé orientaci a interpretaci. Jeho komplexnější varianta je poté součástí příloh této disertační práce.

7.3. Kroky metodiky

7.3.1. Stanovení cílů výzkumu

Definice cílů výzkumného záměru je první a také logicky nejesenciálnější částí celé metodologie. Jejich volba definuje základ pro počáteční nastavení celého procesu. Pro modelování a kvantifikaci těchto cílů je vhodné využít některé z tradičních metod, jako jsou modely SMART (Specific-Measurable-Achievable-Realistic-Time-bound-Evaluable Reevaluable) a GQM (goal, question, metric).

Model SMART

SMART je akronym, který popisuje kritéria pro stanovení jasných a dosažitelných cílů. Cíle stanovené podle modelu SMART mají následující charakteristiky (Bjerke & Renger, 2017; Les MacLeod Edd & others, 2012):

Specifické (Specific): Cíl by měl být jasný a konkrétní. Místo toho, aby byl cíl *„zlepšit návštěvnost webových stránek“*, může být specifikován jako *„zvýšit návštěvnost webových stránek o 20 % v následujících 6 měsících“*.

Měřitelné (Measurable): Pokrok a konečný výsledek musí být měřitelný. U cíle *„zvýšit návštěvnost“* by to mohl být počet návštěv za den/měsíc.

Dosažitelné (Achievable): Zatímco cíle by měly být výzvou, měly by být také realistické a dosažitelné s dostupnými zdroji.

Relevantní (Relevant): Cíl by měl být relevantní pro danou misi, vizi nebo strategické směry.

Časově omezené (Time-bound): Časový rámec by měl být přesně stanovený, aby bylo dosaženo cíle. Může to být například *„v následujících 6 měsících“*.

Model GQM (Goal-Question-Metric):

Model GQM je trojúrovňový přístup k definování a interpretaci měření softwarového procesu, ale může být použit i v jiných oblastech. Zahrnuje (Dalton, 2019; Van Solingen, 1999; van Solingen et al., 2002):

Cíl (Goal): Čeho má být dosaženo? Jedná se o vysokou úroveň, například *„zlepšit uživatelskou spokojenost na naší webové stránce“*.

Otázka (Question): Co je potřeba vědět, aby bylo potvrzeno, zda bylo cíle dosaženo? Například: *„Jaký je průměrný čas, který uživatel tráví na naší webové stránce?“* nebo *„Jaká je míra opuštění naší webové stránky?“*

Metrika (Metric): Jak přesně bude tato otázka měřena? U otázky o průměrném čase by metrika mohla být *„minuty a sekundy trávené na webové stránce na uživatele“*.

Oba modely, SMART a GQM, mohou být užitečné pro stanovení cílů výzkumu, závisí na kontextu a specifikách projektu.

Oba modely, SMART a GQM, poskytují rámce pro definování, měření a hodnocení cílů ve výzkumných a projektových kontextech. Model SMART je obecně vhodnější pro širokou škálu projektů a cílů, zatímco model GQM je často používán ve vývoji softwaru a v souvisejících technických disciplínách.

7.3.2. Výběr stimulů

Výběr vhodných stimulů je klíčovým krokem v procesu testování uživatelského rozhraní a HCI. Stimuly hrají zásadní roli v tom, jak uživatelé vnímají a interagují s webovými stránkami či aplikacemi. Tato metodologie se zaměřuje na tři hlavní formáty stimulů: statický obrázek, prototyp v různé úrovni věrnosti a reálné webové stránky.

Statický obrázek: Statické obrázky poskytují rychlý a snadno pochopitelný pohled na design rozhraní. Jsou výhodné pro rychlou zpětnou vazbu na estetiku a základní uspořádání prvků, ale chybí jim interaktivní a dynamické aspekty skutečného uživatelského rozhraní.

Prototypy s různou úrovní věrnosti realitě: Mohou být rozděleny do tří hlavních úrovní věrnosti: nízká, střední a vysoká. Tato klasifikace reflektuje rozsah detailů a funkcionalitu zahrnutou do prototypu a také míru, do jaké prototyp odpovídá konečnému designu systému (Pernice, 2016):

1) Nízká věrohodnost (Low Fidelity)

Nízké věrohodnostní prototypy jsou často jednoduché a technicky nenáročné. Mohou zahrnovat skicáky nebo drátěná pletiva, která ukazují základní rozvržení a designové prvky. Jsou ideální pro shromažďování a analýzu zpětné vazby ve velmi raných fázích projektu. Tyto prototypy jsou obvykle vytvořeny rychle a za použití minimálních nástrojů, často jen pero a papír.

2) Střední věrohodnost (Mid Fidelity)

Středně věrohodnostní prototypy jsou často označovány jako drátěné modely (Wireframes) a poskytují vyšší úroveň detailu než prototypy nízké věrohodnosti. Obsahují základní interakce a vizuální design, ale stále nejsou plně funkční. Jsou užitečné pro koordinaci mezi týmy a poskytování jasnější představy o tom, jak bude konečný produkt vypadat a fungovat.

3) Vysoká věrohodnost (High Fidelity)

Vysoké věrohodnostní prototypy jsou vysoce funkční a interaktivní. Poskytují hluboký detail a jsou často považovány za velmi blízké konečnému produktu. Tyto prototypy umožňují týmům a zúčastněným stranám lépe pochopit, jak bude konečný produkt vypadat a fungovat, a jsou užitečné pro sběr a analýzu uživatelské zpětné vazby ve vyspělejších fázích vývoje.

7.3.3. Výběr metody výzkumu

V této metodologii je výběr metody výzkumu závislý od toho, jakého typu by měla být sbíraná data z pohledu jejich struktury a charakteru, tedy kvantitativní, kvalitativní či kombinovaná (Barroga & Matanguihan, 2022; Borgstede & Scholz, 2021; Noyes et al., 2019; Östlund et al., 2011).

Výzkum založený na sběru a analýze **kvantitativních dat** je často používán k hodnocení prototypů webových stránek na různých úrovních věrnosti. Tento výzkum může poskytnout cenné informace o tom, jak uživatelé interagují s prototypem, a může odhalit možné problémy s použitelností, designem nebo funkcionalitou. Některé z technik a nástrojů, které mohou být použity k sběru a analýze kvantitativních dat v kontextu prototypování webových stránek, zahrnují:

1) Eye-Tracking

Eye-tracking může být použit k zaznamenání, kam se uživatelé dívají, když procházejí prototypem webové stránky. Tato data mohou ukázat, které oblasti stránky přitahují nejvíce pozornosti a zda uživatelé vidí klíčové prvky designu.

2) Biometrická zařízení

Biometrická zařízení mohou sledovat fyziologické reakce uživatelů, jako je srdeční tep nebo galvanická odezva kůže, během interakce s prototypem. Tato data mohou poskytnout informace o úrovních stresu, zmatku nebo zaujetí uživatelů.

3) Strukturované dotazníky

Strukturované dotazníky mohou být použity k získání kvantitativních dat od uživatelů o jejich zkušenostech a preferencích. Tyto dotazníky mohou být užitečné pro získání zpětné vazby o použitelnosti, estetice nebo o celkovém dojmu z prototypu.

4) A/B testování

A/B testování umožňuje porovnat dvě nebo více verzí prototypu na základě kvantitativních ukazatelů, jako jsou míry konverze nebo doba strávená na stránce.

5) Analytické nástroje

Webové analytické nástroje mohou sledovat, jak uživatelé interagují s prototypem, včetně klikání, posouvání a navigace mezi stránkami.

6) Heatmapy

Heatmapy mohou vizualizovat data z Eye-trackingu nebo klikání myši, aby ukázaly, které oblasti stránky jsou nejvíce interaktivní.

Výzkum kvantitativních dat je často neefektivnější, když je kombinován s kvalitativním výzkumem, jako jsou hloubkové rozhovory nebo pozorování uživatelů, aby bylo možné získat komplexnější představu o uživatelské zkušenosti a interakci s prototypem. V rámci vývoje webových stránek je důležité zvážit, jaké techniky a nástroje jsou nejvhodnější pro hodnocení prototypů v různých fázích projektu a na různých úrovních věrnosti.

Kvalitativní výzkum je klíčový pro pochopení uživatelských zkušeností a interakcí s prototypy webových stránek. Níže jsou uvedeny některé populární techniky a metody používané v kvalitativním výzkumu v kontextu prototypování webových stránek:

1) Think-aloud metody

Think-aloud metody zahrnují uživatele, kteří nahlas vyjadřují své myšlenky, pocity a rozhodnutí během interakce s prototypem. Tímto způsobem může tým lépe pochopit, jak uživatelé přemýšlejí a jaký je jejich postup při řešení úkolů na webové stránce.

2) Hlubkové rozhovory

Hlubkové rozhovory s uživateli mohou poskytnout hlubší porozumění jejich potřebám, preferencím a zkušenostem při interakci s prototypem. Tyto rozhovory mohou být strukturované nebo nestrukturované a často se zaměřují na osobní zkušenosti a názory uživatelů.

3) Analýza videozáznamu

Analýza videozáznamu interakcí uživatelů s prototypem může poskytnout cenné informace o použitelnosti, chování uživatelů a možných problémech. Videozáznamy mohou být analyzovány v reálném čase nebo později, aby byly identifikovány vzory chování a oblasti pro zlepšení.

4) Pozorování uživatelů

Pozorování uživatelů během interakce s prototypem může pomoci identifikovat problémy s použitelností a poskytnout kontext pro kvantitativní data. Pozorování může být prováděno osobně nebo na dálku pomocí nástrojů pro sledování a nahrávání.

5) Scénářové testování

Scénářové testování zahrnuje vytvoření specifických úkolů nebo scénářů, které uživatelé musí dokončit během interakce s prototypem. Tímto způsobem je možné hodnotit, jak intuitivní a efektivní je design v umožnění uživatelům dosáhnout svých cílů.

6) Heuristická evaluace

Heuristická evaluace zahrnuje hodnocení prototypu na základě stanovených heuristických principů použitelnosti. Experti na použitelnost hodnotí prototyp a identifikují problémy, které by mohly ovlivnit uživatelskou zkušenost.

Kvalitativní výzkum je vhodné provádět v kombinaci s kvantitativním výzkumem, aby bylo možné získat holistický pohled na uživatelskou zkušenost a interakci s prototypem. Výběr vhodných metod a technik pro výzkum závisí na konkrétním projektu, jeho cílech a fázi vývoje.

Kombinované metody měření, které integrují kvantitativní a kvalitativní přístupy, nabízí nejkomplexnější pohled na chování uživatelů a analýzu prostředí, ve kterém se toto

chování projevuje. Tento holistický přístup umožňuje týmům získat hlubší porozumění uživatelských potřeb, preferencí a interakcí s prototypy nebo produkty. Přinášejí řadu výhod ve smyslu hloubky a šířky analýzy, ale vyžadují také značné zdroje, čas a odborné znalosti k zajištění úspěšného provedení a využití výsledků pro informované rozhodování a vylepšení produktu.

- 1) Kombinovaná data spojují prvky kvantitativních i kvalitativních dat ve výzkumném designu.
- 2) Nabízí komplexnější pochopení výzkumného problému tím, že umožňují analyzovat situaci z více úhlů pohledu.
- 3) Mohou být získávána a analyzována současně nebo sekvenčně v závislosti na výzkumném designu.
- 4) Kombinované metody mohou poskytnout bohatší a vícevrstevný pohled na výzkumné otázky.

V rámci kombinování metod je jistě vhodné využít některý z dostupných nástrojů a aplikací, které mohou ulehčit či doplnit samotné testování. Hlavní výhodou těchto nástrojů vypsanych v Tabulce 28 je online vzdálené testování uživatelů. Díky této vlastnosti je možné otestovat např. vybraný design na mnohem větším vzorku lidí, a tím tak přidat na validitě tvrzení, která mohou být podpořena nebo následně ověřena za pomoci laboratorního experimentu s využitím technologie Eye-trackingu apod.

