

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství



Disertační práce

**Interakční design v prostředí ambientní
inteligence**

Autorka: Ing. Veronika Ander

Školitel: doc. Ing. Jan Tyrychtr, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému školiteli doc. Ing. Janovi Tyrychtrovi, Ph.D. za vedení disertační práce. Mé poděkování dále patří všem kolegům z Provozně ekonomické fakulty České zemědělské univerzity v Praze, kteří svými připomínkami, náměty a radami přispěli k dokončení této práce. V neposlední řadě pak patří velké poděkování mým úžasným dětem, mé rodině, přátelům a zejména Petrovi, bez jehož podpory by tato práce nemohla být dokončena.

Souhrn

Disertační práce se zabývá problematikou hodnocení interakčního designu v prostředí ambientní inteligence. V teoretické části práce jsem popsala pojmy vztahující se k tématu práce, konkrétně pojem ambientní inteligence a pojmy související s oblastí přívětivého designu a interakčního designu. Dále jsem charakterizovala přístupy k hodnocení uživatelských prožitků a interakcí a popsala několik metod používaných pro hodnocení této oblasti. Popsané metody jsou poté kategorizovala dle několika aspektů testování. Následně jsou popsala přístupy k hodnocení inteligentních a adaptivních prostředí. V praktické části jsem dle teoretických poznatků získaných z vědeckých publikací a jejich analýzy navrhla a provedla experiment. Pro realizaci experimentu jsem vytvořila dva prototypy uživatelského rozhraní pro centrální ovládací jednotku inteligentního prostředí. Prototypy byly testovány pomocí expertů na oblast uživatelsky přívětivého designu. Výsledky z testování byly poté vyhodnoceny metodou eye-tracking a nástrojem metody BECOME – Fuzzy Decision Tool. Na základě experimentu jsem navrhla novou metodiku Best User Experience Compromise (BeUXco). Pomocí této metodiky lze zjednodušit hodnocení návrhů interakčního schématu v oblasti UX nebo také v oblasti návrhů inteligentních prostředí.

Klíčová slova

Interakční design, Ambientní inteligence, Uživatel, Design uživatelského rozhraní, Uživatelsky přívětivý design, Metoda BeCoMe, Metodika BeUXco

Summary

The dissertation is focused on evaluation of interaction design in the environment of ambient intelligence. In the theoretical part of the dissertation, terms related to the topic of the dissertation are described, specifically the term of ambient intelligence and terms related to the area of user experience design and interaction design. Further, approaches to the evaluation of user experiences and interactions are characterized and several methods used for the evaluation of this area are described. The described methods are then categorized according to chosen aspects of testing. Subsequently, approaches to the evaluation of intelligent and adaptive environments are described. In the practical part, an experiment is designed and carried out according to theoretical knowledge obtained from scientific publications and their analysis. To implement the experiment, two prototypes of the user interface for the central control unit of the intelligent environment were created. Prototypes were tested with UX experts. The results from the testing were then evaluated using the eye-tracking method and Fuzzy Decision Tool of the BECOME method. Based on the experiment, a new Best User Experience Compromise (BeUXco) methodology was proposed. Using this methodology, the evaluation of interaction scheme designs in the field of UX or also in the field of intelligent environment designs can be used to simplified.

Keywords

Interaction design, Ambient Intelligence, User, User Interface design, User Experience design, Method BeCoMe, methodology BeUXco

Obsah

1. Úvod	8
1.1 Motivace.....	10
1.2 Organizace disertační práce	10
2. Cíl disertační práce a stanovení výzkumných otázek.....	12
2.1 Vymezení výzkumného záměru a oblasti výzkumu	12
2.2 Formulace výzkumných otázek.....	13
2.3 Cíl disertační práce.....	13
3. Metodika disertační práce.....	14
3.1 Teoretická příprava.....	14
3.2 Přípravná fáze experimentu disertační práce	14
3.3 Volba metod pro sběr dat.....	16
3.3.1 Volba metod pro evaluaci dat	16
3.3.1.1 Metoda BeCoMe.....	17
4. Teoretická východiska	23
4.1 Ambientní inteligence	23
4.1.1 Využití AmI v domácím prostředí	28
4.2 Design uživatelských prožitků a interakcí	30
4.2.1 Uživatelsky přívětivý design	30
4.2.2 Interakce člověk – počítač	32
4.2.3 Interakční design	34
4.2.3.1 Základní elementy interakčního designu	37
4.2.3.2 Způsoby interakce.....	40
4.2.3.3 Vztah interakčního designu a ambientní inteligence	43
4.2.4 Uživatelské rozhraní.....	45
4.2.4.1 Adaptivní uživatelské rozhraní	48
4.2.5 Použitelnost	49

4.3	Přístupy k hodnocení uživatelských prožitků a interakcí	50
4.3.1	Uživatelské testování (User Testing)	51
4.3.2	Heuristická analýza (Heuristic Evaluation)	52
4.3.3	Eye-tracking	54
4.3.4	Dotazníky (Questionnaires)	57
4.3.5	Verbální protokoly (Thinking-Aloud Protocol).....	58
4.3.6	Průchody návrhem (Walkthroughs).....	58
4.3.6.1	Kognitivní průchod (Cognitive Walkthrough)	59
4.3.6.2	Plurativní průchod (Pluralistic Walkthrough)	59
4.3.7	A/B testování (Alpha and Beta Testing)	59
4.3.8	Brainstorming	60
4.3.9	Rozhovor (Interview)	60
4.3.9.1	Nestrukturovaný rozhovor	60
4.3.9.2	Strukturovaný rozhovor	60
4.3.9.3	Skupinový rozhovor.....	61
4.3.10	Tvorba uživatelských profilů (Persony)	61
4.3.11	Tvorba modelu (Prototyping)	62
4.3.11.1	Typy prototypů.....	62
4.3.12	Model GOMS	63
4.3.13	Shrnutí vybraných metod k hodnocení uživatelských prožitků a interakcí..	64
4.4	Přístupy k hodnocení UI v inteligentních a adaptivních prostředích	65
5.	Výsledky disertační práce	71
5.1	Návrh experimentu, realizace a testování prototypu.....	71
5.1.1	Tvorba prototypů	72
5.1.2	Výběr participantů	76
5.1.3	Příprava laboratoře	76
5.1.4	Realizační fáze experimentu	77
5.1.5	Evaluační fáze experimentu	77
5.1.6	Výsledky experimentu	77
5.1.6.1	Výsledky z testování pomocí eye-trackingu	78
5.1.6.2	Výsledky z pozorování a verbálních protokolů	80
5.1.6.3	Výsledky z nestrukturovaného rozhovoru	81
5.1.6.4	Výsledky hodnocení pomocí metody BeCoMe.....	81

5.2 Nová metodika BeUXco	83
5.2.1 Výběr metod pro sběr dat	83
5.2.2 Výběr evaluačních metod	83
5.2.3 Příprava testování	84
5.2.4 Výběr participantů	85
5.2.5 Příprava vhodných scénářů	86
5.2.6 Průběh testování	86
5.2.7 Vyhodnocení pomocí metodiky BeUXco	86
6. Diskuze	89
7. Závěr	91
7.1 Shrnutí výsledků ve vztahu k výzkumným otázkám.....	91
7.2 Možnosti navazujícího výzkumu	99
7.3 Přínosy disertační práce	99
8. Seznam zdrojů	100
9. Přílohy	111

Přehled obrázků

Obrázek 1: Proces zpracování disertační práce	15
Obrázek 2: Testovací místnost a režie Laboratoře použitelnosti	16
Obrázek 3: Vývojový diagram pro metodu BeCoMe	18
Obrázek 4: Schéma trojúhelníkové funkce příslušnosti fuzzy čísla	19
Obrázek 5: Centroid	20
Obrázek 6: Vztah mezi AmI a ostatními oblastmi výpočetní techniky	27
Obrázek 7: Vztah interakčního designu k dalším oborům	35
Obrázek 8: Interakční design v rámci UX	36
Obrázek 9: UX Gulfs: Zhodnocení a provedení	39
Obrázek 10: Zobrazení různých způsobů lidské činnosti v prostředí HCI a jejich snímání	41
Obrázek 11: Heat maps	55
Obrázek 12: Gaze plot	55
Obrázek 13: Clusters	56
Obrázek 14: Koncept horizontálního a vertikálního prototypování	63
Obrázek 15: Adaptační rozložení do dvou fází na vysoké úrovni: hodnocení interakce a rozhodování o adaptaci	67
Obrázek 16: Model rozkladu pro „modulární“ vyhodnocení adaptivních uživatelských rozhraní	68
Obrázek 17: Proces experimentu	71
Obrázek 18: Návrh rozhraní	72
Obrázek 19: Ikony použité v návrhu rozhraní	73
Obrázek 20: Prototyp uživatelského rozhraní A – hlavní stránka	74
Obrázek 21: Prototyp uživatelského rozhraní B – hlavní stránka	74
Obrázek 22: Prototyp uživatelského rozhraní – stránka s kalendářem	75
Obrázek 23: Prototyp uživatelského rozhraní – stránka s přidáním akce/úkolů do kalendáře	75
Obrázek 24: Prototyp uživatelského rozhraní – místnosti	76
Obrázek 25: Ukázka testovacího případu č. 1, prototyp A – Participant č. 3A – zacílil na kalendář místo na notifikace	78
Obrázek 26: Ukázka testovacího případu č. 1, prototyp B – Participant č. 3A	78
Obrázek 27: Ukázka testovacího případu č. 2, prototyp A – participant č. 1B	79
Obrázek 28: Ukázka testovacího případu č. 2, prototyp B – participant č. 1B	79
Obrázek 29: Ukázka testovacího případu č. 3, prototyp A – participant č. 10B	79

Obrázek 30: Ukázka testovacího případu č. 3, prototyp B – participant č. 10B.....	80
Obrázek 31: Možnosti testování	85
Obrázek 32: Znázornění zpracování výsledků dotazníkového šetření	87
Obrázek 33: Znázornění vyhodnocení otázek a jejich hodnot mezi variantami.....	88
Obrázek 34: Velikost kulatého prvku – průměr 140 px	95
Obrázek 35: Velikost kulatého prvku – průměr 280 px	96
Obrázek 36: Grafické znázornění jednotlivých rozhodnutí expertů vyjádřena barevnými přerušovanými čarami.....	96
Obrázek 37: Grafické vyjádření jednotlivých rozhodnutí expertů.....	97

Seznam tabulek

Tabulka 1: Kategorizace vybraných metod dle výstupních dat, účelu a použití.....	65
Tabulka 2: Výsledky dotazníků podle otázek – vyhodnoceno nástrojem nástroj BECOME – Fuzzy Decision Tool.....	82
Tabulka 3: Určení lepší varianty z daného výběru podle otázek	82
Tabulka 4: Příklad přiřazení hodnot Likertově stupnic.....	87
Tabulka 5: Návrhy expertů s určenou aritmetickou hodnotou $\Gamma: (\alpha\gamma\beta)$, centroidy G_x , pořadím a mediánem Ω	98

Seznam příloh

Příloha č. 1.: Dotazník	111
Příloha č. 2.: Testovací scénář s testovacími případy	112
Příloha č. 3.: Výsledky vyhodnocené nástrojem metody BECOME – Fuzzy Decision Tool.....	113
Příloha č. 4.: Zdrojové soubory prototypů.....	131

Seznam použitých zkratk

AmI (Ambient Intelligent)	Ambientní inteligence
BeCoMe (Best Compromise Mean)	Metoda pomáhá nalézt optimální kompromisní rozhodnutí při skupinovém rozhodování, které odpovídá nejlepší shodě všech zainteresovaných osob.
BeUXco (Best User Experience Compromise)	Metodika, která pomáhá nalézt nejlepší řešení uživatelského rozhraní z daného výběru.
ČZU	Česká zemědělská univerzita
CTA (Concurrent Think Aloud)	Souběžné verbální protokoly
EEG	Elektroencefalografie – diagnostická metoda používaná k záznamu elektrické aktivity mozku.
HCI (Human-computer Interaction)	Interakce člověk počítač
HUBRU (Human Behaviour Research Unit)	Laboratoř pro studium lidského chování na ČZU
ISTAG (Information Society Technologies Advisory Group)	Poradní skupina pro způsob používání informačních technologií.
IxD (Interaction Design)	Interakční design
MARIA (Model-based Language foR Interactive Applications)	Modelový rámec založený na modelu, který je schopen adaptace.
MaxAgM (Maximum-agreement-mean)	Metoda, která agreguje názory expertů se zaměřením na shodu a poskytuje nejlepší kompromisní řešení pro rozhodování více odborníků za nejasných podmínek.
px	Pixel
QUIS (Questionnaire for User Interface Satisfaction)	Dotazník spokojenosti s uživatelským rozhraním
SUS (System Usability Scale)	Stupnice použitelnosti systému
UX, UxD (User Experience design)	Uživatelsky přívětivý design
UI (User Interface)	Uživatelské rozhraní
GUI (Graphical User Interface)	Grafické uživatelské rozhraní
CUI (Character User Interface)	Znakové uživatelské rozhraní
VUI/AUI (Voice User interface)	Hlasové uživatelské rozhraní
WIMP (windows-icon-menus-pointer)	okna – ikony – nabídkové menu – kurzor
TUI (Touch User Interface)	Dotykové uživatelské rozhraní

1. Úvod

Technologický rozvoj v posledních letech a zejména dostupnost celosvětové sítě internet umožňuje, že zařízení denní potřeby, jako jsou například ledničky, pračky nebo myčky lze ovládat dálkově přes internetové aplikace nebo pomocí centrální jednotky domu. Taková koncepce se nazývá Smart Home. Samotný pojem Smart se rozšířil do mnoha oblastí a velmi obtížně se hledá výrobce spotřební elektroniky nebo zařízení, který by nenabízel alespoň jeden produkt spadající do této kategorie. Kategorie Smart se nevztahuje pouze na domy, ale proniká do mnoha dalších oblastí běžného i profesního života. Počítačové systémy jsou vestavěny do předmětů, které nosíme, do zařízení v domácnostech, kancelářích, do vozidel, do dopravních prvků a dalších. Spojením Smart technologií, IoT (Internet of Things) zařízení, multiagentních systémů a umělé inteligence, mohou vzniknout prostředí, která jsou schopna v reálném čase vyhodnocovat vstupy a reagovat na potřeby uživatele dle nastavených kritérií. Tato prostředí jsou nazývána ambientní prostředí, inteligentní nebo také adaptivní prostředí.

Vize vytvoření ambientního prostředí se stala v poslední době významným tématem nejen vědeckých publikací. Právě pokrok v dostupnosti internetu, senzorových sítí, umělé inteligence, zpracování dat v reálném čase, umožňuje tyto vize plnit a vytvářet tak prototypy inteligentních prostředí. Prostedí ambientní inteligence je v dnešní době velmi skloňovaným tématem v celé řadě studií (Ducatel et al. 2003; Augusto et al. 2007; Kleinberger et al., 2007; Sadri, 2011; Mikulecký, 2012; Augusto et al. 2013; Bibri, 2015), zabývajících se scénáři využití ambientní inteligence k prospěchu lidí. Ambientní prostředí může poskytovat podporu v mnoha oblastech lidského života, od domácností, různých firemních prostředí až po nemocniční zařízení a péči o nemocné nebo jinak znevýhodněné uživatele. Využití ambientní inteligence je možné aplikovat také jako chytrou asistivní technologii, která dokáže sledovat parametry prostředí a potřeb uživatelů užívající tato prostředí, vyhodnocovat je a v případě nouzových situací na tyto situace reagovat a automaticky je řešit.

Ambientní inteligence (AmI) bude mít v různých prostředích různé vlastnosti a schopnosti, bude záležet na charakteru využívaného prostředí. Chování AmI ve firemním prostředí bude v některých aspektech jiné než chování ambientní inteligence určené například pro nemocnice, domovy seniorů nebo tělesně postižené uživatele. A to i přesto, že senzory v daných prostředích mohou být stejné.

S rozvojem ambientního prostředí vyvstává otázka, jakým způsobem ovládat taková prostředí. Předpokladem ambientní inteligence je schopnost sbírat data o prostředí, ve kterém působí a tato data vyhodnocovat a proaktivně pomáhat uživateli v jeho každodenních činnostech. Data jsou získána z čidel přednastavených dle preferovaných uživatelských kritérií a z dříve učiněných rozhodnutí a reakcí uživatele. Nicméně stále je nutné, aby uživatel mohl s ambientní inteligencí vést dialog, aby s ní mohl interagovat, a to buď hlasově, dotykově, pohybově nebo ji jinak ovládat. Způsob ovládání bude přizpůsoben dle typu prostředí, ve kterém bude ambientní inteligence působit, může se v mnoha ohledech lišit od ovládání internetových aplikací, avšak základní pravidla ovládání uživatelského rozhraní zřejmě zůstanou stejná. Lze tedy předpokládat, že postupy pro tvorbu uživatelských rozhraní webových stránek a softwarových aplikací, bude možné použít také pro tvorbu uživatelských rozhraní určených pro využití v inteligentním prostředí.

Hlavním účelem inteligentních prostředí je podpora uživatelů (Augusto et al., 2010; Bibri, 2015) a vytvoření takového uživatelského prostředí, které bude v daném kontextu ambientní inteligence použitelné a rozšiřitelné, tj. prostředí, které nebude konfliktní ve vztahu uživatel – prostředí a obráceně, bude se s ním dobře pracovat a bude vyhovovat preferencím uživatelů. Rozhraní v inteligentním prostředí musí reagovat způsobem, který je logický, přirozený, užitečný a zaměřuje se buď na individualitu jedince nebo na skupinu lidí, to záleží na tom, kde bude ambientní inteligence použita.