Tabulka 28 – Porovnání aplikací pro vzdálené online uživatelské testování – vlastní zpracování

Vlastnost / Aplikace	Prolific	Gorilla Experiment Builder	Labvanced	PsyToolkit	JATOS
Vytváření online experimentů	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Sběr dat	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Analýza dat	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
Najít účastníky pro studie	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne
Vytváření složitých scénářů	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano
Psychologické experimenty	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne
Cena	Zdarma/Placené možnosti	Placené možnosti	Placené možnosti	Zdarma/Placené možnosti	Zdarma/Placené možnosti
Nahrávání průběhu experimentů					
Zobrazení stimulů na celé obrazovce					
Nastavení doby zobrazení stimulů	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Randomizace stimulů					
Vytváření bloků stimulů					
Testování reálných stránek	Ne			Ne	
Odkaz	(Prolific, 2014)	(Anwyl-Irvine et al., 2020)	(Goeke et al., 2017)	(Stoet, 2017)	(Lange et al., 2015)

7.3.4. Plánování a příprava

Komplexní plánování a příprava jsou nezbytné pro zajištění, aby kvantitativní a kvalitativní metody byly správně integrovány a koordinovány. Týmy musí pečlivě vybrat vhodné metody, nástroje a techniky, které budou použity, a také vytvořit harmonogram testování a analýzy. Tuto část procesu lze rozdělit na další tři klíčové kroky (Fetters & Tajima, 2022; O’Cathain et al., 2010):

1) Volba konkrétních metod sběru subjektivní formy dat:

Volba konkrétních metod sběru subjektivních dat je důležitá část výzkumného procesu, která může výrazně ovlivnit kvalitu získaných informací a výsledky analýzy. Subjektivní data se týkají informací, které pocházejí přímo od jednotlivců a zahrnují jejich názory, pocity, postřehy a osobní zkušenosti. Důležité je také zvolit, v jaký čas bude tato část výzkumu prováděna (před, v průběhu nebo po experimentu).

2) Výběr Eye-tracking metrik a nástrojů (heatmapy, sledování pohledu, AOI):

Při výběru Eye-tracking metrik a nástrojů je důležité zvážit několik faktorů, včetně výzkumných cílů, dostupnosti technologie a kontextu, ve kterém bude Eye-tracking použit. Zde jsou vysvětleny některé klíčové aspekty a nástroje související s Eye-trackingem.

3) Výběr statistické metody ověření stanovených cílů:

Klíčovou částí celého procesu je vhodná volba statistické metody v závislosti na stanovených cílech. Různé statistické metody mohou být vhodné pro různé typy dat a výzkumné otázky.

7.3.5. Návrh designu experimentu

Návrh designu experimentu je systematický, řízený statistický přístup k provádění experimentů. Tento přístup umožňuje efektivní sběr dat, která jsou následně použita k objasnění, jak různé proměnné ovlivňují výsledky experimentu. Design experimentu je zásadní pro získání spolehlivých a validních výsledků. Hlavními částmi tohoto procesu jsou:

Iterace a optimalizace

- 1) Zhodnocení výsledků: Zhodnocení, zda výsledky experimentu splňují stanovené cíle a identifikace oblastí ke zlepšení.
- 2) Plánování dalších iterací: Na základě získaných poznatků plánování a provedení dalších iterací experimentu, aby byly dosaženy cíle projektu.
- 3) Optimalizace: Aplikace zjištění z experimentu k vylepšení procesů, produktů nebo systémů a sledování dopadu těchto změn.

Pilotní studie

Pilotní studie, někdy také tzv. pilotní test nebo pilotní experiment, je malého měřítka předběžná studie prováděná před hlavním výzkumem. Jejím hlavním účelem je testování a ověřování různých aspektů výzkumného designu, metodologie a procedur, aby bylo možné identifikovat a opravit potenciální problémy před tím, než budou investovány větší zdroje do hlavního výzkumu.

Následující body vysvětlují význam a hlavní výhody pilotních studií:

- 1) Testování výzkumných nástrojů: Pilotní studie umožňují výzkumníkům testovat a ověřovat spolehlivost a validitu výzkumných nástrojů, jako jsou dotazníky, testy nebo měřicí přístroje.
- 2) Ověření procedur: Pomáhají ověřit, zda jsou výzkumné procedury proveditelné a zda fungují tak, jak bylo plánováno.
- 3) Identifikace potenciálních problémů: Pomáhají identifikovat potenciální problémy, které by mohly komplikovat hlavní výzkum, jako jsou nejasné instrukce, technické problémy nebo nevhodně zvolené metody sběru dat.
- 4) Odhad času a zdrojů: Pomáhají odhadnout čas a zdroje, které budou potřebné pro hlavní výzkum, což je užitečné pro plánování a rozpočet.
- 5) Trénování a školení týmu: Poskytují příležitost k trénování a školení výzkumného týmu a zajišťují, že všichni rozumí výzkumnému designu a procedurám.
- 6) Ověření statistických analýz: Pomáhají ověřit, zda jsou plánované statistické analýzy vhodné a zda budou mít dostatečnou sílu k odhalení očekávaných efektů.
- 7) Získání předběžných dat: Poskytují předběžná data, která mohou být použita k podpoře žádosti o financování nebo k získání zpětné vazby od kolegů nebo recenzentů.
- 8) Zvyšování pravděpodobnosti úspěchu: Celkově zvyšují pravděpodobnost úspěchu hlavního výzkumu tím, že minimalizují rizika spojená s nepředvídatelnými problémy a zajistí, že výzkumný design je solidní a dobře promyšlený.

Pilotní studie je tak nezbytným krokem ve výzkumném procesu, který může výrazně přispět ke kvalitě a úspěchu hlavního výzkumu.

Rekrutace a vzorkování

Rekrutace a vzorkování jsou klíčové kroky ve výzkumném procesu, a to zejména v kontextu kombinovaných metod, které mohou vyžadovat větší počet účastníků nebo specifické cílové skupiny. Tento proces zahrnuje tyto oblasti (Collins, 2010; Manohar et al., 2018; Negrin et al., 2022; Onwuegbuzie & Collins, 2015):

1) Rekrutace účastníků

Úspěšná rekrutace účastníků je základním krokem pro zajištění kvalitního a reprezentativního vzorku. Proces zahrnuje identifikaci potenciálních účastníků a poskytování informací, které by jim pomohly rozhodnout se, zda se chtějí zúčastnit výzkumného projektu. Další faktory, jako je budování vztahu s účastníky a motivace účastníků, také hrají důležitou roli v úspěšné rekrutaci.

2) Vzorkování

Vzorkování je klíčové pro zajištění reprezentativnosti dat. Různé strategie vzorkování, jako jsou účelové, pohodlné a vzorkování typu sněhové koule mohou být použity v závislosti na cílech výzkumu a na typu dat, která jsou sbírána. Ve smíšených metodách je důležité zvážit různé faktory vzorkování v rámci celého výzkumného procesu, včetně konceptualizace výzkumu, plánování, implementace a šíření výzkumu.

3) Kombinované metody

Kombinované metody zahrnují použití více než jedné metody sběru dat nebo výzkumné metody ve studii nebo souvisejících studiích, což může vyžadovat specifické strategie rekrutace a vzorkování, aby byly zajištěny komplementární informace z kvalitativních a kvantitativních dat.

4) Výzvy

Návrh smíšeného výzkumu může být náročný, zejména pokud jde o návrh a implementaci strategií pro rekrutaci účastníků a vzorkování, aby byly splněny výzkumné cíle a zajištěna integrita dat.

7.3.6. Provedení experimentu

Pro realizaci výzkumného experimentu je nezbytně důležitá pečlivá příprava a organizace. Před zahájením experimentu je třeba vypracovat jasný a dobře strukturovaný plán včetně itineráře, který pokrývá všechny potřebné kroky, úkoly, zodpovědnosti a časový harmonogram. Tento plán by měl zahrnovat konkrétní cíle experimentu, metodologii, potřebné zdroje, rozdělení úkolů mezi členy týmu a časový rámec pro každou fázi projektu. Kromě toho je nezbytné, aby všichni, kdo se podílejí na provedení

experimentu, byli řádně proškoleni ve všech relevantních procedurách a technikách. Toto školení by mělo zahrnovat jak teoretické znalosti, tak praktické dovednosti potřebné pro úspěšné provedení experimentu, a mělo by být doplněno o jasné instrukce ohledně dodržování experimentálního protokolu.

V průběhu experimentu je důsledné dodržování experimentálního protokolu klíčové pro zajištění spolehlivosti a validnosti výsledků. Každý krok experimentu by měl být pečlivě sledován a jakékoli odchylky od protokolu by měly být řádně zdokumentovány. Zaznamenávání dat je dalším kritickým prvkem úspěchu experimentu. Je nezbytné zajistit přesné a systematické zaznamenávání všech dat, včetně jak nezávislých, tak závislých proměnných. Jedná se o zaznamenávání jak kvantitativních, tak kvalitativních dat, a mělo by být provedeno s použitím spolehlivých a ověřených nástrojů a technik. Správné zaznamenávání dat zajistí, že všechny informace potřebné pro analýzu a interpretaci výsledků budou přesně a úplně zachyceny, což je zásadní pro dosažení objektivních a spolehlivých závěrů výzkumu.

Příprava a **analýza dat** jsou zásadními kroky ve výzkumném procesu, které následují po sběru dat. Tyto kroky umožňují vědcům přeměnit surová data na užitečné informace a získat hlubší pochopení zkoumaného jevu. Příprava dat je prvním a základním krokem k zajištění, že data jsou připravena pro další analýzu, což zahrnuje čištění dat od chyb, odstraňování chybějících hodnot a zajištění správného formátu dat. Cílem je odstranit veškeré nepřesnosti a nekonzistence, které by mohly zkreslit výsledky analýzy.

Po přípravě dat následuje statistická analýza, která zahrnuje aplikaci různých statistických metod k zjištění vzorců a významných rozdílů v datech. Metody, jako jsou t-testy, analýza variance (ANOVA) nebo regresní analýza, jsou často používány k zjištění statistických vztahů mezi proměnnými a testování hypotéz výzkumu. Statistická analýza může pomoci identifikovat klíčové trendy a odhalit skryté vztahy mezi proměnnými, což je zásadní pro získání spolehlivých a užitečných závěrů z výzkumu.

Poslední fází tohoto procesu je vizualizace dat, která zahrnuje vytvoření různých grafických prezentací, jako jsou grafy, tabulky a jiné vizualizace, které pomáhají pochopit a interpretovat výsledky. Dobře navržené vizualizace mohou usnadnit interpretaci komplexních datových sad a umožnit lepší pochopení klíčových bodů výzkumu.

Vizualizace dat také usnadňuje komunikaci výsledků výzkumu ostatním, což je zásadní pro šíření závěrů a podporu dalšího vědeckého bádání v dané oblasti.

7.3.7. Interpretace a komunikace výsledků

Interpretace a komunikace výsledků jsou závěrečnými, ale zásadními kroky ve výzkumném procesu. Tyto kroky zajistí, že poznatky získané z výzkumu budou správně pochopeny a efektivně sděleny relevantním stranám.