Výzkumníci hledají odpovědi na to, co v inteligentním prostředí dělá technologii použitelnou a uživatelsky přívětivou s pozitivním účinkem (Augusto et al., 2010; Norman, 2013; Bibri, 2015; Ntoa et al., 2019). Interakce se současnými technologickými systémy jde daleko za použitelnost, rozšiřuje se na emoce před, během a po použití systému a nemůže být pochopena pouze prostřednictvím výzkumu základní použitelnosti, atributů účinnosti, efektivity a spokojenosti (Ntoa et al., 2021). Realizace inteligentních prostředí vyžaduje srozumitelná uživatelská rozhraní, která lidem umožní přizpůsobit a ovládat prostředí, ve kterém se nacházejí (Dahl et al., 2011).

Prostředí ambientní inteligence se může na první pohled zdát prostředím plným superlativ a výhod pro uživatele. Bohužel tomu tak není, při návrhu rozhraní v inteligentním prostředí nesmí být opomenuty také rizika plynoucí z využívání tohoto prostředí – např. ztráta soukromí uživatele, případné zneužití tzn. zcizení dat, hackerské útoky, nastavení procesu v případě nefunkčnosti části nebo celého systému, ztráta transparentnosti, přílišná uživatelská důvěra v systémy AmI (spoléhání se na systém) a z toho vyplývající ztráta uživatelské odpovědnosti. Ambientní inteligence by měla být kolaborativní a propojovat znalosti a metody ze všech souvisejících oblastí jako jsou umělá inteligence, interakce člověk-počítač, všudypřítomné počítače, IoT, sociálně-kulturní oblasti.

Vývoj technologií dal možnost vzniku mnoha novým tématům v této oblasti, dochází také k infiltraci technologií do běžných lidských činností. Pro zajištění spolehlivého fungování takového prostředí je velmi důležité mít tedy jasnou představu jaký bude finální stav a z něj vytvořit plán realizace.

Disertační práce se zabývá problematikou uživatelského rozhraní v ambientní inteligenci (AmI). Primárně je disertační práce zaměřena na návrh a hodnocení interaktivního grafického uživatelského rozhraní pro dotykový ovládací panel inteligentního prostředí. Hodnocené grafické uživatelské rozhraní se zaměřuje na rozvržení komponent v navrženém rozhraní pro tablet. Hlavním úkolem práce je navrhnout metodiku pro evaluaci nejvhodnější varianty uživatelského rozhraní z daného výběru.

1.1 Motivace

Téma disertační práce bylo zvoleno na základě zkušeností autorky v oblasti interakčního designu, použitelnosti, tvorby webových stránek a propagace. Na Provozně ekonomické fakultě se autorka věnuje správě a rozvoji webových stránek fakulty, testování použitelnosti webových stránek, je garantkou laboratoře použitelnosti. Při testování webových stránek a produktů si autorka nemohla nevšimnout důležitosti jakéhokoliv testování a hodnocení ať již vytvořených webových stránek nebo úplně nových. Testování jsou bohužel často velice časově, organizačně i personálně náročná. Autorka by ráda proces testování a následného vyhodnocování zefektivnila.

1.2 Organizace disertační práce

Úvodní slovo je sepsáno v **první kapitole**. V **druhé kapitole** je vymezen výzkumný záměr a oblasti výzkumu, jsou formulovány výzkumné otázky a definován cíl disertační práce. **Ve třetí kapitole** je popsána metodika disertační práce. **Čtvrtá kapitola** představuje literární rešerši a je tvořena šesti podkapitolami. Kapitola 4.1 definuje oblast ambientní inteligence. Zasazuje ji do vztahu k dalším mezioborovým disciplínám a popisuje aspekty, které by AmI měla mít. Kapitola 4.2 vymezuje pojem designu uživatelských prožitků a interakcí. Definuje například pojem Interakční design, uživatelsky přívětivý design a další. Vztahem interakčního designu a ambientní inteligence se zabývá kapitola 4.2.3.3. Kapitola 4.3 popisuje přístupy k hodnocení uživatelských prožitků a interakcí a podrobněji se věnuje několika metodám z této oblasti. Na závěr této kapitoly jsou shrnuty vybrané metody, které se používají k hodnocení uživatelských prožitků a interakcí. V kapitole 4.4 jsou popsány přístupy k hodnocení inteligentních a adaptiv-

ních prostředí. **Pátá kapitola** je rozdělena do dvou částí a jsou zde shrnuty výsledky disertační práce. Kapitola 5.1 se popisuje experiment disertační práce. Jak byl experiment navržen a jakým způsobem byl řešen. Výstupem kapitoly 5.2 je nová hodnotící metodika Best User Experience Compromise (BeUXco). **V šesté a sedmé kapitole** jsou shrnuty nejdůležitější poznatky z předchozích kapitol, interpretovány dosažené výsledky, popsány limitace výzkumu a uvedeny možnosti dalšího navazujícího výzkumu.

2. Cíl disertační práce a stanovení výzkumných otázek

2.1 Vymezení výzkumného záměru a oblasti výzkumu

Při návrhu designu systému nebo produktu a jeho ovládání je vždy důležitá prvotní představa o výsledku, seznámení se s požadavky a očekáváním uživatele. Při vytváření návrhu se lze setkat s otázkami, na které není jednoduché nalézt jednoznačnou odpověď. Může se jednat o otázky zaměřující se na funkčnost daného prostředí, zda bude ovládání použitelné, zda bude vyhovující pro konkrétního uživatele nebo pro kontext použití AmI atp.

Podmínka použitelnosti uživatelského rozhraní by měla být jedním z klíčových cílů jakéhokoli systému. AmI oproti klasickým systémům tuto situaci komplikuje širší škálou možností, jak takové systémy ovládat, kromě ovládání dotykem nebo vstupním zařízením lze systémy AmI ovládat např. hlasem, pohybem, zvukem. Jaké ovládání bude použito je závislé na kontextu AmI, lze však tvrdit, že ovládání pomocí vstupního zařízení nebo dotykem je základní způsob, jak daný systém ovládat a je tedy univerzální bez ohledu na kontext.

Důležitou fází návrhu systému je testování a následné vyhodnocení prototypu návrhu. Jednotlivé metody testování se odlišují časovou a organizační náročností. Jedním z faktorů současného vývoje aplikací a systémů je rychlost, čas a agilita. Tyto atributy se však ne vždy slučují právě s metodami pro testování uživatelského rozhraní. Pro efektivní vývoj je vhodná rychlá evaluace navrženého uživatelského rozhraní a následná reakce na výsledky. Nezřídka se na návrhu systému a jeho hodnocení použitelnosti podílí řada expertů. Rozhodnutí o ideálním designu či dalším rozhodovacím postupu je často založeno na názorech těchto expertů, kteří vyjadřují svá stanoviska, každý ze svého úhlu pohledu. V závislosti na složení skupiny expertů mohou být jejich názory na design nesourodé nebo dokonce protichůdné. V takové situaci je základní potřebou nalézt co nejlepší shodu v názorech expertů pro návrh jediného kompromisního řešení designu systému.

Tato disertační práce se zabývá výzkumem a přípravou metodiky v oblasti návrhu interakčního designu v prostředí ambientní inteligence za účelem nalezení efektivní metody pro evaluaci navrženého uživatelského rozhraní na základě preferencí zadavatele a očekávání uživatelů. Dosud není známá žádná ucelená metodika, která by definovala, jakým způsobem vyhodnocovat návrhy interakčního designu v prostředí ambientní inteligence.

2.2 Formulace výzkumných otázek

- Jaká je úloha interakčního designu v inteligentních prostředích? (VO1)
- Jak dobře/špatně navržený interakční design ovlivňuje inteligentní prostředí? (VO2)
- Existuje jednotná terminologie pojmů v oblasti designu uživatelských prožitků a interakcí a existuje jednotná kategorizace evaluačních metod? (VO3)
- Proč je důležité hodnotit inteligentní prostředí? (VO4)
- Na co by se mělo zaměřit hodnocení inteligentního systému? (VO5)
- Je možné nalézt kompromisní variantu z různých návrhů interakčního rozhraní pro AmI? (VO6)
- Je možné pro hodnocení použitelnosti a UX inteligentního systému použít metodu Best Compromise Mean (BeCoMe)? (VO7)

2.3 Cíl disertační práce

Cílem disertační práce je vytvořit evaluační metodiku pro identifikaci nejlepší možné kompromisní varianty uživatelského interakčního rozhraní inteligentního systému z daného výběru.

Cíl disertační práce je dále diferencován na následující dílčí cíle:

- Systematicky utřídit definice a metody používané v oblasti interakčního designu a architektury ambientní inteligence (DC1).
- Provést experiment s použitím metody BeCoMe (DC2).
- Navrhnout vlastní metodický přístup hodnocení pro nalezení optimální varianty uživatelského interakčního rozhraní z daného výběru (DC3).

3. Metodika disertační práce

Základem disertační práce je systematické prozkoumání oblasti interakčního designu, použitelnost, testování uživatelského rozhraní a ambientní inteligence. Aktuální poznatky v této oblasti jsou shromážděny z vědeckých publikací indexovaných v databázích Scopus nebo Web of Science a publikovaných v renomovaných časopisech nebo na mezinárodních konferencích. K vyhledávání publikací jsem použila vyhledávací nástroje příslušných databází, zejména ScienceDirect a Springer Link.

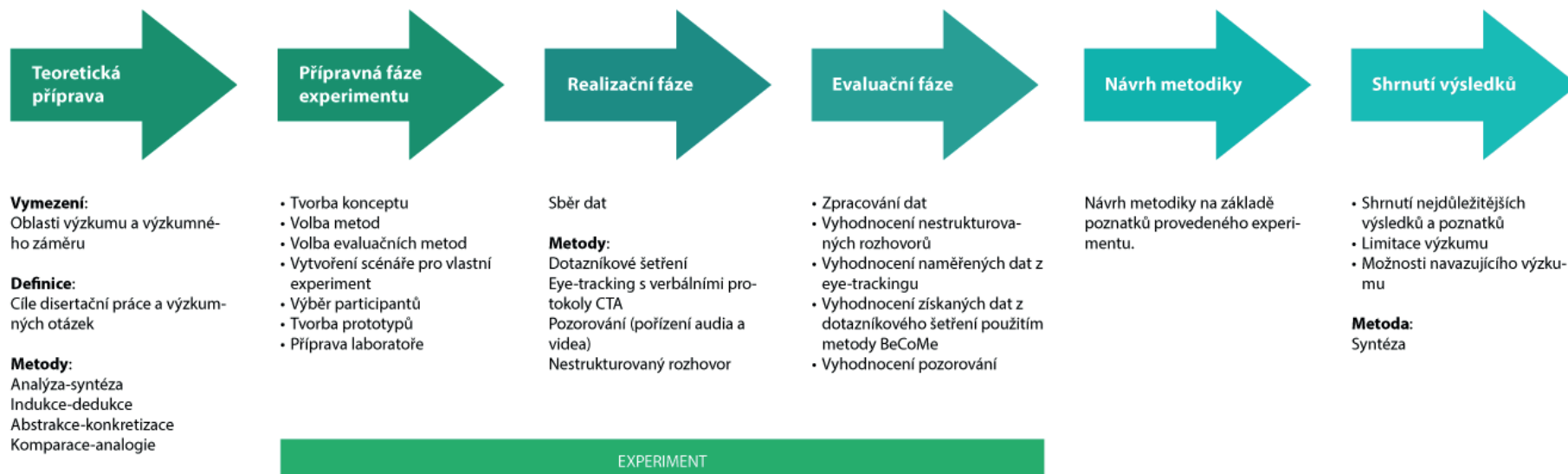
Kapitoly 5-7 prezentují nové výsledky, které jsou založeny na autorčině výzkumu v oblasti interakčního designu, použitelnosti a AmI. Nová metodika BeUXco je vytvořena na základě postupu ilustrovaného na Obrázku 1.

3.1 Teoretická příprava

Pro vytvoření teoretických východisek disertační práce jsem použila obecné teoretické metody: analýzu, syntézu, indukci, srovnání a analogii. Výsledky aktuálních poznatků jsou syntetizovány do jednotícího celku popisované teorie (v kapitole 4). Příslušná konceptuální schémata, modely a příklady jsou navrženy prostřednictvím obecných grafických nástrojů. Na základě obecných metod jsem vymezila oblast výzkumu a výzkumného záměru, formulovala výzkumné otázky a definovala cíl disertační práce (kapitola 2.1., 2.2 a 2.3). Literární zdroje jsou uvedeny v seznamu zdrojů (kapitola 8).

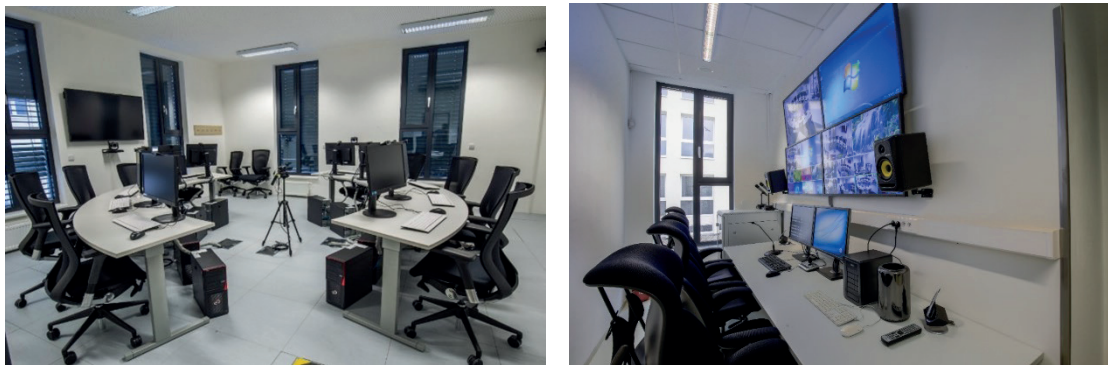
3.2 Přípravná fáze experimentu disertační práce

V této fázi jsem navrhla, jak bude experiment probíhat. Vybrala jsem metody pro sběr dat a pro evaluaci, vytvořila jsem scénáře experimentu, vybrala jsem účastníky experimentu, navrhla a vytvořila jsem dva prototypy uživatelského rozhraní. Vzhledem k široké škále typů uživatelských rozhraní používaných v AmI jsem výzkum navrhla pro uživatelské rozhraní určené pro centrální jednotku AmI s dotykovým LCD displejem (např. tablet, telefon). Dále jsem připravila podmínky pro provedení výzkumu v laboratoři pro studium lidského chování HUBRU (Human Behaviour Research Unit), která je umístěna v areálu České zemědělské univerzity v Praze. Laboratoř se skládá ze dvou oddělených částí – z testovací místnosti a z režie, ze které se řídí testování.



Obrázek 1: Proces zpracování disertační práce (Zdroj: vlastní zpracování)

Testovací místnost je vybavena 10 počítači, 10 monitory se zabudovanými webkamerami, které snímají tváře participantů, dvěma zařízeními pro sledování očí, dvěma velkoplošnými obrazovkami umístěnými na stěnách místnosti. Celá místnost je monitorovaná 4 kamerami, které snímají obraz a zvuk v testovací místnosti (Obrázek 2). Provedení experimentu podrobněji popisují v kapitole 5.1.



Obrázek 2: Testovací místnost a režie Laboratoře použitelnosti (Zdroj: vlastní zpracování)

3.3 Volba metod pro sběr dat

Pro sběr dat jsem zvolila tyto metody: pozorování, dotazníkové šetření (kapitola 4.3.4), eye-tracking (kapitola 4.3.3) se souběžnými verbálními protokoly (CTA – Concurrent Think Aloud) (kapitola 4.3.5) a nestrukturovaný rozhovor (kapitola 4.3.9).

3.3.1 Volba metod pro evaluaci dat

K analýze dat získaných z eye-trackingu jsem použila software Tobii studio 3.4.8. Pomocí tohoto software lze zaznamenávat, analyzovat, srovnávat a interpretovat data získána z očních pohledů. Vizualizovala jsem výsledky v podobě heat-map (kapitola 4.3.3 a kapitola 5.1.6.1).

Data získána z pozorování, verbálních protokolů CTA a nestrukturovaného rozhovoru byly analyzovány z audio a video nahrávek.

Pro vyhodnocení dat získaných z dotazníkového šetření byla použita rozhodovací metoda BeCoMe. Metoda je podrobněji popsána v následující kapitole.

3.3.1.1 Metoda BeCoMe

Metoda BeCoMe vychází z metody MaxAgM (Maximum Agreement Mean), která agreguje názory expertů se zaměřením na shodu a poskytuje nejlepší kompromisní řešení pro rozhodování více odborníků za nejasných podmínek (Vrana et al., 2012). Na základě Shannonovy teorie entropie představuje metriku pro úroveň shody mezi úsudky expertů. V závislosti na konkrétním rozhodovacím problému se metoda zabývá dvěma základními rozhodovacími situacemi:

- a) Odborníci odpovídají na výzkumnou otázku ANO/NE.
- b) Jednotliví odborníci posuzují hodnotu určitého parametru řešení jako reálné číslo, fuzzy číslo nebo fuzzy interval.

Metoda umožňuje komparaci a agregaci názorů expertů, i když tyto názory mohou být různorodé nebo dokonce protichůdné (Vrana et al., 2012). Aplikace metody MaxAgM byla demonstrována v případové studii řízení povodňových rizik (Vrana et al., 2012). Pomocí Shannonovy teorie entropie optimální metoda MaxAgM agreguje názory odborníků a maximalizuje jejich shodu. Optimální rozhodnutí pomocí metody MaxAgM je výsledkem výpočetně složitého fuzzy matematického modelu (Vrana et al., 2021). Kvůli výpočetní složitosti s nutností použít numerickou aproximaci poskytuje téměř optimální výsledky. Přesto má metoda MaxAgM následující omezení:

- vysokou koncepční a výpočetní složitost,
- obtížné interpretování výsledků,
- nemá ukazatele přesnosti,
- je potřeba specializovaný software.