Interpretace výsledků

Interpretace výsledků zahrnuje analýzu dat a výsledků ve vztahu k původním výzkumným otázkám a cílům. Tento proces obnáší:

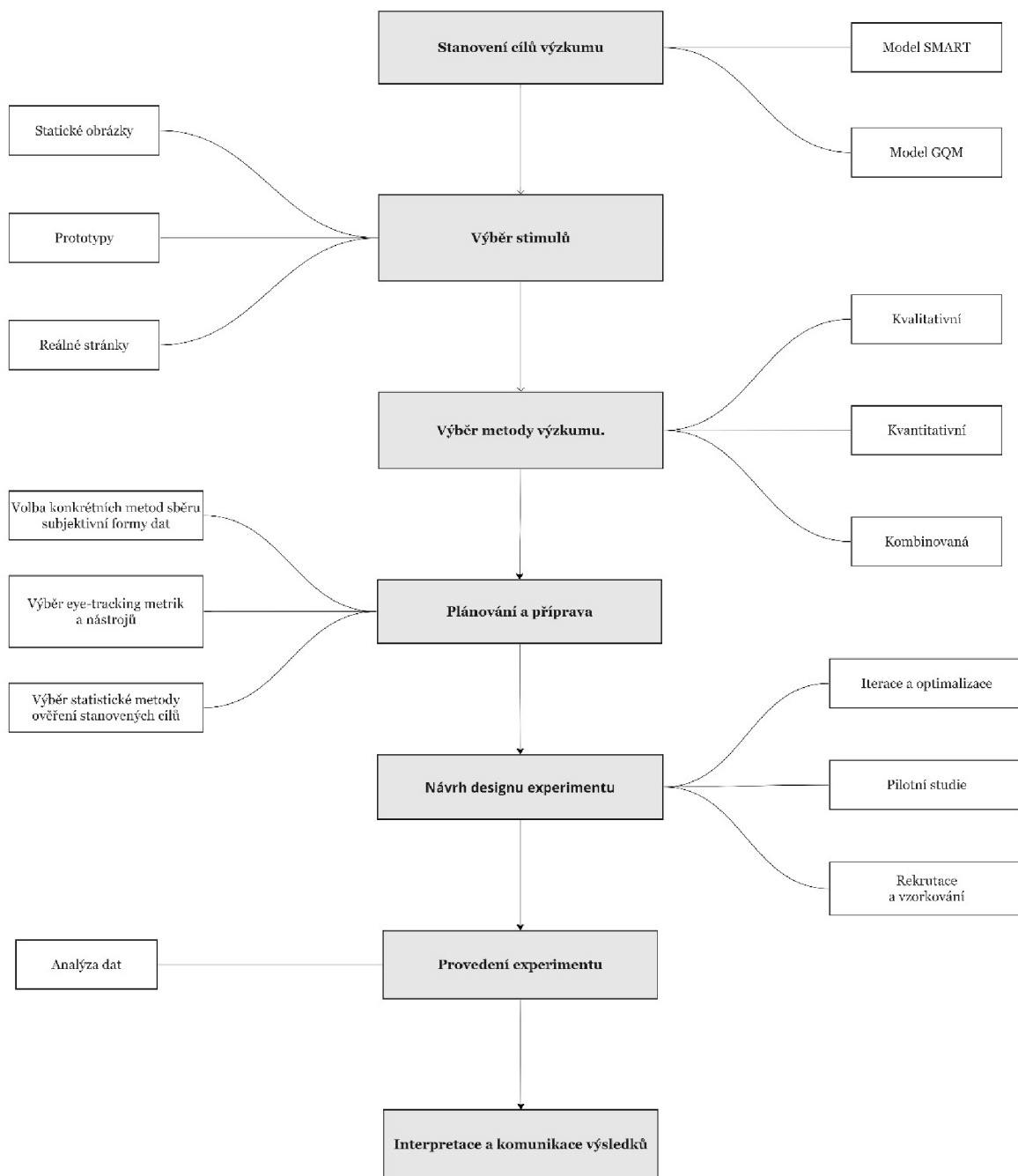
- 1) Analýza hlavních nálezů: Zkoumání hlavních trendů, vzorců a vztahů zjištěných v datech.
- 2) Porovnání s předchozím výzkumem: Porovnání zjištěných výsledků s existujícím výzkumem a teoriemi v daném oboru.
- 3) Diskuse o implikacích: Hodnocení dopadu nálezů na širší kontext a diskuse o jejich možných implikacích.
- 4) Identifikace limitací a budoucího výzkumu: Upozornění na omezení výzkumu a doporučení pro budoucí výzkum.

Komunikace výsledků

Komunikace výsledků zahrnuje sdílení zjištěných závěrů se zainteresovanými stranami, což může zahrnovat:

- 1) Vytvoření zpráv a prezentací: Sestavení zpráv a prezentací, které jasně a stručně představují hlavní závěry a zjištění.
- 2) Vizuelní zobrazení dat: Využití vizuelních nástrojů, jako jsou grafy a tabulky, pro zobrazení výsledků a zjištění.
- 3) Veřejná prezentace: Prezentace výsledků a zjištění veřejnosti, kolegům nebo jiným zainteresovaným stranám prostřednictvím seminářů, konferencí nebo online platforem.
- 4) Publikace: Publikování výsledků a zjištění ve vědeckých časopisech, na vědeckých konferencích nebo online.

Interpretace a komunikace výsledků jsou nezbytné pro převod surových dat a statistických analýz na užitečné poznatky a sdílení těchto poznatků s širší komunitou. Skrze efektivní interpretaci a komunikaci může být výzkum přeložen do praktických doporučení, která mohou pomoci při rozhodování a praxi v daném oboru.



Obrázek 10 – Metodika testování uživatelského prostředí za pomoci kombinovaného měření

7.4. Diskuse a implikace

Nově navržená metodika testování prostředí internetových stránek a aplikací za pomoci technologie Eye-tracking a vybraného doplňujícího uživatelského testování nabízí ucelený metodologický přístup k přípravě, průběhu a vyhodnocení prováděných studií a experimentů. Její obecný a teoretický rámec vychází z běžně dostupné a artikulované literatury v této oblasti, avšak je aktualizován a vylepšen na základě přímých zkušeností

autora, které získal během několikaleté práce v oblasti testování HCI zejména s využíváním Eye-tracking technologií a biometriky. Obsahuje klíčové části, které jsou stěžejní pro navýšování úspěšnosti prováděných podobných experimentů. Tyto části jsou poté doplněny o různé kombinace přístupů a bodů, které by neměly chybět v žádné legitimní metodice. Hlavním přínosem této metody je její samotná struktura, která definuje celý proces od začátku až do konce celého testování a může tak sloužit i jako samostatný itinerář pro výzkumné týmy. Návrh tohoto itineráře je k dispozici v přílohách s názvem „Itinerář výzkumu“. Další přínosem je samotný bližší popis jednotlivých metod, které mohou být vybrány v průběhu metodického procesu celého experimentu. Tento detailnější rozbor může napomoci výzkumníkům správně nastavit celý design experimentu a minimalizovat tak případné chyby, které jsou v této oblasti zjednodušeně velice drahé. Jedná se např. o zdůraznění významu pilotního testování, které je klíčové pro odstranění problémů s instrukcemi, experimentem, přístupem obsluhy apod. Není nic horšího, když třítydenní proces sběru Eye-tracking dat se sto respondenty pokazí nelogické rozdělení stimulů do skupin nebo na konci všeho se objeví chyba v zadání instrukce pro uživatele.

8. Závěr

V této disertační práci byla interakce člověka s počítačem (HCI) zkoumána s významným ohledem na použitelnost a uživatelskou zkušenost (UX), kde Eye-tracking technologie sehrála klíčovou roli v odhalování složek uživatelského chování. Práce se zaměřila na detailní analýzu interakcí uživatelů s internetovými stránkami a jejich klíčovými prvky prostřednictvím tří cílených experimentů.

Všechny tyto tři cíle i přes jejich určitou míru jedinečnost a vlastní proces tvoří kontinuální činnost, která vedla k naplnění několik hlavních cílů této práce a snahy autora o rozšíření a přispění k vědeckému a praktickému poznání v této oblasti.

V první řadě byly identifikovány a potvrzeny klíčové faktory ovlivňující interakci s webovými stránkami, včetně pohlavní identity uživatelů a jejich efektivity při plnění úkolů, stejně jako estetika prezentace, která má významný dopad na uživatelské vnímání a usnadňování interakcí na webových platformách. Tyto poznatky nejenže rozšiřují stávající literaturu, ale také přispívají k hlubšímu porozumění dynamiky vizuální pozornosti a estetické přitažlivosti.

Dále práce přináší nový model EMLI, který reprezentuje inovativní přístup k měření mentální zátěže uživatelů na základě metrik sledování pohybu očí. Tento model, po jeho dodatečné validaci, slibuje, že bude sloužit jako standard pro hodnocení kognitivní zátěže při návrhu uživatelsky přívětivých rozhraní.

Poslední, ale neméně důležitým výstupem, je vývoj komplexní metodologie pro kombinované testování uživatelského prožitku, která integruje Eye-tracking a uživatelské testování. Tato metodika, vzniklá na základě bohatých zkušeností a odborných znalostí autora, je komplexním průvodcem pro efektivní realizaci budoucích výzkumů v této rychle se rozvíjející oblasti.

Závěrem lze konstatovat, že tato disertační práce může představovat cenný příspěvek k vědeckým poznatkům v oblasti HCI, nabízí nástroje a postupy pro lepší pochopení a optimalizaci uživatelského chování a poskytuje pevný základ pro další výzkum v této fascinující a neustále se vyvíjející disciplíně.

9. Seznam použité literatury

- Abdi Sargezeh, B., Tavakoli, N., & Daliri, M. R. (2019). Gender-based eye movement differences in passive indoor picture viewing: An eye-tracking study. *Physiology and Behavior*, 206, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.03.023>
- Abdullah, T., İlhan, A. E., & Togay, A. (2020). *USE OF EYE TRACKING TECHNOLOGY IN EVALUATING PRODUCT IMAGES AND OPTIMAL PROCESS DECISIONS*. <http://dergipark.gov.tr/gujbsb>
- Adobe. (2022, January 13). *Adobe - Blur filters*. <https://helpx.adobe.com/cz/photoshop-elements/using/blur-filters.html>
- Affandy, H. B., Hussain, A., & Nadzir, M. M. (2017). Balancing usability and aesthetic elements in universities' website: A systematic review. In *Jurnal Komunikasi: Malaysian Journal of Communication* (Vol. 33, Issue 4, pp. 190–203). Universiti Kebangsaan Malaysia Press. <https://doi.org/10.17576/JKMJC-2017-3304-12>
- Ahuja, M., Gupta, B., & Raman, P. (2003). An empirical investigation of online consumer purchasing behavior. *Communications of the ACM*, 46(12), 145–151. <https://doi.org/10.1145/953460.953494>
- Aladwani, A. M., & Palvia, P. C. (2002). Developing and validating an instrument for measuring user-perceived web quality. *Information & Management*, 39(6), 467–476. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00113-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00113-6)
- Altmajer, C., Błazewicz, P., & Skublewska-Paszkowska, M. (2022). Analysis of the graphical user interface of the online store, taking into account the methods of universal design. *Journal of Computer Sciences Institute*, 315–322. <https://doi.org/https://doi.org/10.35784/jcsi.3010>
- Anwyl-Irvine, A. L., Massonnié, J., Flitton, A., Kirkham, N., & Evershed, J. K. (2020). Gorilla in our midst: An online behavioral experiment builder. *Behavior Research Methods*, 52(1), 388–407. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01237-x>
- Assila, A., De Oliveira, K., Ezzedine, H., Assila, A., Marçal De Oliveira, K., & Ezzedine, H. (2016). Standardized Usability Questionnaires: Features and Quality Focus. In *Journal of Computer Science and Information Technology (eJCSIT)* (Vol. 6, Issue 1).
- Aydinoğlu, N. Z., & Cian, L. (2014). Show me the product, show me the model: Effect of picture type on attitudes toward advertising. *Journal of Consumer Psychology*, 24(4), 506–519. <https://doi.org/10.1016/j.jcps.2014.04.002>