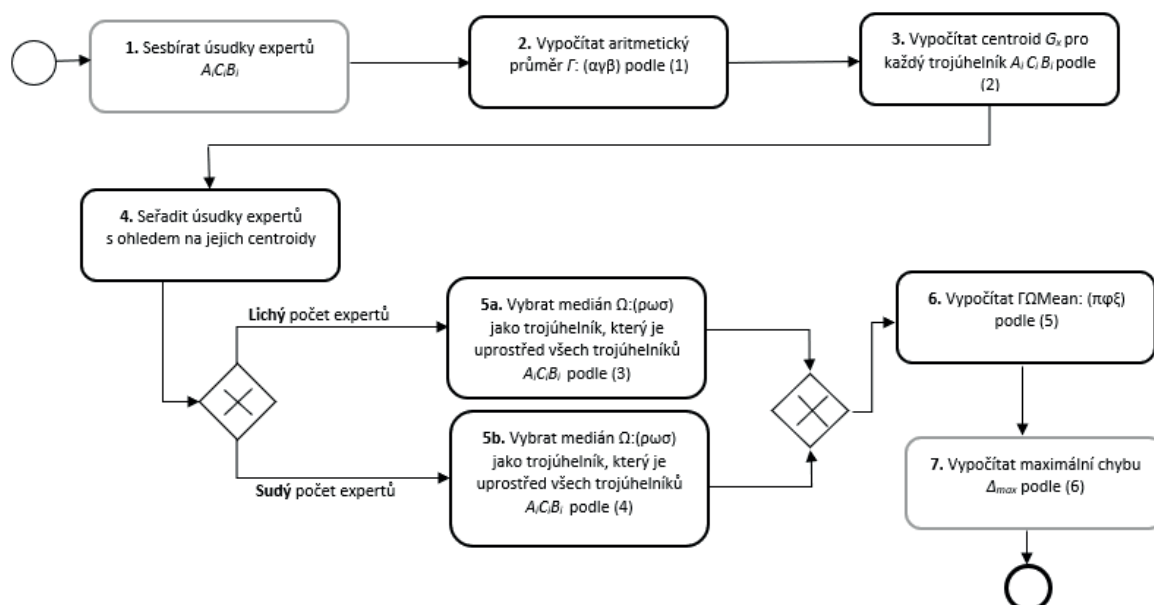
Vrana et al. (2021) modifikovali metodu MaxAgM tak, aby byly zachovány její výhody a odstraněny nebo sníženy její omezení. Jejich nová metoda BeCoMe (Best-Compromise-Mean) pomáhá nalézt optimální rozhodnutí při skupinovém rozhodování, které odpovídá nejlepší shodě všech zainteresovaných osob. Zainteresovanými osobami mohou být například odborníci nebo uživatelé určitého systému. Uživatelé této metody však mohou využít software, který využívá tabulky aplikace Microsoft Excel a je open-source. Software také nabízí grafické znázornění výsledků, což usnadňuje jejich vizualizaci a interpretaci. Metoda BeCoMe může posoudit odpovědi odborníků na určitý kvantitativní parametr nebo

kvalitativní aspekt navrhovaného řešení. Jako příklad lze uvést několik otázek: Ví a chápe uživatel, proč systém provedl konkrétní akci? Ví uživatel, jakým způsobem jsou jeho data ukládána a používána? Může uživatel vrátit zpět nebo změnit interpretaci systému ze sesbíraných informací? Může uživatel vrátit zpět nebo změnit rozhodnutí o přizpůsobení systému? Může uživatel získat i zamítnuté informace, které systém vyhodnotil jako nevhodné/neužitečné pro uživatele? Není vyžadováno potvrzení uživatelem s akcemi prováděnými systémem, příliš často?).

Zainteresované osoby mohou vyjádřit své stanoviska na výzkumný problém třemi způsoby:

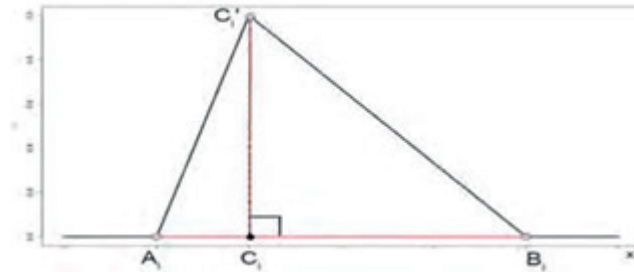
- prostými čísly,
- fuzzy číslem v trojúhelníkovém formátu: upřednostňovaná hodnota, dolní mez, horní mez,
- pomocí Likertovy škály: „Naprosto nesouhlasím“, „Spíše nesouhlasím“, „Nevím“, „Spíše souhlasím“, „Naprosto souhlasím“ nebo jinou podobnou škálou.

K výsledkům pomocí metody BeCoMe, lze dojít kroky uvedenými na Obrázku 3.



Obrázek 3: Vývojový diagram pro metodu BeCoMe (Zdroj: podle Vrana et al. 2021)

1. Sesbírat úsudky expertů vyjádřené pomocí fuzzy čísel s trojúhelníkovou funkcí příslušnosti $A_i C_i B_i$, kde $A_i B_i$ je základna trojúhelníku umístěného na reálné ose x a C_i je projekce vrcholu trojúhelníku C_i' na osu x .



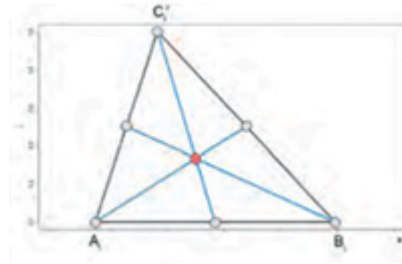
Obrázek 4: Schéma trojúhelníkové funkce příslušnosti fuzzy čísla (Zdroj: Vrana et al., 2021)

Vrchol trojúhelníku C na Obrázku 4 se shoduje se střední hodnotou stanoviska experta. To znamená, že hodnota $x=C$ je nejvíce preferovaná hodnota expertního návrhu. Míra stanoviska s určitou hodnotou x návrhu je úměrná souřadnici y strany trojúhelníku. To znamená, že navrhovaná hodnota nesmí být nižší než A nebo vyšší než B .

2. Vypočítat aritmetický průměr $\Gamma: (\alpha\gamma\beta)$ počtu expertních úsudků (M) s trojúhelníkovou funkcí příslušnosti, kde jednotlivé vrcholy α , γ a β jsou aritmetickými průměry vrcholů dílčích funkcí příslušnosti $A_i C_i B_i$ a vypočítají se:

$$\begin{aligned}\alpha &= 1/M \sum_{k=1}^M A_k \\ \beta &= 1/M \sum_{k=1}^M B_k \\ \gamma &= 1/M \sum_{k=1}^M C_k\end{aligned}\tag{1}$$

3. Vypočítat centroid (těžiště) G_x (Obrázek 5) pro každý trojúhelník $A_i C_i B_i$:



Obrázek 5: Centroid (Zdroj: Vrana et al., 2021)

$$G_x = \frac{(A + B + C)}{3} \quad (2)$$

4. Seřadit úsudky expertů s ohledem na jejich centroidy.
5. Vybrat medián. Statistický medián $\Omega: (\rho\omega\sigma)$ je trojúhelníkové fuzzy číslo s trojúhelníkovou funkcí příslušnosti s vrcholy ρ , ω , σ . Odděluje horní polovinu nejasných úsudků odborníků M od dolní poloviny.
- a) V případě lichého počtu expertů, tzn. $M = 2n + 1$, je střed množiny trojúhelníkových fuzzy čísel $A_i C_i B_i$ náležící k i , kde $z_i = n + 1$. Toto středové i se označí jako q . V tomto případě statistický medián $\Omega: (\rho\omega\sigma)$ množiny M fuzzy čísel $\{A_i C_i B_i\}_{i=1} \dots M$, je fuzzy číslo $A_q C_q B_q$, kde

$$\rho = A_q, \omega = C_q, \text{ a } \sigma = B_q. \quad (3)$$

- b) Pokud je sudý počet expertů, tzn. $M = 2n$, střed množiny trojúhelníkových fuzzy čísel $A_i C_i B_i$ leží mezi fuzzy čísly $A_p C_p B_p$ a $A_r C_r B_r$, kde p odkazuje na $z_i = n$ a r odkazuje na $z_i = n + 1$. Medián je aritmetický průměr fuzzy čísel $A_p C_p B_p$ a $A_r C_r B_r$, kde:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{(A_p + A_r)}{2} \\ \sigma &= \frac{(B_p + B_r)}{2} \\ \omega &= \frac{(C_p + C_r)}{2} \end{aligned} \quad (4)$$

6. Vypočítat odhad optimální kompromisní hodnoty skupinového rozhodnutí $\Gamma\Omega$ Mean: $(\pi\phi\xi)$, který se nachází mezi aritmetickým průměrem $\Gamma: (\alpha\gamma\beta)$ všech odborných rozhodnutí $\alpha\gamma\beta$ a jejich statistickým mediánem $\Omega: (\rho\omega\sigma)$. Hledaný optimální kompromis tedy leží uvnitř intervalu (Γ, Ω) . Aritmetický průměr těchto dvou mezi intervalu $\Gamma\Omega$ Mean je definován $\Gamma\Omega$ Mean: $(\pi\phi\xi) = (\Gamma + \Omega)/2$, tzn.

$$\begin{aligned}\pi &= (\alpha + \rho)/2 = 1/2M \sum_{k=1}^M A_k + \rho/2 \\ \phi &= (\gamma + \omega)/2 = 1/2M \sum_{k=1}^M B_k + \omega/2 \\ \xi &= (\beta + \sigma)/2 = 1/2M \sum_{k=1}^M C_k + \sigma/2\end{aligned}\quad (5)$$

... kde M = počet expertů, $A_i B_i$ základna trojúhelníku, C_i je vrchol trojúhelníkové funkce příslušnosti i -tého úsudku experta, $i=1, \dots, M$, ρ ω jsou základny a σ je vrchol statistického mediánu příslušnosti funkce.

7. Vypočítat maximální chybu odhadu Δ_{max} , která nemůže překročit polovinu rozdílu mezi krajními hodnotami; tj. mezi aritmetickým průměrem všech rozhodnutí expertů $\Gamma: (\alpha\gamma\beta)$ a jejich statistickým mediánem $\Omega: (\rho\omega\sigma)$, tedy:

$$\Delta_{max} = \frac{abs(\alpha\gamma\beta - \rho\omega\sigma)}{2}\quad (6)$$

Metoda BeCoMe je obecná a může být široce použitelná. Vrana et al. (2021) popisují tuto metodu jako účinný nástroj pro řešení nejednoznačných, vícerozměrných rozhodovacích problémů souvisejících například s environmentálním opatřením, s problémy se zdroji, s ekologickými katastrofami, s pandemií atd.

Metoda BeCoMe má zejména tyto výhody (Vrana et al., 2021):

- Může přinést aproximaci nejlepšího možného teoretického kompromisu.
- Kromě poskytnutí kvantitativních výsledků může být použita ke kvalitativnímu posouzení aspektů problému, které nelze kvantifikovat. Lze ji také použít k výběru nejvhodnějšího řešení z několika alternativních variant.

- Odborníci mohou vyjádřit svůj názor pomocí reálných čísel, fuzzy čísel nebo pomocí Likertovy škály.
- Časové náklady jsou minimalizovány, protože konečné řešení lze získat okamžitě po zadání proměnných.
- Jednoduchost použití, protože všechny parametry rozhodovacího procesu lze snadno vypočítat pomocí software, který lze zdarma stáhnout ve (Vrana et al., 2021) bez potřeby dalšího specializovaného softwaru.

Jak jsem uvedla výše metoda BeCoMe má široké využití a obecně lze metodou posoudit odpovědi odborníků na určité kvantitativní kritérium nebo kvalitativní aspekt navrhovaného řešení. Lze předpokládat, že i v případě výzkumu v oblasti UX bude tato metoda účinná. Metoda BeCoMe je zcela nová a dosud nebyla použita v žádném výzkum zabývajícím se hodnocením UX. Vzhledem k tomu, že uživatelé mají různé názory a preference se designeři často dostanou do situace, kdy nelze dojít k jednoznačnému názoru, ke které variantě se mají přiklonit. Pro takové situace je vhodné použít metodu BeCoMe, která pomůže vybrat optimální řešení z několika možností při skupinovém rozhodování. A navíc lze proces hodnocení pomocí metody BeCoMe časově, organizačně i personálně zefektivnit.

4. Teoretická východiska

4.1 Ambientní inteligence

Ambient intelligence je termín, který byl zaveden evropskou komunitou (Shadbolt, 2003; Riva et al., 2003) k identifikaci paradigmatu pro vybavení prostředí pokročilými technologiemi a výpočetní technikou, aby se vytvořil lepší, bezpečný, podporující a aktivně reagující životní prostor pro uživatele využívající toto prostředí (Remagnino et al., 2005).

V současné literatuře se lze setkat s různým pojmenováním inteligentních prostředí – ambientní prostředí, smart prostředí, adaptivní prostředí. Všechna inteligentní prostředí by měla klást velký důraz na uživatele, kteří žijí, pracují nebo jinak využívají inteligentní prostor a měla by maximálně podpořit člověka při jeho každodenních aktivitách. Myšlenka ambientní inteligence vznikla z idejí všudypřítomných výpočtů (Ubiquitous Computing nebo Pervasive Computing) či “mizejících, neviditelných” počítačů (Disappearing Computers), které neobtěžujícím způsobem obklopují člověka.

Pracovní skupina ISTAG (Information Society Technologies Advisory Group) v rámci výzkumných programů Evropské unie v roce 2001 navrhla čtyři scénáře, jak by mohlo inteligentní prostředí, založené na principech ambientní inteligence pomáhat uživatelům (Ducatel et al., 2001; Ducatel et al., 2003). Základem výzkumu ambientní inteligence je návrh a vytváření nových uživatelských zkušeností a zkoumání jejich povahy v kontrastu s tradičním výzkumem v oblasti interakce člověk-počítač, uživatelského výzkumu a použitelnosti (Ruyter et al., 2005). Dle Aartse et al. (2001) se jedná o systémy, které poskytují své služby citlivým způsobem a jsou nenápadně integrovány do každodenního prostředí lidí. Ambientní inteligence je vize budoucnosti, ve které prostředí podporuje lidi, kteří ho obývají. Toto předpokládané prostředí je propojené, přizpůsobivé, dynamické, vestavěné, neviditelné, inteligentní a reaguje na aktivity a přítomnost lidí (Augusto et al., 2010). Je vybaveno a propojeno sítí senzorů a zařízení, které jsou přínosem pro uživatele a rozhoduje se na základě shromážděných informací o uživateli v reálném čase, ale i na základě historických údajů (Ruyter et al., 2005; Augusto et al., 2007; Ramos et al., 2008, Augusto et al., 2013; Tyrychtr et al., 2019).

V této vizi zmizí tradiční vstupní a výstupní média počítačů (Sadri, 2011). Místo toho budou procesory a senzory integrovány do každodenních předmětů. Takže například místo používání počítačové myši, klávesnice, monitoru bude uživatel komunikovat přímo

s oblečením, domácími spotřebiči, a ty budou také komunikovat mezi sebou a se zařízeními jiných lidí (Sadri, 2011). Většina autorů sdílí podobný pohled jako Sadri (2011) na funkce požadované v prostředí AmI. Dle Mikuleckého (2012) je ambientní inteligence představa o informační společnosti budoucnosti, v níž se člověk nachází v inteligentním prostředí, jehož prvky jsou schopny vzájemné inteligentní komunikace a spolupráce za účelem vhodné podpory různých aktivit uživatele.

Vize ambientní inteligence vyžaduje značný pokrok v technologiích (Aarts et al., 2001). V HomeLab¹ výzkumníci věří, že technologie ambientní inteligence se stane neoddelitelnou součástí našich každodenních sociálních interakcí v práci i ve volné čase (Markopoulos et al., 2005). Fungování AmI závisí na použité technologii (senzorech a zařízeních propojených prostřednictvím sítí), jakož i na aplikovaném rozhodovacím softwaru (Augusto et al., 2010). Ambientní prostředí může být tvořeno pomocí multiagentních systémů. V takovém prostředí dochází k interakci určitých typů aktérů (agentů) mezi sebou a/nebo s prostředím, ve kterém se nacházejí. Tito agenti společně řeší problémy, které přesahují možnosti a znalosti každého z nich. Multiagentní systém lze rozlišit podle následujících rysů (Sycara, 1998):

- Každý agent má nekompletní informaci nebo schopnosti pro řešení problému a disponuje jen limitovaným úhlem pohledu,
- neexistuje globální řízení systému,
- data jsou decentralizovaná,
- výpočty jsou prováděny asynchronně.

Dle Remagnino et al. (2005) není největší výzva v technologiích, ale v kulturních projevech a funkcích technologie. Šíření informací, komunikace mezi síťově propojenými komponentami v prostředích jako je domov, pracoviště, auto a nákupní centrum, musí být navrženo užitečně, smysluplně a spolehlivě pro lidi, kteří je používají.

Systém může být nastaven na různé úrovně inteligence a zprostředkovávat podle toho požadované služby. Pro středí může rozpoznat uživatele, přiřadit jim jejich osobní profil, reagovat dle jejich preferencí, v určitých případech je zastoupit a v neposlední řadě automaticky aktualizovat jejich osobní uživatelské profily dle zálib, potřeb, zvyk-

¹ HomeLab – je výzkumná laboratoř společnosti Philips v Holandsku. Je zde veden výzkum týkající se ambientní inteligence. Laboratoř je dvoupodlažní dům s obývacím pokojem, kuchyní, dvěma ložnicemi, koupelnou a pracovnou. Dům je vybaven 34 kamerami s mikrofony. Vedle domu je pozorovací místnost. (Ruyter et al., 2005).

lostí a preferencí (Aarts et al, 2001). Protože systémy AmI budou jednat s lidmi, budou muset být schopny zvážit všechny relevantní sociální a emoční faktory. Pro integraci takových schopností do systémů AmI je důležitý současný výzkum umělé inteligence v oblasti afektivního a sociálního počínání (Ramos et al., 2008).