- Baharum, A., & Jaafar, A. (2015). *Identifying the Importance of Web Objects: A Study of ASEAN Perspectives* (pp. 464–475). https://doi.org/10.1007/978-3-319-25939-0_41
- Ball, L. J. (2006). *Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Current status and future prospects*. <https://www.researchgate.net/publication/230786738>
- Ball, L. J., & Richardson, B. H. (2022). Eye Movement in User Experience and Human–Computer Interaction Research. In *Neuromethods* (Vol. 183, pp. 165–183). Humana Press Inc. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2391-6_10
- Barbara G. Tabachnick, & Linda S. Fidell. (2019). *Using Multivariate Statistics* (7th ed.). Pearson.
- Barroga, E., & Matanguihan, G. J. (2022). A Practical Guide to Writing Quantitative and Qualitative Research Questions and Hypotheses in Scholarly Articles. *Journal of Korean Medical Science*, 37(16). <https://doi.org/10.3346/jkms.2022.37.e121>
- Bergström, A. (2015). Online privacy concerns: A broad approach to understanding the concerns of different groups for different uses. *Computers in Human Behavior*, 53, 419–426. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.025>
- Berni, A., Maccioni, L., & Borgianni, Y. (2020). Observing pictures and videos of creative products: An eye tracking study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/app10041480>
- Bevan, N., Carter, J., Earthy, J., Geis, T., & Harker, S. (2016). *New ISO Standards for Usability, Usability Reports and Usability Measures* (pp. 268–278). https://doi.org/10.1007/978-3-319-39510-4_25
- BEVAN, N., & MACLEOD, M. (1994). Usability measurement in context. *Behaviour & Information Technology*, 13(1–2), 132–145. <https://doi.org/10.1080/01449299408914592>
- Bhatt, S., Agrali, A., McCarthy, K., Suri, R., & Ayaz, H. (2019). Web Usability Testing With Concurrent fNIRS and Eye Tracking. In *Neuroergonomics* (pp. 181–186). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811926-6.00030-0>
- Białowas, S., & Szyszka, A. (2019). Eye-tracking in Marketing Research. In *Managing Economic Innovations – Methods and Instruments* (pp. 91–104). Bogucki Wydawnictwo Naukowe. <https://doi.org/10.12657/9788379862771-6>
- Bitkina, O. V., Park, J., & Kim, H. K. (2021). The ability of eye-tracking metrics to classify and predict the perceived driving workload. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103193>

- Bjerke, M. B., & Renger, R. (2017). Being smart about writing SMART objectives. *Evaluation and Program Planning, 61*, 125–127.
<https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2016.12.009>
- Bojko, A. (2006). *Using Eye Tracking to Compare Web Page Designs: A Case Study*.
<https://www.researchgate.net/publication/280114414>
- Bojko, A. (2013). *Eye tracking the user experience*. Rosenfeld Media.
- Borgstede, M., & Scholz, M. (2021). Quantitative and Qualitative Approaches to Generalization and Replication—A Representationalist View. *Frontiers in Psychology, 12*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.605191>
- Brainard, D. H. (2001). Color Vision Theory. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 2256–2263). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/00666-5>
- Brooke, J. (1996). Sus: a “quick and dirty” usability. *Usability Evaluation in Industry, 189*(3), 189–194.
- Brügger, N. (2009). Website history and the website as an object of study. *New Media & Society, 11*(1–2), 115–132. <https://doi.org/10.1177/1461444808099574>
- Bull, D. R., & Zhang, F. (2021). Digital picture formats and representations. In *Intelligent Image and Video Compression* (pp. 107–142). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820353-8.00013-X>
- Burmistrov, I., Zlokazova, T., Izmalkova, A., & Leonova, A. (2015). *Flat Design vs Traditional Design: Comparative Experimental Study* (pp. 106–114).
https://doi.org/10.1007/978-3-319-22668-2_10
- Cai, S., & Xu, Y. (2011). Designing not just for pleasure: Effects of web site aesthetics on consumer shopping value. *International Journal of Electronic Commerce, 15*(4), 159–188. <https://doi.org/10.2753/JEC1086-4415150405>
- Cairns, P. (2014, January 1). *Experimental Methods in Human-Computer Interaction. Interaction Design Foundation - IxDF*. <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/experimental-methods-in-human-computer-interaction>
- Cao, A., Chintamani, K. K., Pandya, A. K., & Ellis, R. D. (2009). NASA TLX: Software for assessing subjective mental workload. *Behavior Research Methods, 41*(1), 113–117.
<https://doi.org/10.3758/BRM.41.1.113>
- Carol M. Barnum. (2021). *Usability Testing Essentials: Ready, Set ... Test!* (Vol. 2).

- Chassy, P., Lindell, T. A. E., Jones, J. A., & Paramei, G. V. (2015). A Relationship Between Visual Complexity and Aesthetic Appraisal of Car Front Images: An Eye-Tracker Study. *Perception, 44*(8–9), 1085–1097. <https://doi.org/10.1177/0301006615596882>
- Chen, S., & Epps, J. (2013). Automatic classification of eye activity for cognitive load measurement with emotion interference. *Computer Methods and Programs in Biomedicine, 110*(2), 111–124. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2012.10.021>
- Chen, S., Epps, J., & Chen, F. (2013). Automatic and continuous user task analysis via eye activity. *International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI*, 57–66. <https://doi.org/10.1145/2449396.2449406>
- Chen, S., Epps, J., Ruiz, N., & Chen, F. (2011). Eye activity as a measure of human mental effort in HCI. *International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI*, 315–318. <https://doi.org/10.1145/1943403.1943454>
- Chen, W., Sawaragi, T., & Hiraoka, T. (2022). Comparing eye-tracking metrics of mental workload caused by NDRTs in semi-autonomous driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 89*, 109–128. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2022.05.004>
- Cho, H., Powell, D., Pichon, A., Kuhns, L. M., Garofalo, R., & Schnall, R. (2019). Eye-tracking retrospective think-aloud as a novel approach for a usability evaluation. *International Journal of Medical Informatics, 129*, 366–373. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.07.010>
- Christensen, J. M., & Talbot, J. M. (1986). *NASA Contractor Report 3886 t Research Opportunities in Human Behavior and Performance Edited by*. file:///G:/OneDrive%20-%20Univerzita%20Hradec%20Kr%C3%A1lov%C3%A9/Dropbox/doktorske/Teze2021/Teorie/Citovan%C3%A9/19850014988.pdf
- Chung, S. H., Goswami, A., Lee, H., & Hu, J. (2012). The impact of images on user clicks in product search. *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 25–33. <https://doi.org/10.1145/2343862.2343866>
- Collins, K. M. T. (2010). Advanced sampling designs in mixed research. *Sage Handbook of Mixed Methods in Social and Behavioral Research*, 353–377.
- Conover, W. J., & Iman, R. L. (1981). Rank Transformations as a Bridge between Parametric and Nonparametric Statistics. *The American Statistician, 35*(3), 124–129. <https://doi.org/10.1080/00031305.1981.10479327>

- Cooper, M. (2023). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*.
<https://www.w3.org/TR/WCAG21/>
- Cortinas, M., Cabeza, R., Chocarro, R., & Villanueva, A. (2019). Attention to online channels across the path to purchase: An eye-tracking study. *Electronic Commerce Research and Applications*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2019.100864>
- Cutrell, E., & Guan, Z. (2007). What are you looking for? *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 407–416.
<https://doi.org/10.1145/1240624.1240690>
- Cyr, D., Head, M., Larios, H., & Pan, B. (2009). Exploring human images in website design: A multi-method approach. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 33(3), 539–566. <https://doi.org/10.2307/20650308>
- Dalton, J. (2019). Goal, Question, Metric (GQM). In *Great Big Agile* (pp. 177–179). Apress.
https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4206-3_33
- Daroch, B., Nagrath, G., & Gupta, A. (2021). A study on factors limiting online shopping behaviour of consumers. *Rajagiri Management Journal*, 15(1), 39–52.
<https://doi.org/10.1108/ramj-07-2020-0038>
- Das, S., Prudhvi, K., & Maiti, J. (2022). Assessing Mental Workload Using Eye Tracking Technology and Deep Learning Models. In *Handbook of Intelligent Computing and Optimization for Sustainable Development* (pp. 1–11). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781119792642.ch1>
- Deng, & Poole. (2010). Affect in Web Interfaces: A Study of the Impacts of Web Page Visual Complexity and Order. *MIS Quarterly*, 34(4), 711. <https://doi.org/10.2307/25750702>
- Djamasbi, S., Siegel, M., & Tullis, T. (2010). Generation Y, web design, and eye tracking. *International Journal of Human Computer Studies*, 68(5), 307–323.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2009.12.006>
- Djamasbi, S., Tullis, T., Hsu, J., Mazuera, E., Osberg, K., & Bosch, J. (2007). Gender Preferences in Web Design: Usability Testing through Eye Tracking. *Americas Conference on Information Systems*.
- Dong, Y., Huang, Y., Hu, P., Zhang, P., & Wang, Y. (2023). The effect of picture attributes of online ordering pages on visual attention and user experience. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2023.103477>
- Duchowski, A. T. (2017). *Eye Tracking Methodology*. Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-57883-5>

- Ehmke, C., & Wilson, S. (2007a). *Link to published version: Identifying Web Usability Problems from Eye-Tracking Data*.
- Ehmke, C., & Wilson, S. (2007b, September). *Identifying Web Usability Problems from Eye-Tracking Data*. <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2007.12>
- Eraslan, S., Yesilada, Y., & Harper, S. (2016). Eye tracking scanpath analysis techniques on web pages: A survey, evaluation and comparison. *Journal of Eye Movement Research*, 9(1), 1–19. <https://doi.org/10.16910/jemr.9.1.2>
- Esmeria, G. J., & Seva, R. R. (2017). Web Usability: A Literature Review. *DLSU Research Congress*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:27483670>
- Fernandez, A., Abrahão, S., & Insfran, E. (2012). A systematic review on the effectiveness of Web usability evaluation methods. *16th International Conference on Evaluation & Assessment in Software Engineering (EASE 2012)*, 52–56. <https://doi.org/10.1049/ic.2012.0007>
- Fetters, M. D., & Tajima, C. (2022). Joint Displays of Integrated Data Collection in Mixed Methods Research. *International Journal of Qualitative Methods*, 21, 160940692211045. <https://doi.org/10.1177/16094069221104564>
- Field, A. (2017). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics 2* (5th ed.). SAGE Publications.
- Fu, J. (2016). Usability evaluation of software store based on eye-tracking technology. *2016 IEEE Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference*, 1116–1119. <https://doi.org/10.1109/ITNEC.2016.7560538>
- Galy, E., Cariou, M., & Mélan, C. (2012). What is the relationship between mental workload factors and cognitive load types? *International Journal of Psychophysiology*, 83(3), 269–275. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.09.023>
- García, M., & Cano, S. (2022). Eye Tracking to Evaluate the User eXperience (UX): Literature Review. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 13315 LNCS, 134–145. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05061-9_10
- Garett, R., Chiu, J., Zhang, L., & Young, S. D. (2016). A Literature Review: Website Design and User Engagement. *Online Journal of Communication and Media Technologies*, 6(3). <https://doi.org/10.29333/ojcm/2556>
- Geissler, G., Zinkhan, G., & Watson, R. T. (2001). *Web Home Page Complexity and Communication Effectiveness*.

- Ghiani, G., Paternò, F., Spano, L. D., & Pintori, G. (2016). An environment for End-User Development of Web mashups. *International Journal of Human-Computer Studies*, 87, 38–64. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2015.10.008>
- Goeke, C. M., Finger, H., Standvoss, K., & König, P. (2017). *LabVanced: A Unified JavaScript Framework for Online Studies*. <https://www.researchgate.net/publication/322273524>
- Goswami, A., Chung, S. H., Chittar, N., & Islam, A. (2012). *Assessing product image quality for online shopping* (F. Gaykema & P. D. Burns, Eds.; p. 82930L). <https://doi.org/10.1117/12.906982>
- Guan, Z., Lee, S., Cuddihy, E., & Ramey, J. (2006). The validity of the stimulated retrospective think-aloud method as measured by eye tracking. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1253–1262. <https://doi.org/10.1145/1124772.1124961>
- Guo, F., Chen, J., Li, M., Lyu, W., & Zhang, J. (2022a). Effects of visual complexity on user search behavior and satisfaction: an eye-tracking study of mobile news apps. *Universal Access in the Information Society*, 21(4), 795–808. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00815-1>
- Guo, F., Chen, J., Li, M., Lyu, W., & Zhang, J. (2022b). Effects of visual complexity on user search behavior and satisfaction: an eye-tracking study of mobile news apps. *Universal Access in the Information Society*, 21(4), 795–808. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00815-1>
- Guo, F., Ding, Y., Liu, W., Liu, C., & Zhang, X. (2016). Can eye-tracking data be measured to assess product design?: Visual attention mechanism should be considered. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 53, 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.12.001>
- Harsojo, J., Lazaria, E., Chesio, A., Prasetya Mulya, U., Campus, C., & Kartini, J. R. (2022). The Aspects of Online Clothing Store Photo Product which Affect Consumer Decision Making. *Indonesian Business Review*, 5(1). www.internetworldstats.com,
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research* (pp. 139–183). [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Hassenzahl, M., Burmester, M., & Koller, F. (2003). *AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität* (pp. 187–196). https://doi.org/10.1007/978-3-322-80058-9_19

- Hassenzahl, M., & Monk, A. (2010). The inference of perceived usability from beauty. *Human-Computer Interaction, 25*(3), 235–260. <https://doi.org/10.1080/07370024.2010.500139>
- Hassenzahl, M., Wiklund-Engblom, A., Bengs, A., Hägglund, S., & Diefenbach, S. (2015). Experience-Oriented and Product-Oriented Evaluation: Psychological Need Fulfillment, Positive Affect, and Product Perception. *International Journal of Human-Computer Interaction, 31*(8), 530–544. <https://doi.org/10.1080/10447318.2015.1064664>
- Heath, M. R., Speirs, D. C., & Steele, J. H. (2014). Understanding patterns and processes in models of trophic cascades. *Ecology Letters, 17*(1), 101–114. <https://doi.org/10.1111/ele.12200>
- Hedlund, J. (2017). *EYE TRACKING IN USABILITY-A methodology study*.
- Heinz, S., Linxen, S., Tuch, A. N., Fraßbeck, L., & Opwis, K. (2016). Is It Still Where I Expect It?—Users' Current Expectations of Interface Elements on the Most Frequent Types of Websites. *Interacting with Computers*. <https://doi.org/10.1093/iwc/iww012>
- Hewitt, D. H., & He, Y. (2022). Cognitive Load and Website Usability: Effects of Contrast and Task Difficulty. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 66*(1), 1809–1813. <https://doi.org/10.1177/1071181322661051>
- Hewstone, M., & Stroebe, W. (2006). *Sociální psychologie*. Praha: Portál.
- Hinderks, A., Schrepp, M., Domínguez Mayo, F. J., Escalona, M. J., & Thomaschewski, J. (2019). Developing a UX KPI based on the user experience questionnaire. *Computer Standards and Interfaces, 65*, 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2019.01.007>
- Holden, R. J., Volda, S., Savoy, A., Jones, J. F., & Kulanthaivel, A. (2016). Human Factors Engineering and Human–Computer Interaction: Supporting User Performance and Experience. In *Clinical Informatics Study Guide* (pp. 287–307). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22753-5_13
- Hsieh, H. C. L. (2011). *Exploring the Impact of Cultures on Web Usability Test* (pp. 47–54). https://doi.org/10.1007/978-3-642-21753-1_6
- Hu, R., Weng, M., Zhang, L., & Li, X. (2021). *Art Image Complexity Measurement Based on Visual Cognition: Evidence from Eye-Tracking Metrics* (pp. 127–133). https://doi.org/10.1007/978-3-030-80285-1_16
- Huang, K.-C., & Chiu, T.-L. (2007). Visual Search Performance on an LCD Monitor: Effects of Color Combination of Figure and Icon Background, Shape of Icon, and Line Width of Icon Border. *Perceptual and Motor Skills, 104*(2), 562–574. <https://doi.org/10.2466/pms.104.2.562-574>

- Huang, P. S., & Chen, H. C. (2016). Gender Differences in Eye Movements in Solving Text-and-Diagram Science Problems. *International Journal of Science and Mathematics Education, 14*, 327–346. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9644-3>
- Hwang, Y. M., & Lee, K. C. (2018). Using an Eye-Tracking Approach to Explore Gender Differences in Visual Attention and Shopping Attitudes in an Online Shopping Environment. *International Journal of Human-Computer Interaction, 34*(1), 15–24. <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1314611>
- Independent Evaluation Unit. (2022). *UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT*. <https://unctad.org/about/accountability>
- iso.org. (2008, March). *ISO 9241-11:2018*. <https://www.iso.org/standard/63500.html>
- Jack, K. (2008). NTSC, PAL, and SECAM. In *Digital Video and DSP* (pp. 151–163). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-8975-5.00006-6>
- Jim Lewis and Jeff Sauro. (2021, September). *49 UX Metrics, Methods, and Measurement Articles from 2021*. UX Measurement Bootcamp. <https://measuringu.com/ux-2021/>
- Joseph, A. W., & Muruges, R. (2020). Potential Eye Tracking Metrics and Indicators to Measure Cognitive Load in Human-Computer Interaction Research. *Journal of Scientific Research, 64*(01), 168–175. <https://doi.org/10.37398/JSR.2020.640137>
- Karoulis, A., & Pombortsis, A. (2004). The Heuristic Evaluation of Web-Sites Concerning the Evaluators' Expertise and the Appropriate Criteria List. *Informatics in Education, 3*(1), 55–74. <https://doi.org/10.15388/infedu.2004.05>
- Khachatryan, H., & Rihn, A. L. (n.d.). *Eye-Tracking Methodology and Applications in Consumer Research I*. <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Klein, C., & Ettinger, U. (Eds.). (2019). *Eye Movement Research*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20085-5>
- Korbach, A., Brünken, R., & Park, B. (2018). Differentiating Different Types of Cognitive Load: a Comparison of Different Measures. *Educational Psychology Review, 30*(2), 503–529. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9404-8>
- Krejtz, K., Duchowski, A. T., Niedzielska, A., Biele, C., & Krejtz, I. (2018). Eye tracking cognitive load using pupil diameter and microsaccades with fixed gaze. *PLOS ONE, 13*(9), e0203629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203629>
- Ktistakis, E., Skaramagkas, V., Manousos, D., Tachos, N. S., Tripoliti, E., Fotiadis, D. I., & Tsiknakis, M. (2022). COLET: A dataset for COgnitive workLoad estimation based on eye-tracking. *Computer Methods and Programs in Biomedicine, 224*. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2022.106989>

- Kurosu, M. (2016). *Human-Computer Interaction. Theory, Design, Development and Practice* (M. Kurosu, Ed.; Vol. 9731). Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-39510-4>
- Kurzahls, K., Fisher, B., Burch, M., & Weiskopf, D. (2014). Evaluating visual analytics with eye tracking. *ACM International Conference Proceeding Series, 10-November-2015*, 61–69. <https://doi.org/10.1145/2669557.2669560>
- Lange, K., Kühn, S., & Filevich, E. (2015). “Just another tool for online studies” (JATOS): An easy solution for setup and management of web servers supporting online studies. *PLoS ONE*, *10*(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130834>
- Laugwitz, B., Held, T., & Schrepp, M. (2008). *Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire* (pp. 63–76). https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_6
- Lazar, J., Feng, J. H., Hochheiser, H., & Shneiderman, B. (2017). Critical Acclaim for Research Methods in Human Computer Interaction, Second Edition. In J. Lazar, J. H. Feng, & H. Hochheiser (Eds.), *Research Methods in Human Computer Interaction (Second Edition)* (Second Edition, pp. v–viii). Morgan Kaufmann.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805390-4.09986-6>
- Lee, K., & Choi, J. (2019). Image-text inconsistency effect on product evaluation in online retailing. *Journal of Retailing and Consumer Services*, *49*, 279–288.
<https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.03.015>
- Les MacLeod EdD, M. P. H., & others. (2012). Making SMART goals smarter. *Physician Executive*, *38*(2), 68.
- Lewis, J. R. (1995). IBM computer usability satisfaction questionnaires: Psychometric evaluation and instructions for use. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *7*(1), 57–78. <https://doi.org/10.1080/10447319509526110>
- Lewis, J. R., & Sauro, J. (2021). Usability and User Experience: Design and Evaluation. In *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (pp. 972–1015). wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781119636113.ch38>
- Li, X., Wang, M., & Chen, Y. (2014). *THE IMPACT OF PRODUCT PHOTO ON ONLINE CONSUMER PURCHASE INTENTION: AN IMAGE-PROCESSING ENABLED EMPIRICAL STUDY* (Vol. 325). <http://aisel.aisnet.org/pacis2014/325>
- Lim, J. Z., Mountstephens, J., & Teo, J. (2020). Emotion recognition using eye-tracking: Taxonomy, review and current challenges. In *Sensors (Switzerland)* (Vol. 20, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/s20082384>
- Linghammar, F. (n.d.). *Usability and Aesthetics-is beautiful more usable?*

- Liversedge, S. P., & Findlay, J. M. (2000). Saccadic eye movements and cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(1), 6–14. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01418-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01418-7)
- Longo, L., & Dondio, P. (2015). On the Relationship between Perception of Usability and Subjective Mental Workload of Web Interfaces. *2015 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT)*, 345–352. <https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2015.157>
- Lund, A. (2001). *Measuring Usability with the USE Questionnaire*. <https://www.researchgate.net/publication/230786746>
- Lykins, A. D., Meana, M., & Kambe, G. (2006). Detection of Differential Viewing Patterns to Erotic and Non-Erotic Stimuli Using Eye-Tracking Methodology. *Archives of Sexual Behavior*, 35(5), 569–575. <https://doi.org/10.1007/s10508-006-9065-z>
- Maguire, M. (2023). *A Review of Usability Guidelines for E-Commerce Website Design* (pp. 30–43). https://doi.org/10.1007/978-3-031-35702-2_3
- Mahanama, B., Jayawardana, Y., Rengarajan, S., Jayawardena, G., Chukoskie, L., Snider, J., & Jayarathna, S. (2022). Eye Movement and Pupil Measures: A Review. In *Frontiers in Computer Science* (Vol. 3). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2021.733531>
- Maier, E. (2019). The Negative Effect of Product Image Inconsistency on Product Overviews During the Online Product Search. *International Journal of Electronic Commerce*, 23(1), 110–143. <https://doi.org/10.1080/10864415.2018.1512281>
- Mann, D. M., Chokshi, S. K., & Kushniruk, A. (2018). Bridging the Gap Between Academic Research and Pragmatic Needs in Usability: A Hybrid Approach to Usability Evaluation of Health Care Information Systems. *JMIR Human Factors*, 5(4), e10721. <https://doi.org/10.2196/10721>
- Manohar, N., MacMillan, F., Z. Steiner, G., & Arora, A. (2018). Recruitment of Research Participants. In *Handbook of Research Methods in Health Social Sciences* (pp. 1–28). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2779-6_75-1
- Manuel Garcia-Barrios, V., Guetl, C., & Moedritscher, F. (2004). *AdELE: A Framework for Adaptive E-Learning through Eye Tracking*. <https://www.researchgate.net/publication/228983539>
- Marshall, S. P. (2002). The Index of Cognitive Activity: measuring cognitive workload. *Proceedings of the IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants*, 7-5-7–9. <https://doi.org/10.1109/HFPP.2002.1042860>

- Matthews, O., Davies, A., Vigo, M., & Harper, S. (2020). Unobtrusive arousal detection on the web using pupillary response. *International Journal of Human-Computer Studies*, 136, 102361. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.09.003>
- Mauchly, J. W. (1940). Significance Test for Sphericity of a Normal n -Variate Distribution. *The Annals of Mathematical Statistics*, 11(2), 204–209. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177731915>
- Mayer, R. E., & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 390–397. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.390>
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81–97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Moshagen, M., & Thielsch, M. T. (2010a). Facets of visual aesthetics. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(10), 689–709. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2010.05.006>
- Moshagen, M., & Thielsch, M. T. (2010b). Facets of visual aesthetics. *International Journal of Human Computer Studies*, 68(10), 689–709. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2010.05.006>
- Moshagen, M., & Thielsch, M. T. (2013). A short version of the visual aesthetics of websites inventory. *Behaviour and Information Technology*, 32(12), 1305–1311. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2012.694910>
- Nadkarni, S., & Gupta, R. (2007). A Task-Based Model of Perceived Website Complexity. In *Source: MIS Quarterly* (Vol. 31, Issue 3). <https://www.jstor.org/stable/25148805?seq=1&cid=pdf->
- Nahar, G., & Jain, S. B. (2023). *Uncovering the Usability Test Methods for Human-Computer Interaction* (pp. 57–68). https://doi.org/10.1007/978-981-99-1909-3_6
- Negrin, K. A., Slaughter, S. E., Dahlke, S., & Olson, J. (2022). Successful Recruitment to Qualitative Research: A Critical Reflection. *International Journal of Qualitative Methods*, 21. <https://doi.org/10.1177/16094069221119576>
- Nelson Rojas. (2023, April 2). *A study on the eCommerce detailed product pages and their essential aspects*. <https://quo.agency/research/a-study-on-the-ecommerce-detailed-product-pages-and-their-essential-aspects>
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press.