Dle Ruytera et al. (2010) jsou rozlišovány čtyři úrovně inteligence:

- *Rozpoznávací schopnost systému*, kdy systém rozpozná jednotlivé uživatele a aktivity a zařadí je do skupin. Důležité je rozpoznání uživatele, určení místa, času a případných jiných okolností. Může se jednat o přítomnost dalších uživatelů, momentálního počasí a ročního období apod.
- *Personifikace*, která zajišťuje přizpůsobení systému potřebám uživatelů k maximalizaci spokojenosti, kterou může systém nabídnout. Automatické profilování zajišťuje sběr dat. Data jsou po pročištění použita k vyhodnocení potřeb a preferencí uživatele a na základě výsledků je jeho profil aktualizován.
- *Adaptování systému* na nové a opakující se zvyklosti uživatelů a naučení se akcí pro podporu uživatelů.
- *Anticipační myšlení*, tj. inteligence, která dokáže v některých ohledech zastoupit uživatele. Může se jednat o aktivitu v jeho nepřítomnosti, případně schopnost vyřešit některé požadavky jiných uživatelů.

Empirická zjištění z mnoha dosavadních výsledků výzkumu ambientní inteligence, resp. inteligentních prostředí ukazují, že (Mikulecký, 2012; Dix, 2017):

- Uživatelé by vždy měli mít kontrolu nad prostředím, ve kterém se pohybují.
- Problematika zabezpečení osobních údajů, resp. důvěryhodnosti inteligentních prostředí se jeví být velice zásadní pro další rozvoj této oblasti.
- Uživatelé nesmí být technologiemi rušeni či obtěžováni; tj. podpůrné inteligentní systémy jim nesmí komplikovat stávající způsoby řešení problémů.
- Učení systému musí být, pokud možno implicitní, nesmí uživatele žádným způsobem zatěžovat.
- Podstatným požadavkem je potřeba personalizace poskytovaných služeb prostředím.

Plnohodnotné inteligentní systémy budou integrovat několik subsystémů poskytovaných různými výrobci. Uživatel by však měl vnímat homogenní rozhraní, které bezproblémově integruje služby různých subsystémů.

Augusto et al. (2007) uvádí pět principů důležitých pro návrh inteligentního prostředí, tzv. 5 W (Who, Where, What, When, Why – kdo, kde, co, kdy, proč):

Kdo: identifikace uživatele systému a role, kterou uživatel hraje v systému ve vztahu k ostatním uživatelům.

Kde: monitorování místa, ve kterém se uživatel nachází během interakce se systémem. To může vyžadovat kombinaci technologií například pro vnitřní a vnější prostředí.

Kdy: je nutné spojit činnosti s časem, aby se vytvořil reálný obraz dynamiky systému.

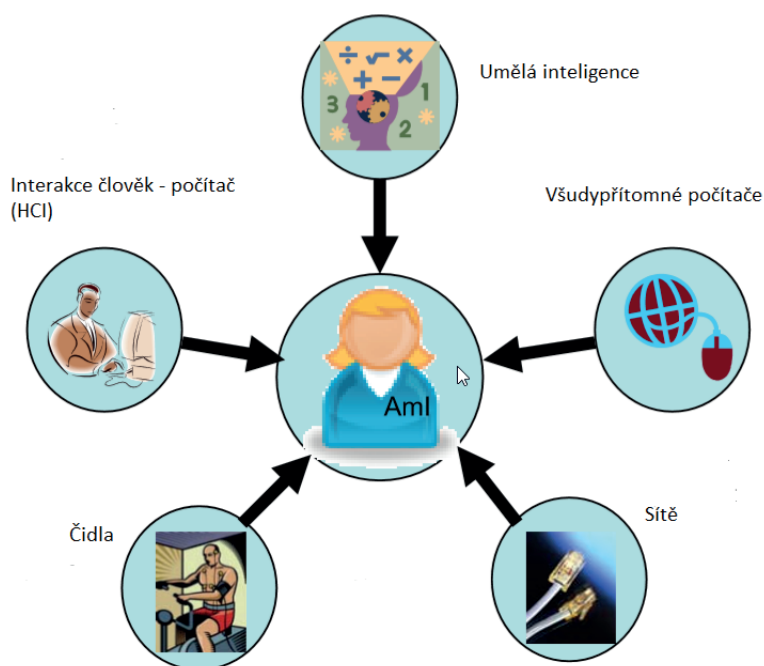
Co: zásadní je rozpoznání činností, které uživatel provádí, aby mohlo být zajištěno poskytnutí případné potřeby uživatele. Prostorová a časová informovanost pomáhá dosáhnout požadovaného výsledku.

Proč: schopnost odvodit a chápat záměry a cíle lidských činností je jednou z nejtěžších výzev v této oblasti.

AmI zahrnuje lidské kognitivní a behaviorální aspekty – kontext uvědomování si, přirozenou interakci, konverzaci, estetickou interakci, emoční a sociální inteligenci (Ramos et al., 2008; Bibri, 2015). Jedním ze základních úkolů inteligentního prostředí je tedy detekovat fyzické, duševní, emoční a další stavy uživatele. Zkoumání chování systému v interakci na náladu a osobnost uživatele je také zajímavý směr výzkumu (Ruyter et al., 2010). Bude-li ambientní systém schopen využívat odhadu lidských pocitů, myšlenek, nálad, nápadů, úmyslů, nebo psychologických zvláštností, které mohou pomoci rozpoznat lidské chování, bude schopný přesněji reagovat na vzniklou situaci (Ruyter et al., 2010). Socializovaný ambientní systém musí zapadat do sociálních konvencí, aby byl lépe akceptovatelný (Ruyter et al., 2010). Inteligentní systémy budou přijaty, pokud budou splněny tři hlavní požadavky (Kleinberger et al., 2007):

- Musí být nenápadné a implementovány v okolním prostředí, aby dosáhly dobrého přijetí.
- Musí být přizpůsobivé měnícím se osobním situacím a prostředí, aby splňovaly individuální potřeby uživatele.
- Musí poskytovat služby dostupným způsobem, aby byla zajištěna dostatečná použitelnost.

Multidisciplinární synergie různých vědních či průmyslových odvětví se zaměřuje na AmI a snaží se zapojit nebo vylepšit stávající technologie, včetně technologie senzorních sítí, všudypřítomného výpočetního prostředí, všudypřítomné komunikace, inteligentních uživatelsky přívětivých rozhraní (např. multimodálních, vizuálních, zvukových a řečových), systémů podpory rozhodování a multiagentních systémů k vytvoření ambientního inteligentního prostředí (Sadri, 2011). Vztah mezi AmI a ostatními mezioborovými oblastmi je znázorněn na Obrázku 6.



Obrázek 6: Vztah mezi AmI a ostatními oblastmi výpočetní techniky (podle Augusto, McCullagh, 007)

Inteligentní prostředí může být využito v mnoha oblastech, ať se jedná o domácí nebo průmyslové prostředí, péči o seniory, zdravotnictví, školství, obchod, přepravní doručovací systémy, turistický ruch, zábavu či oblast skupinového rozhodování (Augusto et al., 2007; Sadri, 2011).

Cílem ambientní inteligence je zlepšit způsob, jakým lidé komunikují se svým prostředím a docílit přínosnějšího osobního života jednotlivce i celé společnosti. Ambientní prostředí může řešit uživatelské problémy a převzít odpovědnost za určitou potřebu uživatele, jako je například monitorování, upozorňování, opakované rutinní činnosti či pomáhat lidem se specifickými potřebami. Uživatelská rozhraní použita v inteligentních prostředích budou mít různé formy od běžných uživatelských rozhraní, na která jsme zvyklí po nové typy nebo se použijí kombinovaná UI. Budou zřejmě zavedeny nové způsoby komunikace mezi lidmi a stroji a odstraněny tak překážky vytvořené současným uživatelským rozhraním (Remagnino et al., 2005). Důležité je si uvědomit, že se v prostředí, ve kterém bude aplikována ambientní inteligence, nebude pohybovat pouze jedinec, ale může se v něm vyskytovat více osob, a tudíž může docházet ke konfliktním situacím. Inteligentní prostředí by mělo umět řešit konfliktní situace a nalézt nejlepší možný kompromis preferencí uživatelů ambientního prostředí.

4.1.1 Využití AmI v domácím prostředí

Domy vybavené všudypřítomnou technologií pro poskytování služeb obyvatelům pomocí AmI jsou v literatuře označovány různě, například jako Smart Home, chytré domácnosti, inteligentní domy nebo integrovaná prostředí. Účelem těchto domovů je zajistit lepší kvalitu života a vyšší úroveň nezávislosti na ostatních lidech, poskytovat pomoc a plnit úkony týkající se zdravotního stavu, bezpečnosti nebo zábavy a dalších záležitostí jako je například automatizace domácností, která zahrnuje ovládání elektřiny, vytápění, klimatizace, větrání aj. Mnoho takových funkcí je již realizováno, například detektory pohybu, citlivé klimatizace, automatické vytápění, žaluzie reagující na sluneční světlo aj. Inteligentní systém, který dohlíží na stav a chod domu, či bytu je vhodný nástroj pro podporu uživatelů a zlepšení kvality života.

O příležitostech, které může AmI poskytnout v domácnostech pojednávají Friedewald et al. (2005) v článku *Perspectives of ambient intelligence in the home environment*. Podle jejich názoru bude prostředí AmI v domácnosti zahrnovat čtyři oblasti:

- Automatizovanou správu domácnosti,
- komunikaci a socializaci,
- odpočinek a sport,
- domácí práce a edukaci.

Bylo navrženo několik scénářů řešení využití AmI v domácím prostředí například Garate et al. (2005) zpracovali projekt GENIO, ve kterém avatar nazývající se Maior-Domo na základě hlasového dialogu s uživatelem centrálně ovládá domácí spotřebiče, topná zařízení, zajišťuje zábavu a střeží objekt. Cook et al. (2003) v projektu MavHome (Managing an Intelligent Versatile Home) vytvořili vizi domova, který funguje jako racionální agent, jenž na základě dat ze senzorů a efektorů získává a vyhodnocuje informace o obyvatelích domu, které pak využívá k efektivnímu chodu domácnosti a vytvoření domácího pohodlí. Cílem experimentu bylo minimalizovat manuální interakce uživatelů se zařízeními. Podařilo se jim snížit manuální interakce o více než 70 %. Dalším zajímavým projektem, který provádí katedra informatiky na univerzitě v Essexu je inteligentní ubytovací kolej iDorm (Intelligent Dormitory), testovací pokoj vypadá jako obvyklý pokoj, ale nad stropem a za stěnami jsou umístěny různé sítě a síťová vestavěná zařízení. Výzkumníci zde zkoumají, jak naučit chytré prostředí rozpoznat uživatelské preference a jak na ně následně reagovat pomocí využití fuzzy logiky (Holmes et al., 2002; Remagnino et al., 2005).

Dalším způsobem, jak na AmI nahlížet je způsob *Wellbeing and Care*, který je zaměřen na zdraví uživatelů, a to buď v rovině pravidelného pohybu a cvičení, nebo monitorováním chronicky nemocných pacientů a asistenci v případě potřeby (Ruyter et al., 2010). Je to slibný přístup k řešení problémů v oblasti asistovaného života. Obecným cílem řešení asistovaného žití v domácím prostředí je aplikovat technologii ambientní inteligence, která umožní lidem se specifickými požadavky, např. zdravotně postiženým nebo starším, žít déle v jejich preferovaném prostředí (Kleinberger et al., 2007). Například CaLmi (Sykianaki et al., 2019) a HypnOs (Tsolakou et al., 2020) jsou dvě aplikace, které sledují fyziologický a psychologický stav svých obyvatel a navrhují intervence zaměřené na zlepšení pohody.

4.2 Design uživatelských prožitků a interakcí

Pro účely této disertační práce bylo zavedeno obecné označení *Design uživatelských prožitků* a interakcí pro oblast uživatelsky přívětivého designu, interakce člověk-počítač, interakčního designu a uživatelského rozhraní. Toto označení bylo zavedeno z důvodu, že všechny výše vyjmenované disciplíny se zaměřují na *uživatelský prožitek a interakci* se systémem, překrývají se, doplňují se a jejich společným cílem je vytvářet vhodné podmínky pro příjemnou a efektivní interakci.

Uživatelský prožitek (User Experience, UX) je definován jako dojem nebo souhrn dojmů, které uživatel pocítuje při interakci se systémem, zařízením nebo produktem, včetně účinku použitelnosti, užitečnosti a emocionálních pocitů během interakce i po ní (Hartson et al., 2012; Barnum et al., 2021). Pro uživatele má užívání dané věci, služby vždy nějaký účel, například vypůjčit si knihu, vyhledat konkrétní informace, nakoupit potraviny. Aby byli uživatelé spokojeni, měla by být věnována pozornost tomu co uživatelé chtějí, potřebují, v jakém kontextu zařízení nebo službu používají, jak se systémem interagují.

Pojem *interakce* je definován jako vzájemné působení a zapojení (Preece et al., 2002; Löwgren et al., 2004).

Design je proces, jehož cílem je co nejlépe navrhnout a propojit funkčnost s estetickým vzhledem produktu nebo služby. Design se nevyvíjí izolovaně (Preece et al., 2002; Löwgren et al., 2004; Wiberg, 2016). Naopak, je to jedna z činností, která utváří společnost a zároveň odráží její dobu a její kulturu (Löwgren et al., 2004). Proto je nutné, aby návrháři měli široký zájem o současné problémy, vývoj společnosti a kulturu. Promyšlený designový postoj není předem určený a stabilní, ale měl by spíše neustále zkoumat myšlenky a nápady z úzce souvisejících i vzdálenějších oborů (Löwgren et al., 2004).

4.2.1 Uživatelsky přívětivý design

Lidé jsou rozdílní – mladí, staří, ženy, muži, odborníci, laici, leváci, praváci, vysocí, malí, silní, slabí, rychlí, pomalí, tělesně zdatní, postižení, kreativní, aktivní, líní, unavení, mají rozdílnou mluvu, a tak dále. S touto variabilitou by se při navrhování systému mělo počítat. Navrhnout takový systém, který bude vyhovovat všem je velmi složitý úkol. Z tohoto důvodu se navrhuje systémy pro určitou podmnožinu lidí, pro které systémy buď fungují dobře, špatně nebo vůbec.

Pojmosloví v oblasti uživatelsky přívětivého designu (User Experience Design, UxD, UX design) nebo také designu uživatelského prožitku není v literatuře jednoznačně interpretováno. Dle průzkumu odborné i populární literatury je tento pojem nejvíce používán v oblasti digitálního prostředí, zejména v souvislosti s tvorbou internetových stránek a aplikací, ale také se spotřební elektronikou nebo třeba nábytkem. Hlavním záměrem UX designu je funkčnost a přívětivé ovládání uživatelského rozhraní, které vede ke spokojenosti uživatele. Autorem pojmu UX designu je inženýr a kognitivní psycholog Donald A. Norman. Jeho kniha *The Design of Everyday Things* je považována za kult v oblasti designu. Norman (2013) začal přemýšlet o UX designu na základě manipulace s dveřmi. V knize uvedené výše, popisuje, jak mu otevírání dveří působilo značné problémy. Tvrdí, že věci jsou navrhovány pro lidi, potřebujeme rozumět jak technologii, tak i lidem, proto je důležité zamýšlet se u navrhování jakéhokoliv designu nad souladem technologie a psychologie. Designéři by měli rozumět oběma oblastem.

Dle Hořínkové (2012) se UX design zabývá komplexním pohledem na prožitek uživatele při interakcích se systémem (aplikací). Je zde zahrnuto vše od papírového návodu, jak používat nějaké zařízení, přes obsluhu, balení výrobku až po webovou stránku. UX design má za cíl skutečně porozumět cílovému uživateli a tím zvýšit použitelnost produktu. Chadraba (2016 a) popisuje UX design jako sadu zásad, metod a technik pro návrh čehokoliv od designu bot, barové židle, karoserie automobilu až po sofistikovaná uživatelská rozhraní počítačového softwaru. Uvádí, že cílem je vytvořit u zákazníka požadovaný prožitek z navrhovaného produktu – jeho spokojenost, loajalitu, nadšení, ochotu se vracet a doporučovat. Je to proces zvyšování spokojenosti uživatelů zlepšením použitelnosti, přístupnosti a poskytnutého požitku v interakci s produktem, systémem nebo rozhraním (Preece et al., 2002). Lze říct, že uživatelsky přívětivý design se zabývá návrhem vhodných podmínek pro interakci na základě potřeb a cílů uživatelů a dle těchto potřeb vytváří funkční a použitelný design, který splňuje uživatelské požadavky na produkt, aplikaci nebo systém.

Nielsen (2011) uvádí, že pokud má být navržen dobrý UX design, pozornost má být věnována tomu, co uživatelé dělají, a ne tomu co říkají. Uživatelské požadavky jsou diskutabilní, uživatelé někdy neumí definovat, co chtějí.

Dle Fincka (2019) by se měly do ideálního UX designu zahrnout tyto 3 oblasti: uživatelské cíle a potřeby, obchodní omezení a technické požadavky. UX design je na první pohled neviditelný, jde o návrh produktu nebo služby tak, aby splnil uživatelské požadavky.

Z pohledu tvorby a návrhu UX designu jsou podstatné níže uvedené vlastnosti a oblasti (Nielsen, 2002; Preece et al., 2002; Krug, 2010; Hartsona et al., 2012; Norman, 2013):

- Jednoduchost používání systému pro uživatele (Použitelnost),
- intuitivnost (Informační design),
- logická struktura (Informační architektura),
- grafické zpracování (Vizuální design),
- funkčnost prvků systému (Interakční design).

Při tvorbě optimálního UX designu by měly být dodrženy následující principy (Nielsen, 2002; Preece et al., 2002; Krug, 2010; Hartsona et al., 2012; Norman, 2013):

- zaměřit se na uživatele – měl by podporovat cíle osoby, která bude produkt používat, zaměřit se na vytvoření intuitivního prostředí,
- důkladná uživatelská analýza – měl by být proveden skutečný průzkum požadavků a charakteristika uživatelů před začátkem tvorby celého procesu i během něj,
- měl by se přizpůsobovat aktuálním požadavkům uživatele,
- měl by celkově ladit, působit příjemně a vhodně k dané produktové oblasti, měl by být jednotný.

Pojem UX design se často zaměňuje s pojmem User Interface (UI) design. UX design se však oproti UI designu zabývá mnoha oblastmi od sběru informací až po návrh designu, kdežto UI design řeší pouze zevnějšek a funkčnost rozhraní tzn. to, co vidí a vnímá uživatel.

4.2.2 Interakce člověk – počítač

Interakce člověk-počítač (Human-Computer Interaction – HCI) je interdisciplinární obor, který se zabývá dialogy, interakcemi uživatele s výpočetními systémy (Card et al., 1983; Sears a Jacko, 2009). Oblast HCI čerpá poznatky z různých oborů – z technických věd, behaviorálních věd, designu, lingvistiky, sociálních věd, kognitivní psychologie, ergonomie a dalších oborů, které společně tvoří jeden celek (Card et al., 1983; Sears a Jacko, 2009;

Lazar et al., 2017). Uživatelé komunikují s počítači mnoha způsoby. Pro snadnou interakci člověka s počítačem je důležité uživatelské rozhraní, které je více popsáno v kapitole 4.2.4.

Liu et al. (2014) se snažili zmapovat trendy výzkumných témat HCI pomocí klíčových slov, vyskytujících se v odborných člancích. Zjistili, že je velký rozdíl mezi výzkumem v letech 1994–2003, který se zaměřoval spíše na nepřenositelné technologie, a výzkumem z let 2004–2013, který se zaměřoval na mobilní a přenosné technologie (jako jsou tablety nebo chytré telefony). V druhém období se také začal výzkum více zaměřovat na uživatele – jak různé skupiny uživatelů interagují s technologiemi (mladá generace, starší generace, uživatelé se zdravotním postižením). Nyní se výzkumy věnují více spolupráci, propojení, emocím a komunikaci s technologiemi. Důraz již není kladen pouze na efektivitu, ale na to, jestli se uživateli rozhraní líbí, jestli ho chtějí používat a kde ho budou používat. Výzkum v HCI se zaměřuje na témata, jako jsou mobilní zařízení, dotykové obrazovky, gesta a přirozená interakce s počítači, senzory, vestavěné a nositelné počítače, udržitelnost, big data, sociální a kolaborativní výpočetní technika, přístupnost a další (Lazar et al., 2017).

V literatuře se lze setkat také s pojmem „*Computational interaction*“, volně přeloženo jako výpočetní interakce, která dle Oulasvirta et. al (2018) využívá výpočetní myšlení, tzn. abstrakci, automatizaci a analýzu – k vysvětlení a zlepšení interakce mezi uživatelem (uživateli) a systémem. Je podpořen modelováním, které připouští formální uvažování a zahrnuje alespoň jednu z následujících věcí:

- způsob aktualizace modelu dle dat získaných z uživatelských pozorování;
- algoritmický prvek, který může pomocí modelu přímo syntetizovat nebo přizpůsobit návrh;
- způsob automatizace a instrumentace procesu modelování a návrhu;
- schopnost simulovat nebo syntetizovat prvky očekávaného chování uživatele a systému.

4.2.3 Interakční design

Podle Löwgren et al. (2004) se HCI a interakční design prolínají, tvrdí, že interakční design je dodatkem neboli rozšířením oboru interakce člověk-počítač. V literatuře se vyskytuje mnoho definic interakčního designu (IxD). Autoři se většinou shodují ve formulaci podstaty tohoto pojmu.

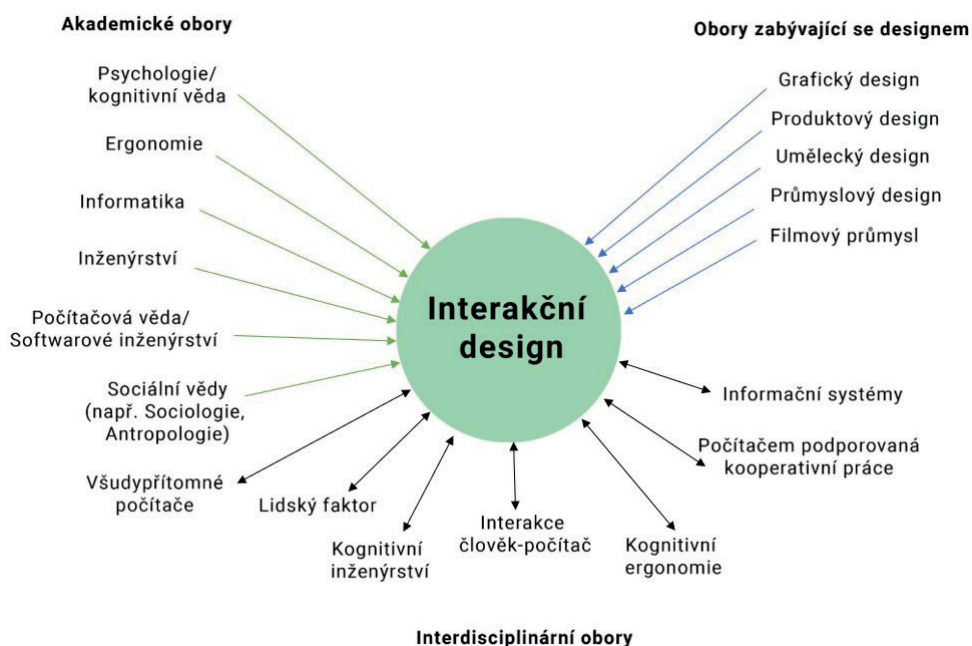
Dle Coopera et al. (2007) je interakční design definován jako disciplína návrhu interaktivního systému, prostředí, služby nebo produktu se zaměřením na uživatelské chování s ním spojené. Interakční design se dle Normana (2010) zaměřuje na to, jak lidé komunikují s technologiemi. Cílem je, aby uživatel chápal, jaké úkony je možné provést, co se právě děje a co se stalo. Koncepce interakce čerpá z principů psychologie, designu, umění a emocí, aby se zajistil pozitivní a příjemný uživatelský prožitek.

Preece et al. (2002) pod pojmem IxD rozumí vytváření interaktivních produktů na pomoc lidem v jejich každodenních životech. Kolko (2011) definuje IxD jako vytvoření dialogu mezi osobou a produktem, systémem nebo službou. Válka (2011) popisuje interakční design jako obor, zabývající se návrhem interakcí, v němž interakční designéři navrhují dialog, který uživatel povede s bankomatem, mobilním telefonem, aplikací nebo webovou stránkou. Svým ovládním uživatel klade otázky a dostává na ně odpověď. Chadraha (2016 b) vidí interakční design jako činnost vedoucí k tvorbě použitelných produktů, jak digitálních (webů a aplikací), tak okolního prostředí (architektura, urbanismus) a procesů služeb (například nákup jízdenky).

Dle Alben (1996) je interakční design, design, který vede ke kvalitním uživatelským zkušenostem. Zahrnuje vytváření nástrojů a procesů chování a komunikace, které usnadňují komunikaci mezi lidmi a objekty, službami a fyzickými nebo virtuálními prostředními a které umožňují manipulaci s těmito objekty, službami a prostředními (Preece et al., 2002; Cooper et al., 2007; Benyon, 2010; Saffer, 2010). Je důležité studovat tok informací a diskurz mezi člověkem a rozhraním, včetně zpětné vazby a reakce na podněty v průběhu určitého časového období (Löwgren et al., 2004).

Pro dobrý návrh interakce, je nutné zahrnout přístupy ze souvisejících vědních oborů, z činností zabývajících se designem i lidskou myslí. Interakční design je poměrně mladý obor, který má vztah k dalším designovým disciplínám a k vývoji v oblastech designu, dokonce i těch, které existovaly dlouho předtím, než byl postaven první počítač (Cooper et al., 2007). Od počátku roku 1950 se výzkumníci snaží o definování společných rysů designové

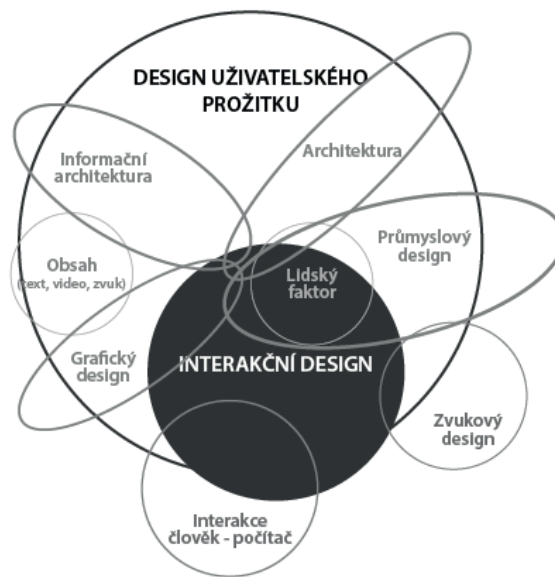
práce napříč obory (Löwgren et al., 2004). Interdisciplinární výzkumná oblast známá jako designové studie zahrnuje disciplíny, jako je průmyslový design, inženýrství, architektura, urbanismus a možná i interakční design (Löwgren et al., 2004). Celkovým cílem designových studií je porozumět designu a předepisovat lepší způsoby práce (Löwgren et al., 2004). Přehledné vymezení vztahu interakčního designu k dalším oborům (Obrázek 7) zpracovala Sharp et al. (2019).



Obrázek 7: Vztah interakčního designu k dalším oborům (podle Sharp et al., 2019)

Saffer (2010) vytvořil grafické schéma (Obrázek 8), které znázorňuje interakční design v souvislosti s disciplínami, které společně vytvářejí komplexní uživatelský prožitek. Jako související disciplíny uvádí interakci člověk-počítač, grafický design, lidský faktor, zvukový design, průmyslový design, architekturu a informační architekturu.

Dle výše uvedených definic lze říci, že interakční design je obor, ve kterém se designéři snaží vytvořit takový design, kde komunikace mezi uživatelem a produktem (počítačem, mobilním zařízením, bankomatem, aplikacemi apod.) probíhá přirozeně jako mezi lidmi. Jde o skloubení potřeb uživatelů a potřeby obchodního cíle do funkčního produktu (Chadraba, 2016b).



Obrázek 8: Interakční design v rámci UX (podle Saffér, 2010)

Jak již bylo uvedeno výše interakční design se zabývá návrhem vzájemného působení mezi uživatelem a systémem. Uživatel do systému vkládá vstupní data a na poskytnutá data tento systém reaguje. V současné době se interakce mezi lidmi a počítači skládá hlavně z prvků grafického uživatelského rozhraní z oken – ikon – nabídkových menu – kurzoru (windows-icon-menus-pointer – WIMP) (Wiberg, 2016). Jelikož se s interakčním designem setkáváme každodenně například při placení nákupu v obchodě, při používání chytrých zařízení, v práci, v domácnosti, v dopravě atd. je zapotřebí vytvořit takové produkty, které budou lidem usnadňovat interakci, a ne ji komplikovat. Interakčního designéra zajímá, jak konkrétně uživatel provede danou akci – aby to byl schopen zjistit, musí se zamyslet nad tím, kdo a kdy bude produkt používat a jaké jsou jeho cíle.

Wiberg (2016) se ve své práci zamýšlí nad významností interakce, jak dochází k interakci prostřednictvím tradičních (analogových) materiálů, jako je papír nebo dřevo. Tento směr je zajímavý a může vést k vnímání interakce jinak než jen jako komunikaci mezi člověkem a systémem nebo programem. Zaměření na materiály může být klíčem k pochopení materiálových prožitků, se kterými dochází k interakci. Tento směr může vést k odpoutání se od nynějšího klasického pohledu, že k interakci mezi člověkem a systémem je potřeba počítač. Ve vestavěných systémech se počítač zdánlivě vytrácí. Počítače, tam však stále v nějaké formě jsou. Většina interakce v takových systémech se odehrává bez klávesnice, myši nebo monitoru. Jak zmiňují Cooper et al. (2007) k interakci není potřeba tradiční uživatelské rozhraní. Výzvou je navrhnout interakci tak, aby počítač zůstal neviditelný, nenápadný

a uživatel s ním dokázal interagovat. Tvorba kvalitního UX designu je a bude stále zásadní. V případě například špatného designu u zařízení s vestavěným systémem, u kterého uživatel nemá k dispozici známé prvky (menu, ikony apod.), může mít uživatel problém zařízení použít (tzn. špatná použitelnost).

4.2.3.1 Základní elementy interakčního designu

Při vytváření návrhu se lze někdy setkat s otázkami, na které není jednoduché nalézt odpověď. Může se jednat o otázky zaměřující se na funkčnost daného prostředí, zda bude ovládání použitelné, zda bude vyhovující pro daného uživatele. Potřeby každého uživatele jsou ovlivněny kontextem, kulturním a sociálním prostředím, historií a zkušenostmi.

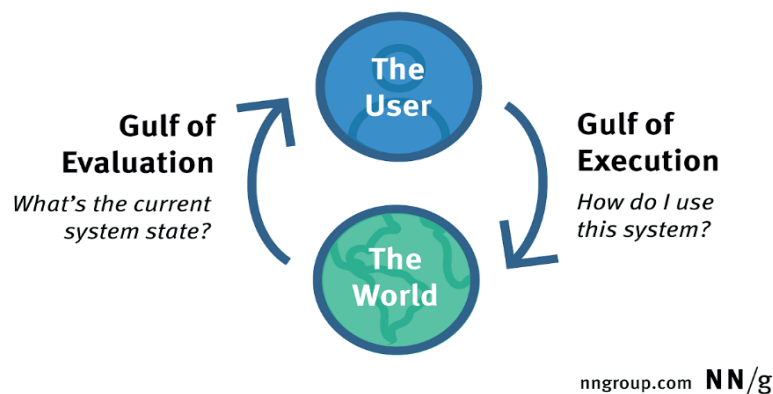
Saffer (2010) definuje základní prvky interakčního designu a doporučení pro interakční návrháře, aby mohl vzniknout funkční produkt. Základními prvky interakčního designu jsou:

- **Pohyb:** interakce je typ komunikace a komunikace je typem pohybu. Bez pohybu by nebyla interakce, pohyb je spouštěčem akce (stisk tlačítka myši, gesto pohybem ruky, mrknutí okem nebo hlasový povel).
- **Prostor:** pohyb a všechny interakce se dějí v prostoru a prostor těmto pohybům dodává kontext. Interakční designéři pracují v prostoru 2D nebo 3D, v analogových i digitálních obrazovkách.
- **Čas:** všechny interakce se dějí v čase. Tento čas může být krátkého charakteru (kliknutí na myš) nebo dlouhého. Interakční designér musí mít dobrou představu o čase a umět s ním dobře zacházet (některé procesy trvají pár okamžiků, jiné jsou dlouhodobějšího charakteru a vyžadují čas na zpracování).
- **Vzhled:** vzhled objektu napovídá, jak bychom objekt měli používat, vypovídá o jeho funkčnosti a účelu.
- **Povrch:** textura může být součástí vzhledu objektu, dotykový kontakt s objektem informuje o bližším způsobu zacházení. Vzhled stejně jako textura mohou vyvolávat konkrétní emoce spojené s objektem.
- **Zvuk:** poskytuje například potvrzení o vykonané akci nebo varování.

Interakční designéři by měli dodržovat několik přístupů (Saffer, 2010):

- **Zaměřit se na uživatele:** Návrháři by měli zejména myslet na koncové uživatele, protože uživatelé se v první řadě soustředí na dosažení svého cíle a požadavku. Návrháři by měli poznat svého uživatele (Shneiderman a Plaisant, 2010).
- **Hledat alternativy:** Navrhování je o vytváření alternativních možností a řešení, ne o výběru z více možností.
- **Používat prototyp:** Designéři vytvářejí prototypy a testují je. Někdy je použito více prototypů pro jedno řešení.
- **Spolupracovat a omezit adresování:** Někdy návrháři pracují sami. K vytváření věcí potřebují zdroje, pokud navrhují sami, zdroje jsou omezené jen na jejich vlastní možnosti. K dosažení obchodního cíle by designéři měli spolupracovat, protože navrhování je vždy týmovým úsilím.
- **Vytvořit vhodné řešení:** Návrháři vytvářejí vhodná řešení pro konkrétní projekt. Mohou využít své zkušenosti a řešení do jiných projektů, ale nemohou je zkopírovat.
- **Navrhovat pro širokou škálu zájmů:** Designování zahrnuje mnoho oblastí jako je například psychologie, ergonomie, ekonomie, strojírenství, architektura, informatika atd. Návrháři mohou mít multidisciplinární nápady.
- **Začlenit emoce:** Vhodný výběr emocí pro návrh může být užitečné, bez emocí je produkt bez života. Při rozhodování o designu by měly být zvažovány také emoce.

Je důležité si uvědomit, že uživatel při každé interakci musí překonat dvě výzvy, aby mohl úspěšně komunikovat s jakýmkoli zařízením – musí porozumět současnému stavu systému a zjistit, jak stav změnit. V literatuře jsou tyto akce označovány termíny *Gulf of Execution* a *Gulf of Evaluation* (Hutchins et al., 1986). Volně by se daly přeložit jako „Nesoulad provedení a nesoulad zhodnocení“. Jde o rozpor mezi vnitřními cíli uživatele na jedné straně a očekáváním a dostupností informací specifikujících stav systému na straně druhé. Pokud je tento nesoulad velký, brání uživateli úspěšně a plynule dokončit zamýšlený úkon. Obrázek 9 znázorňuje uživatelský cyklus, ve kterém se tyto úkony střídají: po provedení činnosti, musí uživatel vyhodnotit výsledek, naplánovat provedení dalšího kroku, vyhodnotit tento výsledek atd., dokud nedosáhne požadovaného cíle a dokončí tak akci.