- Nielsen, J. (2012, February 3). *Usability 101: Introduction to Usability*.
<https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- Nielsen, J., Berger, J. M., Gilutz, S., & Whitenon, K. (2020). *Return on Investment (ROI)*.
- Nielsen, J., & Pernice, K. (2009). *Eyetracking Web Usability* (1st ed.). New Riders Publishing.
- Nørgaard, M., & Hornbæk, K. (2006). What do usability evaluators do in practice? *Proceedings of the 6th Conference on Designing Interactive Systems*, 209–218.
<https://doi.org/10.1145/1142405.1142439>
- Norman, D., & Nielsen, J. (n.d.). *The Definition of User Experience (UX)*. Retrieved October 2, 2023, from <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>
- Novák, J. Š., Masner, J., Benda, P., Šimek, P., & Merunka, V. (2023). Eye Tracking, Usability, and User Experience: A Systematic Review. *International Journal of Human-Computer Interaction*. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2221600>
- Noyes, J., Booth, A., Moore, G., Flemming, K., Tunçalp, Ö., & Shakibazadeh, E. (2019). Synthesising quantitative and qualitative evidence to inform guidelines on complex interventions: Clarifying the purposes, designs and outlining some methods. *BMJ Global Health*, 4(Supplement1). <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2018-000893>
- Nur, S. (2013). ASSESSING WEB SITE USABILITY MEASUREMENT. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 02(09), 386–392.
<https://doi.org/10.15623/ijret.2013.0209058>
- Nuthmann, A. (2017). Fixation durations in scene viewing: Modeling the effects of local image features, oculomotor parameters, and task. *Psychonomic Bulletin and Review*, 24(2), 370–392. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1124-4>
- O'Brien, H. L., & Toms, E. G. (2010). The development and evaluation of a survey to measure user engagement. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1), 50–69. <https://doi.org/10.1002/asi.21229>
- O'Cathain, A., Murphy, E., & Nicholl, J. (2010). Three techniques for integrating data in mixed methods studies. *BMJ*, 341(sep17 1), c4587–c4587.
<https://doi.org/10.1136/bmj.c4587>
- Odbor statistik rozvoje společnosti. (2021). *INFORMAČNÍ SPOLEČNOST V ČÍSLECH*.
www.plzen.czso.cz
- Odušegun, L. (2023). Aesthetic semantics: Affect rating of atomic visual web aesthetics for use in affective user experience design. *International Journal of Human Computer Studies*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102978>

- Olson, J. S., & Kellogg Editors, W. A. (2014). *Ways of Knowing in HCI*.
- Onwuegbuzie, A., & Collins, K. (2015). A Typology of Mixed Methods Sampling Designs in Social Science Research. *The Qualitative Report*. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2007.1638>
- Östlund, U., Kidd, L., Wengström, Y., & Rowa-Dewar, N. (2011). Combining qualitative and quantitative research within mixed method research designs: A methodological review. In *International Journal of Nursing Studies* (Vol. 48, Issue 3, pp. 369–383). <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2010.10.005>
- Oyekunle, R., Bello, O., Jubril, Q., Sikiru, I., & Balogun, A. (2020). Usability Evaluation using Eye-Tracking on E-Commerce and Education Domains. *Journal of Information Technology and Computing*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.48185/jitc.v1i1.43>
- Palcu, J., Sudkamp, J., & Florack, A. (2017). Judgments at Gaze Value: Gaze Cuing in Banner Advertisements, Its Effect on Attention Allocation and Product Judgments. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00881>
- Pauszek, J. R. (2023). An introduction to eye tracking in human factors healthcare research and medical device testing. *Human Factors in Healthcare*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.hfh.2022.100031>
- Pavlas, D., Lum, H., & Salas, E. (2010). The Influence of Aesthetic and Usability Web Design Elements on Viewing Patterns and User Response: An Eye-tracking Study. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 54(16), 1244–1248. <https://doi.org/10.1177/154193121005401602>
- Perdomo, E. G., Cardoso, M. Á. T., Perdomo, C. A. C., & Serrezuela, R. R. (2017). *A Review of the User Based Web Design : Usability and Information Architecture*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:11059408>
- Pereira, M. S., Cardoso, A., Fernandes, C., Rodrigues, S., & D'Orey, F. (2023). *The Influence of the Image and Photography of E- Commerce Products on the Purchase Decision of Online Consumers* (pp. 39–51). https://doi.org/10.1007/978-3-031-25222-8_4
- Pernice, K. (2016, December 16). *UX Prototypes: Low Fidelity vs. High Fidelity*. <https://www.nngroup.com/articles/ux-prototype-hi-lo-fidelity/>
- Pernice, K., & Nielsen, J. (n.d.). *How to Conduct Eyetracking Studies*. <http://www.nngroup.com/reports/how-to-conduct-eyetracking-studies/>
- Phukan, A. (2009). *Measuring Usability via Biometrics* (pp. 101–107). https://doi.org/10.1007/978-3-642-02774-1_11

- Prisacari, A., & Holme, T. (2013). *Using Eye-Tracking to Test and Improve Website Design* (pp. 389–398). https://doi.org/10.1007/978-3-642-39229-0_42
- professor, A. (2015). AN EMPIRICAL STUDY ON CONSUMERS PERCEPTION TOWARDS ONLINE SHOPPING. In *International Journal of Management and Commerce Innovations* (Vol. 3). www.researchpublish.com
- Prolific. (2014). *Prolific*. <https://www.prolific.com>
- Qazi, A., Hasan, N., Abayomi-Alli, O., Hardaker, G., Scherer, R., Sarker, Y., Kumar Paul, S., & Maitama, J. Z. (2022). Gender differences in information and communication technology use & skills: a systematic review and meta-analysis. *Education and Information Technologies*, 27(3), 4225–4258. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10775-x>
- Quinn, J. M., & Tran, T. Q. (2010). Attractive phones don't have to work better. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 353–362. <https://doi.org/10.1145/1753326.1753380>
- Quiñones, D., & Rusu, C. (2017). How to develop usability heuristics: A systematic literature review. *Computer Standards & Interfaces*, 53, 89–122. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2017.03.009>
- Reckin, R., Schweig, J., & Brandenburg, S. (2015). Performance Indicators for Usability Measures-Striving for a working framework beyond Return on Investment. *Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme Tagungsband*.
- Reichheld, F. F. (2003). The one number you need to grow. *Harvard Business Review*, 81(12), 46–54, 124. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:1681767>
- Rodemer, M., Karch, J., & Bernholt, S. (2023). Pupil dilation as cognitive load measure in instructional videos on complex chemical representations. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1062053>
- Roth, S. P., Tuch, A. N., Mekler, E. D., Bargas-Avila, J. A., & Opwis, K. (2013). Location matters, especially for non-salient features—An eye-tracking study on the effects of web object placement on different types of websites. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(3), 228–235. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2012.09.001>
- Saha, S., Senapati, A., & Maity, R. (2023). An approach to predict the task efficiency of web pages. *Multimedia Tools and Applications*, 82(16), 25217–25233. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-14619-3>
- Sáiz-Manzanares, M. C., Marticorena-Sánchez, R., Martín Antón, L. J., González-Díez, I., & Carbonero Martín, M. Á. (2023). Using Eye Tracking Technology to Analyse Cognitive

- Load in Multichannel Activities in University Students. *International Journal of Human-Computer Interaction*. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2188532>
- Sammaknejad, N., Pouretamad, H., Eslahchi, C., Salahirad, A., & Alinejad, A. (2017). Gender Classification Based on Eye Movements: A Processing Effect During Passive Face Viewing. *Advances in Cognitive Psychology*, *13*(3), 232–240. <https://doi.org/10.5709/acp-0223-1>
- Samuel Huba. (2023). *Velikost e-commerce trhu*. <https://www.ceska-ecommerce.cz/>
- Sari, J. N., Ferdiana, R., Santosa, P. I., & Nugroho, L. E. (2015). An eye tracking study. *Proceedings of the International HCI and UX Conference in Indonesia*, 69–72. <https://doi.org/10.1145/2742032.2742578>
- Sauro, J. (2015). SUPR-Q: a comprehensive measure of the quality of the website user experience. *Journal of Usability Studies Archive*, *10*, 68–86. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:16552794>
- Sauro, Jeff. (2016). *Quantifying the user experience : practical statistics for user research*. Morgan Kaufmann.
- Schmutz, P., Heinz, S., Métrailler, Y., & Opwis, K. (2009). Cognitive Load in eCommerce Applications—Measurement and Effects on User Satisfaction. *Advances in Human-Computer Interaction*, *2009*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2009/121494>
- Schmutz, P., Roth, S. P., Seckler, M., & Opwis, K. (2010). Designing product listing pages—Effects on sales and users’ cognitive workload. *International Journal of Human Computer Studies*, *68*(7), 423–431. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2010.02.001>
- Schrepp, M., Hinderks, A., & Thomaschewski, J. (2014). Applying the user experience questionnaire (UEQ) in different evaluation scenarios. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *8517 LNCS(PART 1)*, 383–392. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07668-3_37
- Schwedes, C., & Wentura, D. (2016). Through the eyes to memory: Fixation durations as an early indirect index of concealed knowledge. *Memory and Cognition*, *44*(8), 1244–1258. <https://doi.org/10.3758/s13421-016-0630-y>
- Semerádová, T., & Weinlich, P. (2018). *Uživatelské parametry webového designu*. <https://www.researchgate.net/publication/329917257>
- Seo, Y. W., Wook Chae, S., & Lee, K. C. (2012). LNAI 7198 - The Impact of Human Brand Image Appeal on Visual Attention and Purchase Intentions at an E-commerce Website. In *LNAI* (Vol. 7198).