Obrázek 9: UX Gulfs: Zhodnocení a provedení (Zdroj: Whintenton - nngroup.com)

Mezi oběma činnostmi je vzájemná závislost. Úspěšné provedení interakce obvykle závisí na správném vyhodnocení, jak například prvky nebo systém fungují. Úspěšné vyhodnocení vyžaduje nejen vnímání indikátoru stavu systému, ale také interpretaci toho, co to znamená (Whintenton, 2018). Pokud bude interakce provedena na chybném vyhodnocení, nedosáhne uživatel cíle. Lidé mají tendenci spoléhat na své minulé zkušenosti, aby si rychle vytvořili mentální modely² pro nové věci nebo systémy (Weinschenk, 2012). Naprosto stejná informace může být vnímána a dále zpracovávána odlišným způsobem (Molnár et al., 2012). Návrháři mohou tuto přirozenou tendenci využít tím, že záměrně zahrnou designové prvky, které pomáhají uživatelům vytvářet efektivní mentální modely (Whintenton, 2018) a to tak, že použijí:

- relevantní vzor, který uživatelé již znají,
- vizuální podobnosti mezi novým designem a známým designem,
- funkční podobnosti mezi novým designem a známým designem.

Whintenton (2018) tvrdí, že je důležité pochopit oba pojmy a začlenit je do designu uživatelských prožitků a interakcí z důvodu, že těmto výzvám musí čelit jakékoli rozhraní ať je to rozhraní hodinek, ledničky, notebooku, chytrého telefonu nebo inteligentního prostředí. Rámec těchto dvou pojmů je dostatečně flexibilní, aby mohl být aplikovatelný na jakýkoli nový kontext designu. Uživatelé snáze naleznou cestu, jak se systémem interagovat, když tyto dvě činnosti nebudou opomíjeny.

² Mentální model je myšlenkový proces člověka, pomocí kterého si představuje, jak věci nebo systémy fungují. Mentální modely pomáhají vytvářet akce a chování, definovat, jak lidé přistupují k problémům, jak je řeší a čemu ve složitých situacích věnují pozornost (Weinschenk, 2012).

4.2.3.2 Způsoby interakce

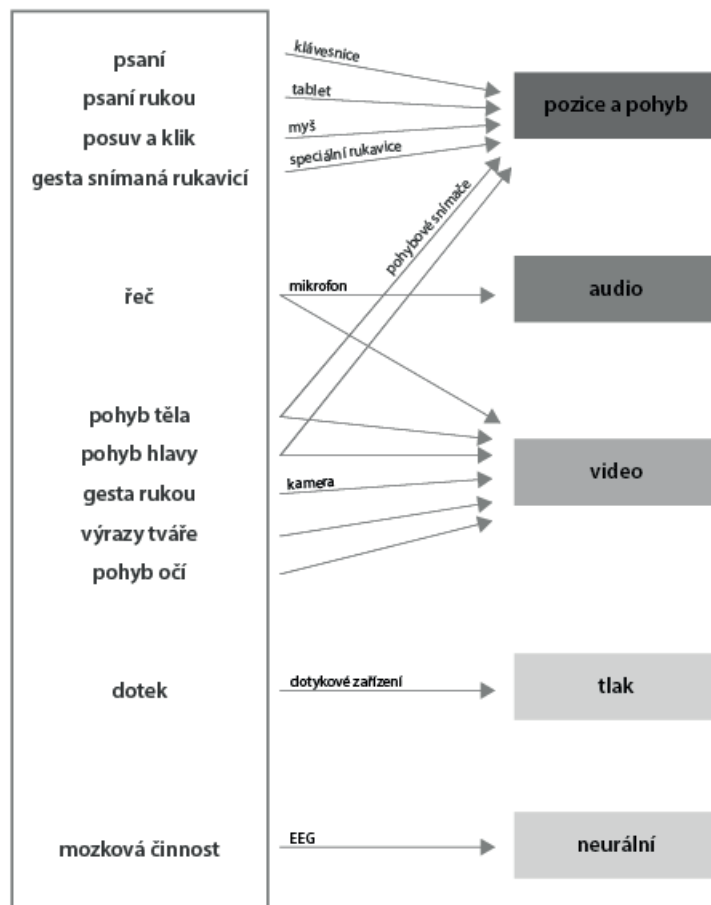
Naprostá většina interakcí s technologiemi spočívá ve využití lidských smyslů zraku, sluchu, hmatu, čichu a chuti. Smysly přijímají vjemy a přeměňují je na elektrické nervové signály fyzikálních jevů, jako jsou zvukové vlny, světelné paprsky, pachy, příchutě a fyzický kontakt (MacKenzie, 2013). Signály jsou přenášeny do mozku ke zpracování. V některých případech uživatelé vynakládají značné fyzické úsilí na provedení aktivity a interakce se systémem: například při jízdě na kole, při hraní videoher, při používání haptického ovládacího zařízení (Robert a Lesage, 2012).

Dle Sharmy et al. (1998) některé lidské činnosti, jako například výrazy obličeje, pohyby rukou nebo očí, lze detekovat pomocí stejných zařízení, ale vyvozené výstupy z těchto zařízení mohou být různé (Obrázek 10). Tento fakt je důležitý v procesu navrhování uživatelsky přívětivého prostředí. Je nutno určit jakým způsobem bude interakce mezi člověkem a systémem probíhat. Velká část HCI se zabývá interakcí jediného uživatele na jednom místě (u svého stolu), na kterém má monitor a počítač ovládaný jedinou klávesnicí a myší (Wiberg, 2016). Způsoby interakce v inteligentních prostředích budou ale různé od akustických, haptických po interakce pomocí gest.

4.2 3.2.1 Zrak

Zrak je lidská schopnost přijímat informace z prostředí ve formě viditelného světla vnímaného okem (MacKenzie, 2013). Většina lidí získává asi 80 % informací prostřednictvím zraku (Asakawa a Takagi, 2007). Zrak je považován za nejdůležitější smysl pro získávání informací (Russo, 2011).

Oči vykonávají dvě akce: fixaci a sakády. Během fixace jsou oči stacionární a berou vizuální detaily z prostředí. Fixace mohou být dlouhé nebo krátké, ale obvykle trvají nejméně 200 ms. Změna bodu fixace na nové místo vyžaduje sakádu – rychlé přemístění očí do nové polohy. Sakády jsou ze své podstaty rychlé, trvají pouze 30–120 ms (MacKenzie, 2013). Oční pohyby mohou být zkoumány pomocí zařízení, které se nazývá eye-tracker. Výzkumy očních pohybů se zaměřují například na periferní vidění (autorka disertační práce se zabývala tímto tématem ve své studii Ander et al., 2020), na to, jak lidé čtou, jak si zobrazují obsah na webových stránkách, kam zaměřují zrak, jak sledují obsah stránky ženy, jak muži atd. Výsledky testování jsou použity například pro návrh nebo úpravu webových stránek, v marketingu, ve filmové průmyslu apod.



Obrázek 10: Zobrazení různých způsobů lidské činnosti v prostředí HCI a jejich snímání (podle Sharma, 1998)

Pro rozvoj AmI je důležité automatizovat zrak, protože se jedná o nejbohatší senzorický vstup člověka. Automatizovaný zrak neboli počítačové vidění může zahrnovat mnoho oblastí jako je pořízení obrazu, zpracování obrazu, rozpoznávání objektů (2D a 3D), analýza scény a analýza toku obrazu (Ramos et al., 2008). Počítačové vidění lze v AmI použít v různých situacích k identifikování lidských gest při ovládání zařízení, k identifikaci emočních stavů z výrazu lidského obličeje. Dále může být využito v inteligentních dopravních systémech k identifikaci dopravních problémů nebo modelů, k přibližování vozidel apod. (Ramos et al., 2008).

4.2 3.2.2 Sluch

Sluchový vjem je detekce zvuků. Zvuk je přenášen pomocí zvukové vlny, která v lidském uchu stimuluje ušní bubínek k vytvoření nervového impulzu, který zasílá informaci k dalšímu zpracování do mozku. Fyzikální vlastnosti zvuku jsou hlasitost (intenzita), frekvence (výška), zabarvení. Kromě fyzikálních vlastností má zvuk i další vlastnosti, které ale záleží na jednotlivých schopnostech lidského sluchu. Zvuky lze popsat jako příjemné nebo nepříjemné. Je to dáno tím, jak se různé frekvence kombinují dohromady. Zvuky mohou také vyjadřovat pocit naléhavosti nebo rychlosti (MacKenzie, 2013). Zvuky poskytují lidem širokou škálu podnětů a pocitů. Interakce s prostředím pomocí sluchu a hlasu je další způsob, jak uživateli usnadnit ovládání a komunikovat s technologiemi například při provádění dalších aktivit (např. řízení automobilu, vaření, získávání informací).

4.2 3.2.3 Hmat

Pomocí hmatových receptorů v kůži člověk získává vjemy z okolí. Lidé se zrakovým postižením využívají hmat ke čtení (Braillovo písmo) (Benyon, 2010).

Interakce s technologiemi pomocí dotyku (hmatu) je v současné době každodenně využívaná hlavně u chytrých zařízení jako jsou mobilní telefony, tablety, chytré hodinky, dotykové obrazovky bankomatů, kioskových systémů, pokladen a dalších zařízení. Výhradním prvkem hmatové interakce je displej zařízení, který je ovládán prsty. Je několik gest, které se při interakci s technologiemi používají: klepnutí (poklepání – tap), táhnutí (drag), přitlak (pinch).

4.2 3.2.4 Čich

Čich je v běžném každodenním životě hodně užívaným lidským smyslem. V oblasti interakce člověk-počítač je však nedostatečně využíván. Kaye (2004) se ve své práci zabývá interakcí člověka s počítačem prostřednictvím čichových smyslů, tj. aromatických výstupů. Sdílet informace prostřednictvím vůně je složité. Aby čichový rozsah byl smysluplná metrika, museli by uživatelé být schopni vnímat úroveň vůně a kvantitu (Kaye, 2004). Intuice nám říká, že když dojde ke zvýšení intenzity podnětu, zvyšuje se význam sdělení, například jasně blikající světlo je důležitější než slabě blikající světlo (Kaye, 2004).

Kaye (2004) uvádí důvody proč není čich využíván pro interakci člověka s počítačem, je to kvůli technickým potížím při vydávání vůně na vyžádání, chemickým potížím při

vytváření přesných a příjemných vůní. Dále je čich nevhodný pro rychle se měnící informace. Uvádí také, že je čich dobře vyvinutým smyslem, je přesný a jako rozhraní cenný.

Brewster et al. (2006) studovali vůni jako pomůcku při vyhledávání digitálních fotoalb. Participanti v experimentu používali dvě metody – označovali fotografie textovými značkami a pachovými značkami. Poté měli použít značky (textové nebo pachové) k zodpovězení otázek týkajících se fotografií. Předpokládalo se, že vzhledem k tomu, že má vůně vazby na paměť, budou si participanti lépe vybavovat fotografie. Pachové značky však dopadly hůře než slovní označení.

Jako příklad využití čichu k interakci lze uvést tzv. vonné hodiny (kadidlové hodiny), které se používaly v čínské, japonské a indické kultuře (Bedini, 1994). Hodiny fungovaly tak, že do speciálních nádob byly umístěny různě vonící vonné tyčinky nebo tzv. pečetě, které byly kalibrovány na známé rychlosti hoření (hodinu, den, měsíc). Vonné hodiny se používaly zejména v chrámech, kněz pomocí čichu rozpoznával, kolik je hodin.

4.2.3.3 Vztah interakčního designu a ambientní inteligence

Vztah pojmů ambientní inteligence a interakčního designu je velmi úzký, lze říct, že jeden bez druhého nemůže efektivně existovat. Hlavním cílem AmI je obsluha uživatele, uživatel nemusí mít zvláštní technické znalosti, návrh uživatelského rozhraní a interakce uživatele s ambientním prostředím má prvořadý význam. Aby mohlo být AmI prostředí použitelné a přístupné pro uživatele, je nutné navrhnout vhodná interakční schémata pro ovládání daného systému. Ovládáním však není myšleno pouze ovládání pomocí aplikace na dotykovém zařízení (telefon, tablet, televize), ale i hlasové a pohybové (např. gesty, pohledem). Vhodný návrh interakce uživatele s AmI je tedy klíčovým faktorem pro úspěšnost a adopci ambientního prostředí uživatelem. Snahou při návrhu vhodných interakčních schémat v prostředí ovládaném AmI je omezit využívání běžného grafického rozhraní a docílit přirozenou komunikaci s okolím. Pokud bude interakce uživatele s ambientním prostředím příliš složitá, stane se pro uživatele neefektivní a nastane shodná situace, jakou lze nyní pozorovat v případě některých webových stránek nebo aplikací. Pokud jsou webové stránky nebo aplikace uživatelsky nepřívětivé, uživatel ze stránek odchází a přestane je používat.

Protože systémy AmI budou interagovat s lidmi, budou se muset zvážet také všechny případné sociální a emoční faktory uživatelů ambientního prostředí. Studium interakcí umožňuje návrhářům a vývojářům zlepšit pochopení toho, co lze s některým elementem dělat a tím zvýšit jeho konečné uživatelské přijetí (Vega-Barbas et al., 2014). Interakční

schémata v prostředí AmI se od sebe budou lišit v závislosti na situaci a prostředí, ve kterém budou aplikována. V domácnostech nebo ve stavebnictví budou použita jiná schémata než například pro systémy zabývající se lékařstvím. Stejně jako u internetových stránek nebo obecně u aplikací je nutné při návrhu interakčního designu pro AmI myslet na cílovou skupinu, která daný systém bude používat. Systémy AmI by měly být schopny inteligentně interagovat s lidmi, tzn. uvědomovat si kontext svého prostředí, ve kterém se nachází. V systémech AmI by mělo kontextové uvědomění obsahovat tyto parametry (Kleinbergera, 2007; Ramos et al., 2008):

- přirozená smíšená iniciativní rozhraní ovládaná hlasem a gesty,
- schopnost přizpůsobit se uživatelům a situacím,
- učení pozorováním uživatelů,
- předvídavé,
- uvědomování si aktuální situace,
- škálovatelná inteligence.

Z výše uvedeného lze konstatovat, že pro tvorbu komunikačního rozhraní uživatele s AmI lze použít principy, které se používají při tvorbě uživatelského interakčního rozhraní pro internetové stránky a aplikace. Jsou to principy, které definovali ve svých publikacích například Nielsen (2002), Preece et al., (2002), Krug (2010), Sheiderman (2010), Hartson et al. (2012), Norman, (2013) - jednoduchost a přehlednost používání systému pro uživatele, intuitivnost a předvídatelnost uživatelského rozhraní, logická struktura, jednotnost a konzistence rozhraní, grafické zpracování, funkčnost prvků systému, poskytnutí zpětné vazby systémem uživateli, možnost vrátit se zpět na předchozí akci.

Již nyní se objevují nové technologie, které přinášejí nové interakční výzvy jako například rozšířená a virtuální realita, nositelná zařízení, přizpůsobitelná interaktivní zařízení, je proto důležité zabývat se složitějším interakčním prostorem, jelikož se zřejmě tyto nové technologie stanou součástí běžného lidského života. Designéři budou muset zvažovat množství problémů od nízkoúrovňového hardwaru, přes software až po lidský faktor. Dochází k rychlému pokroku ve výpočetních technikách, například ve strojovém učení, v datové vědě, což přispívá ke zlepšení návrhu interakce pro inteligentní prostředí.

4.2.4 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní (User Interface, UI) je souhrn způsobů, jakými uživatelé ovlivňují chování systémů (Shneiderman, 2010). UI slouží k interakci, dialogu mezi uživatelem a zařízením, systémem. Počítačová gramotnost uživatelů se zlepšuje, je ale nutné brát v úvahu, že stále existují lidé, kteří nemají s ovládáním technologií dostatečné zkušenosti, nebo se jim dokonce vyhýbají. Je proto důležité navrhovat taková UI, která uživatele nebudou zatěžovat. Z pozice uživatele je cílem dobře navrženého UI efektivně interagovat se zařízením, které ho neustále informuje o svém stavu a uživatel tak může provádět rozhodnutí. Nejzásadnější atributy uživatelského rozhraní jsou jednoduchost a přehlednost.

Aby bylo uživatelské rozhraní dobře navrženo, je důležité znát základní principy UX designu (kapitola 4.2.1) a interakčního designu (kapitola 4.2.3).

Při tvorbě a návrhu uživatelského rozhraní by mělo být dodrženo osm základních principů (Shneiderman, 2010):

- Konzistence rozhraní.
- Tvorba rozhraní pro širokou skupinu uživatelů.
- Zpětná vazba systému pro uživatele.
- Logická navigace uživatele rozhraním.
- Předcházení chybám a pokud k chybě dojde, informovat uživatele.
- Možnost vrátit se na předchozí akci (funkce zpět/znovu).
- Vytvářet předvídatelné uživatelské rozhraní. Uživatel musí být iniciátorem a řídicím prvkem rozhraní.
- Přehlednost rozhraní. Uživatel nesmí být nucen si rozhraní pamatovat.

Uživatelské rozhraní tvoří následující tři složky (Shneiderman, 2010):

- *Fyzickou složku*, která zahrnuje soubor vstupních a výstupních zařízení, nástroje selekce a zpětné vazby.
- *Konceptuální složku*, která je souhrnem vyhledávacích mechanismů, které jsou použity při komunikaci mezi člověkem a počítačem, jedná se např. o dotazovací jazyky a interaktivní styly.

- *Perceptuální složku*, která se zaměřuje na vnímání objektů, které jsou umístěny v rozhraní, jejich uspořádání a použití barev.

Dobře zvolené uspořádání komponent zlepšuje rychlé vnímání a zpracování dat uživatelem (Vegas-Barbas et al., 2017). Při rozmisťování objektů například v rozhraní pro americké a evropské kulturní prostředí by se měly brát v úvahu následující základní skutečnosti:

- Uživatel si prohlíží rozhraní od levého horního rohu (Nielsen, 2013; Basco et al., 2014; Moran, 2020) a poté pokračují různými vzory dále (*F-shaped pattern*, *Lawn mower pattern*, *Pinball pattern*, *Zig-zag pattern* atd.).
- Čte se zleva-doprava a se shora-dolů.
- Důležité je také logické uspořádání, posloupnost a seskupování prvků. Měl by být respektován tok informací.

S ohledem na výše uvedené skutečnosti se nejdůležitější obsah v rozhraní umísťuje do levého horního rohu. Při rozmisťování dalších objektů je otázkou, zda upřednostnit směr zleva-doprava před směrem shora-dolů. Vzhledem k tomu, jakým směrem se čte by se mohlo zdát, že uspořádání zleva-doprava je vhodnější varianta. Výzkumy³ však ukazují, že vhodnější je upřednostnit směr shora-dolů před směrem zleva-doprava. Při uspořádání shora-dolů je dráha pohledu, která je potřebná pro základní, rychlé zpracování rozhraní, kratší a efektivnější.

Člověk upřednostňuje při zrakovém vnímání rozhraní jednoduchost, uspořádanost a určitý systém prvků. Galitz (2007) popisuje několik důležitých zásad pro vizuální uspořádání objektů:

- horizontální i vertikální vyváženost prvků,
- souměrnost prvků,
- pravidelnost (tvaru, velikosti, barvy, vzdálenosti prvků),
- předvídatelnost (styl a uspořádání prvků by měl být totožný v celém zpracování rozhraní),

³ Velice zajímavým tématem je, jak lidé čtou nebo si prohlíží obsah. Více informací o tomto tématu lze zjistit například na webových stránkách NN/g Nielsen Norman Group.

- následnost (prvky by měly být rozmístěny dle logiky problému),
- jednotnost prvků,
- proporce (pravidlo Zlatého řezu),
- jednoduchost (přiměřený počet prvků),
- seskupování (logické seskupování prvků dle významu a účelu).

Při návrhu UI je možné využít také tzv. *vzorů návrhu uživatelského rozhraní*. Jedná se o obecné na platformě nezávislé postupy řešení problémů, které již v minulosti byly úspěšně analyzovány a vyřešeny (Preece et al., 2002). Z těchto obecných postupů lze při tvorbě UI vycházet a urychlit tak samotný návrh rozhraní. Vzhledem k jejich nezávislosti na platformě je nutné při jejich implementaci myslet právě na samotné možnosti a způsoby, jak dané prvky rozhraní na určité platformě programově implementovat (Vegas-Barbas et al., 2017). Při implementaci je proto nutné myslet na to, aby navržené UI korespondovalo s kontextem aplikace. Jako příklad lze uvést implementaci navigace. Vzhledem ke své funkci se jedná o jeden z nejdůležitějších prvků, pomocí kterého uživatel komunikuje s rozhraním, například s internetovou stránkou. Prezentace a funkčnost navigace musí být intuitivní, aby uživatel na první pohled porozuměl, kde se v danou chvíli nachází, a co vše může na stránce dělat, jak se v daném rozhraní pohybovat. Samotné umístění navigace je závislé na velikosti, struktuře a účelu prezentace. Nejčastěji se v návrhových vzorech umísťuje v horní části stránky nebo na levé straně obsahu prezentace.

Dále je nutné se zamyslet nad vytvářením uživatelských rozhraní, která jsou schopna fungovat na více zařízeních. V dnešní době mohou uživatelé ovládat aplikace z různých zařízení. Lin et al. (2008) vytvořili prototypovací nástroj s názvem Damask, který se zaměřuje na uživatelská rozhraní pro více zařízení (pro desktopové počítače, mobilní telefony a uživatelská rozhraní ovládaná hlasem). Tento nástroj obsahuje katalog vzorů a pravidel, ze kterých si designér vybírá šablony pro vytváření svých designů. Vzory v nástroji Damask obsahují předem připravené fragmenty uživatelského rozhraní, které jsou již optimalizovány pro jednotlivá zařízení. Další prototypovací nástroje pro vývoj, správu a používání vzorů uživatelských rozhraní jsou uvedeny například ve studii Denga et al. (2005).

V dnešní době se nejvíce používají níže uvedená uživatelská rozhraní:

- grafické uživatelské rozhraní (Graphical User Interface, GUI),
- hlasové uživatelské rozhraní (Voice/Audio User interface, VUI/AUI),
- dotykové uživatelské rozhraní (Touch User Interface, TUI),
- znakové uživatelské rozhraní (Character User Interface, CUI).

4.2.4.1 Adaptivní uživatelské rozhraní

Směr, který je v dnešní době velmi diskutovaný, je naučit počítače nebo různá technologická zařízení porozumět přirozené lidské komunikaci. Za tímto účelem je užitečné zvážit různé kontextové aspekty, včetně uživatelských aspektů (úkoly, které je třeba splnit, osobní preference a znalosti uživatele), aspektů souvisejících s technologií (dostupné zdroje interakce, podpora připojení atd.) a environmentálních aspektů (úroveň hluku, světla atd.) (Bongartz et al., 2012). Vznikají tendence vytvářet adaptivní uživatelská rozhraní. Což jsou taková rozhraní systému, která se automaticky přizpůsobují preferencím člověka a člověk s nimi přirozeně interaguje. Tato rozhraní jsou vnímána jako inteligentní systém (Bongartz et al., 2012). Aby takovýto systém mohl fungovat, je potřeba integrovat systémy do funkčního celku, analyzovat chování uživatele, správně vyhodnotit získaná uživatelská data a vykonat akci požadovanou uživatelem bez přímého zadání požadavku. Bongartz et al. (2012) se zabývají adaptivním uživatelským rozhraním v pracovním prostředí konkrétně v prostoru skladu, ve kterém řeší vyskladnění zboží. Ve své práci popisují architekturu UI postavenou na konceptu modelového návrhu uživatelského rozhraní, který je rozšířen o kontextové a adaptivní prvky. Navrhovaná architektura je schopna se přizpůsobit vybraným aspektům kontextu v čase pomocí komunikace s kontextovým serverem a použitím specifikovaných adaptačních pravidel. Využívají modelový rámec MARIA (*Model-based Language foR Interactive Applications*) (Paternò et al., 2009) založený na modelu, který je schopen adaptace. Framework obsahuje několik jazykových nástrojů. Jeden, který využívá abstraktní popis problému a je nezávislý na platformě, na které je spuštěn a několik implementačních nástrojů, které konkretizují dané řešení podle dostupných zdrojů. Jako příklady lze uvést stolní či mobilní počítače, hlasem ovládané zařízení apod. (Paternò et al., 2009).

4.2.5 Použitelnost

Použitelnost je velice důležitá vlastnost systému. Určuje, do jaké míry je uživatel schopen se orientovat a efektivně vzájemně komunikovat s jakýmkoliv systémem, ať už se jedná o uživatelské rozhraní webových stránek nebo o předměty denního užití. Pojem použitelnost je spojován především s ovládním technologií, hlavně v oblasti návrhu uživatelského rozhraní počítačových programů nebo v oblasti elektronických zařízení (Krug, 2010). Preece et al. (2002); Hartson et al. (2012); Barnum et al. (2021) shodně uvádějí, že použitelnost uživatelům napomáhá používat uživatelské rozhraní webových stránek, produktů nebo služeb účinně a efektivně, sama o sobě však použitelnost není dostačující. Primární je zkušenost uživatele, zážitek, který při používání uživatel pociťuje, smysluplnost úkonů, které v daném systému uživatel provádí.

Norma ISO/TR 16982:2002 definuje použitelnost jako míru, do které může být produkt používán konkrétními uživateli, aby efektivně, účinně a uspokojivě dosáhli stanovených cílů v daném kontextu užití. Norman (2010) uvádí, že uživatel musí v krátkém čase pochopit účel produktu, podvědomě si vytvořit představu o jeho fungování. Všechny jeho funkce musí být zároveň viditelné a musí existovat princip zpětné vazby. Vysoká míra použitelnosti zaručuje rychlejší provádění zamýšlených úkonů uživatelem s menším počtem chyb. Preece et al. (2002) definovali následující cíle použitelnosti:

- efektivnost použití,
- účinnost použití,
- bezpečnost používání,
- užitečnost, pochopitelnost,
- zapamatovatelnost.

Aby byl uživatel spokojen s používáním produktu nebo s interakcí s rozhraním systému je nutné navrhovat design uživatelských prožitků a interakcí s ohledem na potřeby uživatelů. V průběhu tvorby, před uvedením produktu na trh nebo před spuštěním webových stránek se doporučuje otestovat a vyhodnotit, zda bylo interakční schéma správně navrženo. K zhodnocení uživatelských prožitků a interakcí se používají různé přístupy popsané v následující kapitole.

4.3 Přístupy k hodnocení uživatelských prožitků a interakcí

Existuje mnoho metod⁴ pro testování a vyhodnocování designu uživatelských prožitků a interakcí. Odborníci v oblasti použitelnosti a designu zaměřeného na uživatele využívají tyto metody pro shromažďování informací o uživateli, pro analýzu potřeb, pro vytváření návrhových řešení, pro měření účinnosti, efektivitu a spokojenosti uživatelů. S rozvojem nových technologií a metod pro výzkum použitelnosti a UX neustále roste úroveň a integrita shromažďovaných metrik, což vede k lepšímu a podrobnějšímu pochopení uživatelského chování (Çakar et al., 2017). Žádná existující metoda hodnocení však nemůže být použita pro všechny účely. Každá metoda má své silné a slabé stránky (Hartson et al., 2012), proto je důležité v závislosti na okolnostech, účelu a cílech zvolit vhodnou metodu testování a hodnocení (Hartson et al., 2012). K dosažení lepšího výsledku se často metody kombinují a vznikají tak nové metodiky hodnocení. Molnár et al. (2012) ve své práci uvádějí: „Při výzkumu je vhodné používat jak kvalitativní, tak kvantitativní přístupy. Omezení na jeden ze dvou uvedených přístupů sebou nese riziko, že opomineme některé důležité aspekty zkoumaného problému.“ Metodologická triangulace kombinuje nejméně dvě metody (Pavlica a kol., 2000).

V literatuře není vždy zcela jasné, do jaké oblasti UX danou evaluační metodu zařadit. Často se metody prolínají a dají se použít ve všech oblastech hodnocení uživatelských prožitků a interakcí. Roto et al. (2009) se snažili kategorizovat metody hodnocení UX z akademického a průmyslového hlediska. Bevan (2009) se zamýšlel nad rozdíly mezi hodnocením UX a použitelností. Došel k závěru, že lze rozlišovat mezi metodami použitelnosti, jejichž cílem je zlepšit lidský výkon, a metodami UX, které mají za cíl zlepšit spokojenost uživatelů s dosažením pragmatických i hédonických cílů.

Hodnocení kvality uživatelského rozhraní je důležitou součástí návrhového procesu, protože poskytuje zpětnou vazbu vývojářům, designérům, odborníkům na UX, kteří mohou návrh poté opravit nebo vylepšit (Preece et al., 2011; Robert a Lesage, 2012; Johnson, 2014). Hodnocení by mělo probíhat již v nejranějších fázích projektu (Preece et al., 2011). Pastushenko et al. (2019) ve své práci zmiňují, že principy pro tvorbu designu nemusí být použitelné obecně, ale prvky uživatelského rozhraní by měly být upraveny podle požadavků zvoleného typu rozhraní a podle požadavků uživatelů, kteří ho budou používat.

⁴ Podrobný popis metod pro testování a vyhodnocování UX a použitelnosti není kvůli svému rozsahu předmětem této disertační práce. Podrobnější informace o dalších metodách jsou uvedeny například v knižních publikacích Preece et al., 2002; Hartson et al., 2012; Lazars et al., 2017 nebo v odborných článcích Roto et al., 2009; Bevan, 2009 aj.

Rozdíl mezi hodnocením HCI a UX, spočívá v tom, že v prvním případě je kvalita systému hodnocena z hlediska užitečnosti, efektivity a použitelnosti, kdežto v hodnocení UX se jde hlouběji a hodnocení zahrnuje také smysl, estetiku a emoce (Robert a Lesage, 2012). Při vyhodnocování UX se čelí nejméně třem výzvám (Robert a Lesage, 2012):

- Jak vyhodnotit UX pro systém, který ještě neexistuje – ve fázi kdy existuje pouze koncepce systému, neinteraktivní maketa nebo nízkoúrovňový prototyp?
- Jak vyhodnotit UX ve střednědobém a dlouhodobém horizontu? Protože UX se neustále vyvíjí s časem.
- Zprůměrované hodnocení pochází od různých lidí – nikdo nenavrhuje produkt pro jednoho uživatele, takže musí existovat způsob, jak agregovat několik hodnocení.

Hodnocení může být formativního nebo sumativního charakteru (Hartson et al., 2012). *Formativní hodnocení* zahrnuje sběr dat a informací během procesu vývoje, pomáhá vytvořit návrh, je primárně diagnostické. Má za cíl identifikovat chyby a nedostatky v návrzích UX za účelem jejich dalších zlepšení. Je hodnocením průběžným. Ve srovnání s většinou forem sumativního hodnocení mohou být časově a pracovně náročnější, protože se více spoléhají na kvalitativní metody. *Sumativní hodnocení* má za cíl určit hodnotu nebo dopad úrovně kvality návrhu. Je zpravidla hodnocením konečným.

Nejčastěji hodnocenou vlastností systému je použitelnost systému. Testování použitelnosti se ve většině případů provádí pomocí vytvořených specifických a standardizovaných úkonů, které musí testovaný uživatel v rozhraní vykonat (Cooper et al., 2007). Pro ověření použitelnosti se používají různé metody hodnocení, některé z nich jsou popsány v následujících kapitolách.

4.3.1 Uživatelské testování (User Testing)

Uživatelské testování použitelnosti je metoda, pomocí které se studuje, jakým problémům čelí reální uživatelé při používání konkrétního produktu (Krug, 2010). Je to nejpoužívanější metoda pro kontrolu použitelnosti. Metoda se zaměřuje na úkony prováděné uživatelem. Jedná se o iterační proces, doporučuje se proces testování opakovat (Preece et al., 2002; Krug, 2010; Hartson et al., 2012). Participantů musí být pečlivě vybráni, měli by to být běžní uživatelé, kteří budou pravděpodobně využívat testované webové stránky,

system nebo produkt. Každý uživatel je jiný, má jiné myšlení a mnohdy dojde při testování k interakcím, které by designera ani nenapadly. Průběh testování se zaznamenává formou videonahrávky, audionahrávky, písemným zápisem nebo jejich kombinací.

Proces uživatelského testování se obvykle skládá z několika kroků:

1. Definování cíle testování a cílové skupiny
2. Příprava scénáře testování a výběr vhodných metod – stanovení rozsahu testování, co se bude testovat, jaké metody budou použity. Doporučuje se, aby počet testovaných úkolů neměl více než 12 položek.
3. Výběr a nábor participantů – dle Krugra (2010) stačí pro první testování tři účastníci, lze tak zjistit nejzávažnější problémy.
4. Realizace uživatelského testování – participant plní zadané úkoly, sleduje se jejich chování a další měřitelné charakteristiky (četnost chyb, úspěšné splnění úkolu, doba zpracování úkolu atd.). Dále záleží, jaké metody jsou při testování použity – testování může probíhat za přítomnosti moderátora nebo bez, participant při provádění úkolů může mluvit nahlas nebo provádí úkoly bez hlasových projevů atd. Celé testování je nahráváno a pozorovatel průběžně zapisuje své postřehy během testování.
5. Vyhodnocení získaných materiálů a dat.
6. Vytvoření závěrečné zprávy – report obsahuje seznam testovacích úkonů a popis nalezených chyb a problémů, které byly testováním zjištěny.

4.3.2 Heuristická analýza (Heuristic Evaluation)

Heuristická analýza je metoda hodnocení UX zahrnující odbornou kontrolu řízenou sadou heuristik. Přičemž heuristika je neformální zásada, orientační pravidlo nebo zobecněná směrnice o designu interakce (Hartson et al., 2012). Na základě testování a vědeckých výzkumů vznikla řada obecně platných pravidel použitelnosti a přístupnosti internetových prezentací a aplikací, jako např.

- úvodní stránka by měla obsahovat hlavní informace o webových stránkách, k jakému účelu stránky slouží;
- ze všech podstránek by se měl uživatel dostat zpět na úvodní stránku (například řešeno odkazem umístěným na logu společnosti v levém horním rohu webových stránek nebo drobečkovou navigací);

- uživatel by měl mít informaci, kde se právě na webu nachází;
- některé prvky webu jako je logo, vyhledávání, navigace by měly být na všech podstránkách na stejném místě, aby uživatel nebyl zmaten;
- a další.

Metoda spočívá v porovnávání současného stavu uživatelského rozhraní s obecně známými platnými pravidly použitelnosti. Metoda vhodná pro začátečníky v hodnocení UX, je nenákladná a intuitivní. Obsahuje pravidla, která je důležité dodržovat při vytváření návrhů, aby systémy byly použitelné. Hodnotitelé jsou odborníci na použitelnost, kteří samostatně procházejí prvky uživatelského rozhraní a všímají si, zda systém splňuje náležitosti použitelnosti. Výstupem heuristického testování použitelnosti je zpráva, která popisuje nalezené chyby ve funkčnosti a navigaci systému a navrhuje doporučení, jak tyto chyby nejlépe odstranit. Heuristickou analýzu je vhodné provádět dříve než uživatelské testování. Metoda pomáhá odhalit základní nedostatky uživatelského rozhraní a vymezit potenciální problémy, které je vhodné podrobit uživatelskému testování (Nielsen a Mack, 1994).

Nielsen (1993) stanovil deset základních heuristik testování použitelnosti:

1. **Viditelný stav systému** – systém by měl vždy uživatele informovat pomocí vhodné zpětné vazby, co se v něm odehrává.
2. **Soulad mezi systémem a skutečným světem** – komunikace systému s uživatelem by měla být uživatelsky přívětivá, ve srozumitelném jazyce a bez odborných termínů.
3. **Uživatelská kontrola a svoboda** – uživatelé by měli mít příležitost v situaci, kdy omylem udělají chybu nebo zvolí jinou možnost, než chtěli, opustit tento stav nebo se vrátit zpět bez nutnosti zdlouhavého hledání. Systém by měl podporovat funkce vpřed a zpět.
4. **Konzistence** – pojmy a akce by měly vždy znamenat totéž, na všech místech by měly být stejné.
5. **Prevence chyb** – systém by měl být navržen tak, aby vyloučil chybné kroky.
6. **Rozpoznání místo vzpomínání** – minimalizovat množství operací, které si uživatel musí zapamatovat. Systém by měl být intuitivní.
7. **Flexibilní a efektivní použití** – pokročilí uživatelé by měli mít možnost zrychlit jejich práci například pomocí klávesových zkratk.