- Sevcenko, N., Appel, T., Ninaus, M., Moeller, K., & Gerjets, P. (2023). Theory-based approach for assessing cognitive load during time-critical resource-managing human-computer interactions: an eye-tracking study. *Journal on Multimodal User Interfaces*, *17*(1), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s12193-022-00398-y>
- Sharafi, Z., Soh, Z., & Guéhéneuc, Y. G. (2015). A systematic literature review on the usage of eye-tracking in software engineering. *Information and Software Technology*, *67*, 79–107. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.06.008>
- Sharma, A., & Abrol, P. (2016). Direction estimation model for gaze controlled systems. *Journal of Eye Movement Research*, *9*(6). <https://doi.org/10.16910/jemr.9.6.5>
- Sibley, C., Coyne, J., & Baldwin, C. (2011). Pupil Dilation as an Index of Learning. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, *55*(1), 237–241. <https://doi.org/10.1177/1071181311551049>
- Skaramagkas, V., Giannakakis, G., Ktistakis, E., Manousos, D., Karatzanis, I., Tachos, N., Tripoliti, E., Marias, K., Fotiadis, D. I., & Tsiknakis, M. (2023a). Review of Eye Tracking Metrics Involved in Emotional and Cognitive Processes. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, *16*, 260–277. <https://doi.org/10.1109/RBME.2021.3066072>
- Skaramagkas, V., Giannakakis, G., Ktistakis, E., Manousos, D., Karatzanis, I., Tachos, N., Tripoliti, E., Marias, K., Fotiadis, D. I., & Tsiknakis, M. (2023b). Review of Eye Tracking Metrics Involved in Emotional and Cognitive Processes. In *IEEE Reviews in Biomedical Engineering* (Vol. 16, pp. 260–277). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/RBME.2021.3066072>
- Skaramagkas, V., Ktistakis, E., Manousos, D., Tachos, N. S., Kazantzaki, E., Tripoliti, E. E., Fotiadis, D. I., & Tsiknakis, M. (2021a). A machine learning approach to predict emotional arousal and valence from gaze extracted features. *BIBE 2021 - 21st IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering, Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/BIBE52308.2021.9635346>
- Skaramagkas, V., Ktistakis, E., Manousos, D., Tachos, N. S., Kazantzaki, E., Tripoliti, E. E., Fotiadis, D. I., & Tsiknakis, M. (2021b). Cognitive workload level estimation based on eye tracking: A machine learning approach. *BIBE 2021 - 21st IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering, Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/BIBE52308.2021.9635166>
- Smith, J., Whiting, J., & Northup, J. (2001). *WAVE Web Accessibility Evaluation Tools*. <https://wave.webaim.org/about>

- Spathis, D. (2016). *Photo-Quality Evaluation based on Computational Aesthetics: Review of Feature Extraction Techniques*. <http://arxiv.org/abs/1612.06259>
- Stoet, G. (2017). PsyToolkit. *Teaching of Psychology*, 44(1), 24–31.
<https://doi.org/10.1177/0098628316677643>
- Stolte, M., Gollan, B., & Ansorge, U. (2020). Tracking visual search demands and memory load through pupil dilation. *Journal of Vision*, 20(6), 21.
<https://doi.org/10.1167/jov.20.6.21>
- Sulikowski, P., Kucznerowicz, M., Bąk, I., Romanowski, A., & Zdziebko, T. (2022). Online Store Aesthetics Impact Efficacy of Product Recommendations and Highlighting. *Sensors*, 22(23). <https://doi.org/10.3390/s22239186>
- Šuminas, A., & Gudinaičius, A. (2015). Web Usability Evaluation Based on Eye Tracking. Case Study of Lithuanian National Museum Website. *Zagadnienia Informatyki Naukowej - Studia Informacyjne*, 53(1(105)), 96–112. <https://doi.org/10.36702/zin.320>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Tan, P.-N., Steinbach, M., & Kumar, V. (n.d.). *Introduction to data mining*.
- Toker, D., & Conati, C. (2017). Leveraging Pupil Dilation Measures for Understanding Users' Cognitive Load During Visualization Processing. *Adjunct Publication of the 25th Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*, 267–270.
<https://doi.org/10.1145/3099023.3099059>
- Tractinsky, N., Katz, A. S., & Ikar, D. (2000). What is beautiful is usable. *Interacting with Computers*, 13(2), 127–145. [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(00\)00031-X](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(00)00031-X)
- Tuch, A. N., Roth, S. P., Hornbæk, K., Opwis, K., & Bargas-Avila, J. A. (2012). Is beautiful really usable? Toward understanding the relation between usability, aesthetics, and affect in HCI. *Computers in Human Behavior*, 28(5), 1596–1607.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.03.024>
- UHK. (2021). *STUDIJNÍ A ZKUŠEBNÍ ŘÁD UNIVERZITY HRADEC KRÁLOVÉ*.
<https://www.uhk.cz/file/edee/fakulta-informatiky-a-managementu/studium/doktorska-studia/studijni-a-zkusebni-rad-univerzity-hradec-kralove-2021.pdf>
- UHK. (2023). *METODICKÉ POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ BAKALÁŘSKÝCH A DIPLOMOVÝCH PRACÍ*. <https://www.uhk.cz/file/edee/fakulta-informatiky-a->

- managementu/uredni-deska/ridici-akty/vynosy-dekana/2023/metodicke-pokyny-pro-vypracovani-bakalarskych-a-diplomovych-praci.pdf
- UXprobe bvba. (2015). *The Return on Investment of a Great User Experience*.
https://www.uxpro.be/wp-content/uploads/dlm_uploads/UXprobe-ROIofaGreatUX.pdf
- Valtakari, N. V, Hooge, I. T. C., Viktorsson, C., Nyström, P., Falck-Ytter, T., & Hessels, R. S. (n.d.). *Eye tracking in human interaction: Possibilities and limitations*.
<https://doi.org/10.3758/s13428-020-01517-x/Published>
- van Schaik, P., & Ling, J. (2009). The role of context in perceptions of the aesthetics of web pages over time. *International Journal of Human Computer Studies*, 67(1), 79–89.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.09.012>
- Van Solingen, R. (1999). *The Goal/Question/Metric Method: A Practical Guide for Quality Improvement of Software Development*.
<https://www.researchgate.net/publication/243765439>
- van Solingen, R., Basili, V., Caldiera, G., & Rombach, H. D. (2002). Goal Question Metric (GQM) Approach. In *Encyclopedia of Software Engineering*. Wiley.
<https://doi.org/10.1002/0471028959.sof142>
- Vansteenkiste, P., Cardon, G., Philippaerts, R., & Lenoir, M. (2015). Measuring dwell time percentage from head-mounted eye-tracking data – comparison of a frame-by-frame and a fixation-by-fixation analysis. *Ergonomics*, 58(5), 712–721.
<https://doi.org/10.1080/00140139.2014.990524>
- Vermeeren, A. P. O. S., Law, E. L.-C., Roto, V., Obrist, M., Hoonhout, J., & Väänänen-Vainio-Mattila, K. (2010). User experience evaluation methods. *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, 521–530.
<https://doi.org/10.1145/1868914.1868973>
- Wandell, B. A., & Silverstein, L. D. (2003). Digital Color Reproduction. In *The Science of Color* (pp. 281–316). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-044451251-2/50009-X>
- Wang, J., Antonenko, P., Celepkolu, M., Jimenez, Y., Fieldman, E., & Fieldman, A. (2019). Exploring Relationships Between Eye Tracking and Traditional Usability Testing Data. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(6), 483–494.
<https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1464776>
- Wang, Q., Yang, S., Liu, M., Cao, Z., & Ma, Q. (2014). An eye-tracking study of website complexity from cognitive load perspective. *Decision Support Systems*, 62, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.02.007>

- Wang, Q., Yang, Y., Wang, Q., & Ma, Q. (2014). The effect of human image in B2C website design: An eye-tracking study. *Enterprise Information Systems*, 8(5), 582–605. <https://doi.org/10.1080/17517575.2014.925585>
- Weichbroth, P., Redlarski, K., & Garnik, I. (2016). *Eye-tracking Web Usability Research*. 1681–1684. <https://doi.org/10.15439/2016F127>
- Wu, C., Cha, J., Sulek, J., Zhou, T., Sundaram, C. P., Wachs, J., & Yu, D. (2020). Eye-Tracking Metrics Predict Perceived Workload in Robotic Surgical Skills Training. *Human Factors*, 62(8), 1365–1386. <https://doi.org/10.1177/0018720819874544>
- Wu, K., Vassileva, J., Zhao, Y., Noorian, Z., Waldner, W., & Adaji, I. (2016). Complexity or simplicity? Designing product pictures for advertising in online marketplaces. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 28, 17–27. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2015.08.009>
- Xia, H., Pan, X., Zhou, Y., & Zhang, Z. (Justin). (2020). Creating the best first impression: Designing online product photos to increase sales. *Decision Support Systems*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113235>
- Zagermann, J., Pfeil, U., & Reiterer, H. (2016). Measuring cognitive load using eye tracking technology in visual computing. *ACM International Conference Proceeding Series*, 24-October-2016, 78–85. <https://doi.org/10.1145/2993901.2993908>
- Zaharia, S., Kauke, D., & Hartung, E. (2017). *Eye-Tracking Analysis of Gender-Specific Online Information Research and Buying Behavior* (pp. 143–159). https://doi.org/10.1007/978-3-319-58484-3_12
- Zenil, H. (2020). A review of methods for estimating algorithmic complexity: Options, challenges, and new directions. In *Entropy* (Vol. 22, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/E22060612>
- Zhang, F., Shuai, Y., Lin, S., Li, X., Jiang, H., Yao, C., Ying, F., & Lin, M. (2017). A Study of How List Format Influences the Visual Search Performance. *Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web Companion - WWW '17 Companion*, 869–870. <https://doi.org/10.1145/3041021.3054247>

9.1. Vlastní publikace disertanta související s tématem

9.1.1. Výstupy v odborných časopisech (Chronologicky)

Franěk, M., Petružálek, J., Šefara, D. (2022). Facial expressions and self-reported emotions when viewing nature images. *International journal of environmental research and public health*, 19(17), "Article number: 10588".

Franěk, M., Petružálek, J. (2021). Viewing Natural vs. Urban Images and Emotional Facial Expressions: An Exploratory Study. *International journal of environmental research and public health*, 18(14), "Article number: 7651".

Franěk, M., Petružálek, J., Šefara, D. (2019). Eye movements in viewing urban images and natural images in diverse vegetation periods. *Urban Forestry and Urban Greening*, 46(prosinec), "Article Number: UNSP 126477".

Franěk, M., Šefara, D., Petružálek, J., Cabal, J., Myška, K. (2018). Differences in eye movements while viewing images with various levels of restorativeness. *Journal of environmental psychology*, 57(JUN), 10-16.

Franěk, M., Šefara, D., Petružálek, J., Mlejnek, R., Van Noorden, L. (2018). Eye movements in scene perception while listening to slow and fast music. *Journal of eye movement research*, 11(2), 1-13.

Franěk, M., Mlejnek, R., Petružálek, J. (2011). Aktivace stereotypu posluchače hudebního žánru a mentální výkon. *Československá psychologie*, 55(5), 414-423.

9.1.2. Konferenční příspěvky (Chronologicky)

Petružálek, J., University of Hradec Králové, Facial expressions and self-reported emotions when viewing nature images, ICEP 2023 International Conference on Environmental Psychology Aarhus, Denmark, 2023

Petružálek, J., První česká konference na téma Eye Tracking v akademickém výzkumu, Patálie eye tracking testování webových stránek, Praha - 25. 9. 2020

Petružálek, J., Šefara, D., Franěk, M. and Meliš, J. (2019). Gender effects in viewing advertising banners on eye movements, Stav: Prezentováno na 20th European Conference on Eye Movements" in Alicante (Spain), August 18-22, 2019

Petružálek, J., Šefara, D., Franěk, M. and Kabeláč, M. (2018). Scene perception while listening to music: an eye-tracking study, ACM SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS. Varšava, Polsko, 14.-17. 6., 2018

Petružálek, J., Šefara, D., Franěk, M., Cabal, J. (2017). Eye movements while perceiving images of natural and built environments, ECEM 2017, The 19th European Conference on Eye Movements, Wuppertal, Německo, 20.-24.8.2017, Bergische Universität Wuppertal, ecem2017.uni-wuppertal.de, Výstup: D, Počet stran: 1s

10. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Referenční model návrhu uživatelsky orientovaného webu – vlastní zpracování ze zdroje (Semerádová & Weinlich, 2018)	6
Obrázek 2 – Vizualizace očekávaného rozložení webových stránek, převzato z (Carol M. Barnum, 2021)	12
Obrázek 3 – Struktura praktické části disertační práce – vlastní zpracování	28
Obrázek 4 – Stimuly – vlastní zpracování	31
Obrázek 5 – Vytvořené webové náhledy včetně velikosti souborů	46
Obrázek 6 – Ukázka průběhu experimentu skupiny A	48
Obrázek 7 – Upravené schéma formování prvního dojmu při návštěvě webových stránek. Vytvořeno vlastní syntézou modelu převzatého z (Hewstone & Stroebe, 2006)	62
Obrázek 8 – Model vlivu Eye-tracking metrik na kognitivní zátěž – převzato a upraveno z práce (Zagermann et al., 2016)	65
Obrázek 9 – Webové stránky – vlastní zpracování	68
Obrázek 10 – Metodika testování uživatelského prostředí za pomoci kombinovaného měření	110
Obrázek 11 – Rozšířený diagram navržené metodiky testování – vlastní zpracování... ..	141

11. Seznam tabulek

Tabulka 1 – Podobnost modelů použitelnosti ve vztahu ke kritériím použitelnosti – vlastní zpracování.....	8
Tabulka 2 – Vybrané dotazníky hodnocení použitelnosti/UX – vlastní zpracování (hlavní zdroj (Assila et al., 2016))	9
Tabulka 3 – Klíčové elementy webových stránek a jejich možná reprezentace, převzato z (Garett et al., 2016) – vlastní zpracování	12
Tabulka 4 – Komplexní souhrn Eye-tracking metrik – vlastní zpracování.....	14
Tabulka 5 – Fixační metriky a indikátory – vlastní zpracování, převzato z (Korbach et al., 2018)	24
Tabulka 6 – Shrnující statistika mezi skupinami bannerů s mužem a ženou – vlastní zpracování.....	31
Tabulka 7 – Průměry fixací mezi bannery	33
Tabulka 8 – Legenda otázky k hodnocení bannerů.....	35
Tabulka 9 – Doba plnění úkolu – vlastní zpracování.....	50
Tabulka 10 – Výsledky post-hoc testu pro dobu plnění úkolu – vlastní zpracování	50
Tabulka 11 – Počet fixací na obrázky produktů – vlastní zpracování.....	51
Tabulka 12 – Výsledky post-hoc testu pro fixace na obrázky produktů – vlastní zpracování	52
Tabulka 13 – Počet fixací na celé stránky – vlastní zpracování.....	53
Tabulka 14 – Výsledky post-hoc testu pro fixace na oblast celé stránky – vlastní zpracování	53
Tabulka 15 – Výsledky hodnocení atraktivity a přehlednosti pomocí dotazníku UEQ – vlastní zpracování.....	53
Tabulka 16 – Výsledky post-hoc testu pro hodnocení atraktivity – vlastní zpracování ...	54
Tabulka 17 – Výsledky post hoc testu pro hodnocení přehlednosti – vlastní zpracování	54
Tabulka 18 – Korelace mezi dobou plnění úkolu a hodnocením UX obrázky s lidmi – vlastní zpracování.....	55
Tabulka 19 – Korelace mezi dobou plnění úkolu a hodnocením UX obrázky bez lidí – vlastní zpracování.....	55
Tabulka 20 – Skóre interpretace NASA TLX převzato z (Hart & Staveland, 1988).....	71
Tabulka 21 – Metriky modelu a jejich role v modelu EMLI – vlastní zpracování	71

Tabulka 22 – Ukázka výpočtu MWLS v Excelu – vlastní zpracování	75
Tabulka 23 – Celková luminiscence za jednotlivé šablony – vlastní zpracování	83
Tabulka 24 – Shrnutí výsledků průměrovaných metrik – vlastní zpracování (vyhodnocení dle (Korbach et al., 2018))	85
Tabulka 25 – Celkové průměry hodnocení VisAWI pro jednotlivé šablony a pohlaví respondentů – vlastní zpracování	87
Tabulka 26 – Průměry EMLI skóre modelu na oblasti celých stránek – vlastní zpracování	88
Tabulka 27 – Průměry EMLI skóre modelu na oblasti produktu – vlastní zpracování	89
Tabulka 28 – Porovnání aplikací pro vzdálené online uživatelské testování – vlastní zpracování.....	103

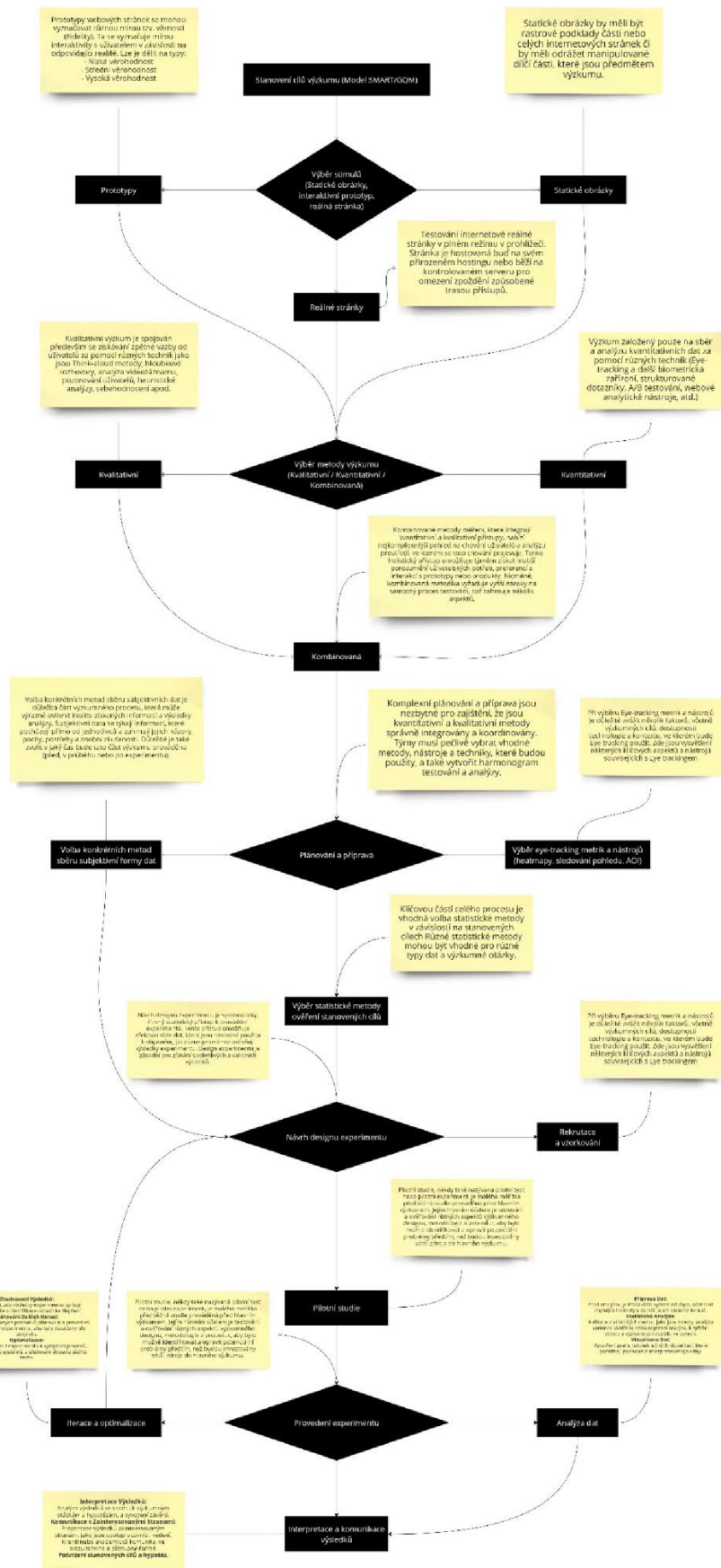
12. Seznam grafů

Graf 1 – Průměrné fixace banneru varianty s mužem a ženou na AOI osoby.....	34
Graf 2 – Průměrné hodnocení banneru varianty s mužem a ženou – vlastní zpracování	35
Graf 3 – Průměrný počet fixací (AOI – produkty) – vlastní zpracování	76
Graf 4 – Průměrný čas do první fixace (AOI – produkty) – vlastní zpracování.....	77
Graf 5 – Průměrná doba fixací (AOI – produkty) – vlastní zpracování.....	78
Graf 6 – Průměrný počet pohledů (AOI – produkty) – vlastní zpracování	79
Graf 7 – Průměrná doba pohledů/sakád (Celá stránka a AOI produkty) – vlastní zpracování.....	80
Graf 8 – Sekvence před první fixací (AOI produkty) – vlastní zpracování.....	81
Graf 9 – Průměrná doba setrvání pohledů (AOI produktů) – vlastní zpracování.....	82
Graf 10 – Dilatace zorniček (Celé stránky) – vlastní zpracování.....	84
Graf 11 – Celkové skóre estetiky mezi šablonami získané z dotazníku VisAWI – vlastní zpracování.....	87
Graf 12 – Výsledné skóre EMLI modelu na oblasti celých stránek – vlastní zpracování..	88
Graf 13 –	89

13. Přílohy

Itinerář výzkumu

- 1. Stanovení cílů výzkumu:**
 - Definujte hlavní cíle výzkumu.
 - Použijte Model SMART pro konkrétní, měřitelné, dosažitelné, relevantní a časově omezené cíle.
 - Použijte Model GQM (Goal-Question-Metric) k identifikaci klíčových otázek a metrik, které vám pomohou dosáhnout vašich cílů.
- 2. Výběr stimulů:**
 - Rozhodněte, zda použijete statické obrázky, prototypy nebo reálné stránky.
 - Připravte všechny materiály a zajistěte, aby byly reprezentativní pro cíle vašeho výzkumu.
- 3. Výběr metody výzkumu:**
 - Rozhodněte se, zda použijete kvalitativní, kvantitativní nebo kombinované metody.
 - Zvažte výhody a nevýhody každé metody v kontextu vašich cílů výzkumu.
- 4. Plánování a příprava:**
 - Vytvořte harmonogram a rozvrh pro výzkum.
 - Připravte všechny nástroje a vybavení, které budete potřebovat (Eye-tracking zařízení, dotazníky atd.).
- 5. Výběr konkrétních metod sběru subjektivní formy dat:**
 - Rozhodněte, jaké dotazníky nebo průzkumy budete používat k získání zpětné vazby od uživatelů.
 - Připravte všechny formuláře a materiály potřebné pro sběr dat.
- 6. Výběr Eye-tracking metrik a nástrojů:**
 - Rozhodněte se, které metriky (heatmaps, sledování pohledu, AOI) jsou pro vaši studii nejrelevantnější.
 - Nastavte a otestujte vaše Eye-tracking zařízení.
- 7. Výběr statistické metody ověření stanovených cílů:**
 - Zvažte, jaké statistické metody nejlépe vyhovují vašemu datovému setu a výzkumným otázkám.
 - Připravte se na analýzu dat.
- 8. Návrh designu experimentu:**
 - Vytvořte konkrétní plán, jak budou účastníci interagovat s materiálem a jak budou sbírána data.
- 9. Provedení experimentu:**
 - Provedení pilotní studie k ověření, zda vše funguje správně.
 - Rekrutace a vzorkování účastníků.
 - Sběr dat.
- 10. Analýza dat:**
 - Zpracujte a analyzujte data z Eye-trackingu a subjektivního hodnocení.
 - Použijte statistické metody k ověření vašich hypotéz.
- 11. Interpretace a komunikace výsledků:**
 - Formulujte závěry na základě vašich analýz.
 - Vytvořte prezentaci nebo zprávu s hlavními zjištěními pro zainteresované strany.
- 12. Iterace a optimalizace (pokud je to nutné):**
 - Na základě výsledků proveďte doporučené změny a opakujte výzkum.



Obrázek 11 - Rozšířený diagram navržené metodiky testování - vlastní zpracování