8. **Estetický a minimalistický design** – dialogy by neměly obsahovat nepodstatné informace, které jsou zřídka použity. Každá irelevantní informace odvádí pozornost uživatele a snižuje relativní viditelnost podstatných informací. Uživatelé by neměli být zatěžováni redundantními informacemi.
9. **Pomoc uživateli poznat, pochopit a vzpamatovat se z chyb** – zprávy informující o chybách by měly být vyjádřeny v běžném jazyce (bez kódů nebo čísel chyb), přesně popsat problém a navrhnout řešení situace.
10. **Nápověda a návody** – pokud musí uživatel použít nápovědu, měl by ji snadno najít a měla by být stručná a názorná.

4.3.3 Eye-tracking

Metoda eye-tracking využívá oční kameru tzv. eye-tracker, která zaznamenává pohyb očí účastníka experimentu během doby, kdy řeší zadaný úkol ve statických nebo dynamických mediích (webové stránky, dokument, leták, video, fyzické produkty). V laboratorním použití je eye-tracker připojen k počítači, může být, ale také zabudován do speciálních brýlí, které se využívají v rámci terénního výzkumu. Využívání tohoto zařízení pro účely výzkumu je založeno na předpokladu, že člověk pomocí sensorického systému (smyslů) zjišťuje informace z vnějšího světa, aby s nimi mohl vědomě či podvědomě pracovat (Russo, 2011; Brunyé a Gardony, 2017). Pomocí eye-trackeru mohou být sledovány dva základní pohyby očí – fixace, kdy se oko zaměřuje na určitý bod a zůstává po nějakou dobu ve stabilní pozici a sakády, rychlý pohyb oka při přesunu od jedné fixace k druhé (Holmqvist et al., 2015). Dle Holmqvista et al. (2015) jsou informace vnímány a zpracovány pouze během fixací. Na fixacích a sakádách je založena většina eye-trackingových metrik (Holmqvist et al., 2015), jejich kombinací jsou vytvářeny metriky další. Jako příklad lze uvést měření celkové doby čtení (součet doby fixací a sakád) nebo se zjišťují způsoby čtení zobrazených informací (Holmqvist et al., 2015). Eye-trackingem lze měřit také počty mrknutí oka, nebo změny v šířce očních zorniček (Brunyé a Gardony, 2017).

Jaká metrika se použije vždy záleží na konkrétních cílech zamýšleného výzkumu (Lai et al., 2013). Data získaná eye-trackingem lze vyhodnocovat různými způsoby, od exportování hodnot různých metrik (např. počty fixací nebo sakád) až po různé statické či dynamické vizualizace toho, na co participant zaměřuje svou pozornost (Holmqvist et al., 2015). Nejčastěji jsou používány vizualizace v podobě:

- *heat maps* (teplotní mapa), jedná se o vyobrazení fixace pohledu na objekt/text/scénu pomocí barevné škály ve zkoumané oblasti (Obrázek 11). Většinou se používá škála od zelené (fixace probíhala krátkou dobu) po červenou (fixace byla nejdelší).



Obrázek 11: Heat maps (Zdroj: vlastní zpracování)

- *gaze plots* – zobrazují posloupnost a polohu fixací (bodů) na statickém médiu nebo dynamickém médiu. Velikost bodů označuje dobu fixace (čím větší bod, tím probíhala fixace déle) a čísla uvnitř bodů udávají pořadí, jak fixace očí probíhaly (Obrázek 12).



Obrázek 12: Gaze plots (Zdroj: vlastní zpracování)

- *clusters* – jsou grafická znázornění oblastí s vysokou koncentrací datových bodů pohledu (Obrázek 13). Oblast si lze vymezit nastavením parametrů v příslušném software pro zpracování dat získaných z eye-trackingu. Tento typ vizualizace lze použít k výpočtu shluků nezpracovaných dat pohledu, které označují oblasti zájmu, nebo podobně jako u heat maps zobrazují oblasti s vysokou hustotou fixace (User's manual Tobii Studio, 2016).



Obrázek 13: Clusters (Zdroj: User's manual Tobii Studio, 2016)

V kvantitativních studiích, které se zabývají sledováním očních pohybů, výzkumníci agregují chování při sledování u velkého počtu účastníků. Výsledkem bývají teplotní mapy a různé metriky dle záměru výzkumu (například průměrný počet fixací na konkrétní prvek v rozhraní). V kvalitativních studiích vědci analyzují chování jednotlivců prostřednictvím gaze plots a přehráváním jednotlivých pohledů uživatele.

Vizualizace pomáhají ilustrovat výsledky ve výzkumných zprávách a prezentacích pro zákazníky. Pomocí této metody se zjišťuje, kam a jak dlouho se uživatelé na statické nebo dynamické medium dívají, jaká je posloupnost jednotlivých pohledů, jakým způsobem nahlíží na uspořádání stránky a umístění jednotlivých položek, které ovlivňují jejich pozornost. Používá se například pro zjištění, kam nejvhodněji umístit důležitý text, reklamu apod. Hlavní výhodou eye-trackingu je získávání dat v reálném čase, kdy fixace přímo korelují s tím, jak člověk s informacemi kognitivně pracuje (Orquin a Mueller Loose, 2013). Eye-

trackingem lze také získat dostatečně přesné výsledky, protože lidské oko je orgán, který nelze plně ovládat vůlí (Holmqvist et al., 2015).

K analýze, vyhodnocení, vizualizaci a prezentaci dat získaných z očních pohledů se používá například software Tobii Studio. Umožňuje provádět různé studie, od testování použitelnosti a průzkumu trhu až po psychologické a okulárně-motorické fyziologické experimenty.

4.3.4 Dotazníky (Questionnaires)

Dotazníkové šetření je kvantitativní metoda, která slouží ke sběru dat pomocí seznamu otázek, které jsou rozesílány nebo osobně sděleny vybrané skupině uživatelů. Výhodou dotazníků je nízká časová a finanční náročnost, lze je opakovaně použít, mohou být anonymní, lze pomocí nich provádět statistické analýzy dat. Je to nástroj k posouzení subjektivní spokojenosti uživatele s rozhraním (Soken et al., 1993). Dotazníky se snadno vytvářejí a spravují, ale je třeba věnovat pozornost formulacím a možnostem odpovědí na otázky, posloupnosti, délce, rozvržení a designu. Dotazníky mohou být použity samostatně, ale častou jsou používány v kombinaci s jinými metodami, jako je například pozorování.

Je několik typů dotazníků, například pro hodnocení použitelnosti mohou být používány dotazníky *QUIS* (Questionnaire for User Interface Satisfaction) nebo *SUS* (System Usability Scale). *QUIS* je jeden z prvních dostupných dotazníků spokojenosti uživatelů pro hodnocení použitelnosti. Hodnocení pomocí *QUIS* se využívá při navrhování nebo přepracování systémů, nebo při hodnocení použitelnosti (Wallace et al., 1988). Původní dotazník měl 27 otázek (Tullis et al., 2004).

Dalším známým dotazníkem je *SUS*. Název dotazníku *SUS* by se do českého jazyka dal přeložit jako stupnice použitelnosti systému. *SUS* obsahuje 10 otázek, které mají pro odpovědi pětibodovou Likertovou stupnici (rozhodně souhlasím, souhlasím, nevím, nesouhlasím a rozhodně nesouhlasím). Otázky jsou prezentovány jako jednoduchá deklarativní prohlášení. Střídají se pozitivně formulované otázky s negativně formulovanými, aby se zabránilo rychlým odpovědím. Dotazník umožňuje hodnotit širokou škálu produktů a služeb, včetně software, mobilních zařízení, webových stránek a aplikací (Brooke, 1995).

4.3.5 Verbální protokoly (Thinking-Aloud Protocol)

Verbální protokoly jsou uznávanou observační metodou při zkoumání behaviorálních, kognitivních a afektivních procesů v momentě, kdy člověk řeší určitý problém (Branch, 2000). Účastníci při/po plnění úkolu verbalizují to, co dělají, vysvětlují své záměry, co mají v úmyslu udělat, své motivace, důvody, proč provádějí nějakou konkrétní akci a jak ji provedou. Tato metoda může být použita k posouzení emočního dopadu, protože pocity jednotlivce jsou vnitřní záležitostí, a to je to, k čemu metoda umožňuje přístup. Touto metodou jsou běžně testovány prototypy s nízkou nebo vysokou věrností, může být také použita k hodnocení fyzických produktů, které vyžadují montáž apod.

Ericsson a Simon (1993) definovali dva hlavní typy verbálních protokolů:

- *Souběžné přemýšlení nahlas* (CTA – Concurrent Think-Aloud) - účastník výzkumu verbalizuje, co, proč a jak dělá během plnění úkolu.
- *Retrospektivní přemýšlení nahlas* (RTA – Retrospective Think-Aloud) - účastník výzkumu dokončí činnost bez slovního komentáře, aktivita účastníka se zaznamenává pomocí videa nebo eye-trackingu. Účastník poté popisuje, co, proč a jak během plnění úkolu dělal.

4.3.6 Průchody návrhem (Walkthroughs)

Průchod návrhem je snadná a rychlá metoda hodnocení, kterou lze použít téměř v jakékoli fázi. Velice efektivní je v návrhové fázi, dříve, než je vytvořen prototyp (Bias a Mayehew, 2005). Metoda Walkthroughs je alternativním přístupem k heuristické analýze (viz kapitola 4.3.2) pro predikci uživatelských problémů bez použití uživatelského testování. Průchody návrhem jsou velice cílené, proto jsou vhodné pro hodnocení malých částí systémů (Preece et al., 2002). Jsou dva typy průchodů návrhem kognitivní a plurativní průchod.

4.3.6.1 Kognitivní průchod (Cognitive Walkthrough)

Metoda kognitivního průchodu je používána k identifikaci problémů s použitelností v interaktivních systémech bez zpětné vazby uživatelů. Tým expertů (nejsou to uživatelé) prochází návrh uživatelského rozhraní, plní úkoly a hodnotí cesty (průchody) zadaných úkolů (Nielsen, 1994). Simulují myšlenkový proces uživatele a snaží se předvídat problémy, které by uživatelé mohli mít při používání systému (Lewis, et al., 1990, Hartson et al., 2012). Následně jsou jednotlivé kroky analyzovány a výsledky jsou použity k vylepšení software nebo produktu (Lewis, et al., 1990, Hartson et al., 2012). Tato metoda se používá ve fázi plánování, vývoje, nebo ve fázi nasazení.

4.3.6.2 Plurativní průchod (Pluralistic Walkthrough)

Tato metoda je podobná metodě kognitivního průchodu. Používá se ve fázi plánování, kdy se sejde skupina uživatelů, vývojářů a odborníků z oblasti použitelnosti, kteří společně prochází sadou scénářů, diskutují a hodnotí každý prvek interakce se systémem (Nielsen and Mack, 1994; Bias a Mayehew, 2005).

4.3.7 A/B testování (Alpha and Beta Testing)

Tato metoda je také někdy nazývána metoda více variant. Umožňuje porovnávat různé verze návrhu rozhraní a zjistit, která z nich lépe odpovídá určenému cíli. I když je výhodné měřit, který návrh generuje lepší výsledky, nelze pomocí A/B testování pochopit, proč byl návrh upřednostňován před alternativou. A/B testování nenahrazuje kvalitativní metody, které mohou posoudit požadavky a potřeby uživatelů, mělo by být vždy doplněno kvalitativní metodou, která pomůže získat hlubší pochopení toho, co uživatelé skutečně chtějí. Při testování se participantů rozdělí do dvou skupin. Jedné skupině je zobrazená Alfa verze, což je většinou ranější verze produktu a druhé polovině verze Beta, která se přibližuje konečnému produktu (Hartson et al., 2012). Tato metoda je využívána například při testování rozložení komponent webové stránky, vzhledu prvků na webových stránkách, umístění reklam nebo důležitých sdělení na stránce atd. A/B testování je řazeno mezi jednoduchý a levný způsob, jak získat zpětnou vazbu (Bias a Mayehew, 2005; Hartson et al., 2012).

4.3.8 Brainstorming

Jedná se o spontánní diskuzi, která by měla být zaměřená na určité téma nebo problém. Brainstormingu se účastní nejméně dva lidé, ale většinou se setkává větší počet lidí s různými pracovními zkušenostmi. Cílem je vytvářet co nejvíce tvůrčích myšlenek, konceptů, nápadů a nalézt řešení konkrétního problému. Kvantita, nikoli kvalita, je cílem brainstormingu (Wilson, 2013). Primárním kritériem pro úspěch brainstormingu je počet vytvořených nápadů (Wilson, 2013). Nápady by měly být kreativní, logické bez kritického hodnocení. Metoda se nejčastěji používá v raných fázích vývoje produktu, při hledání optimálních postupů, při řešení konkrétních problémů a při návrhu architektury UI (Hartson et al., 2012).

4.3.9 Rozhovor (Interview)

Rozhovory jsou základní výzkumnou metodou pro přímý kontakt s participanty. Výzkumník podrobně diskutuje s uživatelem o daném produktu a zjišťuje jeho názory, zkušenosti, jak vnímá produkt. Rozhovor je vlastně diskuse mezi jedním tazatelem a jedním dotazovaným (Nielsen, 1993). Během rozhovoru tazatel pokládá dotazovanému otázky, dotazovaný odpovídá a tazatel odpovědi zaznamená. Rozhovory jsou často jednou ze složek výzkumné strategie využívající doplňkové metody, jako jsou dotazníky nebo pozorování, k ověření dat shromážděných jinými způsoby. Mohou být například nestrukturované, strukturované, polostrukturované nebo skupinové.

4.3.9.1 Nestrukturovaný rozhovor

Tazatel nemá přesně stanovený postup a nezabývá se žádnými konkrétními aspekty systému, dalo by se říct, že jsou to spíše konverzace o konkrétním tématu (Preece et al., 2002). Výhodou nestrukturovaných rozhovorů je, že generují velké množství dat. Dotazovaní uživatelé často zmiňují informace, na které se tazatel ani neměl v úmyslu zeptat. To může vést k cenným informacím, které je nutno dále prozkoumat (Preece et al., 2002).

4.3.9.2 Strukturovaný rozhovor

Strukturované rozhovory mají předem stanovený postup s konkrétními otázkami (Preece et al., 2002). Používá se, když je jasný cíl studie a konkrétně definované otázky. Většinou jsou pokládány uzavřené otázky, což znamená, že vyžadují přesnou odpověď (Preece et al., 2002). Jsou lépe časově i obsahově kontrolovatelné a snadněji se analyzují.

4.3.9.3 Skupinový rozhovor

Jedna z forem skupinového rozhovoru je tzv. Focus Group neboli skupinová diskuse, které se většinou účastní 3-10 participantů, kteří prostřednictvím diskuse na konkrétní téma poskytují verbální nebo písemnou zpětnou vazbu (Preece et al., 2002; Hartson et al., 2012). Diskuse je většinou moderovaná výzkumníkem, který skupině uživatelů pokládá připravené otázky a snaží se zjistit jejich názory. Výzkumný pracovník by měl umět zmírnit riziko v případě například dominantních rozhovorů, kdy jednotlivec ovlivňuje ostatní. Diskuse se zaznamenávají na kameru, poté se analyzují a je sepsána závěrečná zpráva s výsledky vyplývajícími ze skupinové diskuse. Tato metoda se často používá v marketingu, v politických kampaních a sociálně výzkumech (Preece et al., 2002).

4.3.10 Tvorba uživatelských profilů (Persony)

Uživatelské profily neboli persony jsou fiktivní reprezentanti potenciálních uživatelů. Jsou vytvořeny na základě předchozího výzkumu z reálných dat o uživateli (Krug, 2010; Barnum et al., 2021). Uživatelské profily zastupují různé typy uživatelů, kteří mohou produkt nebo systém používat. Vytváření person pomáhá pochopit potřeby, vzorce chování, cíle, zkušenosti a různorodost uživatelů (Krug, 2010). Persony nepopisují skutečné osoby a jejich chování, jsou složeny na základě reálných údajů získaných od více uživatelů (Pruitt et al., 2003; Krug, 2010; Hartson et al., 2012; Barnum et al., 2021).

Tvorbu person lze rozdělit do čtyř skupin (Krug, 2010):

- *Persony zaměřené na cíl* – zkoumá se proces a pracovní postup, který by uživatel nejspíše upřednostňoval, aby dosáhl svých cílů při interakci s produktem.
- *Persony založené na rolích* – také se zaměřuje na uživatelský cíl, ale navíc se zaměřuje i na chování uživatele.
- *Persony s poutavým příběhem* – persony, jejichž příběhy mají schopnost vyvolat zapojení a pochopení uživatelů. Prostřednictvím pochopení postav a jejich příběhů je možné vytvořit realistický popis fiktivních osob.
- *Fiktivní persony* – tento typ není založen na reálných datech z průzkumu uživatelů, ale vychází ze zkušeností UX návrháře či týmu UX designérů. Vytváří se předpoklady uživatelských profilů, které jsou založené na minulých interakcích s uživateli a produkty.

Vytváření person má několik procesních částí (Krug, 2010; Barnum et al., 2021):

- sběr a analýza dat z uživatelského průzkumu,
- popis person,
- vytvoření uživatelských scénářů,
- zapojení person do procesu návrhu pomocí scénářů.

Počet person by měl být omezen – na tři až pět pro každý projekt, aby bylo zachováno zvládnutelné zaměření návrhu a zabránilo se zacílení na extrémně odlehlé hodnoty (Hanington et al., 2019).

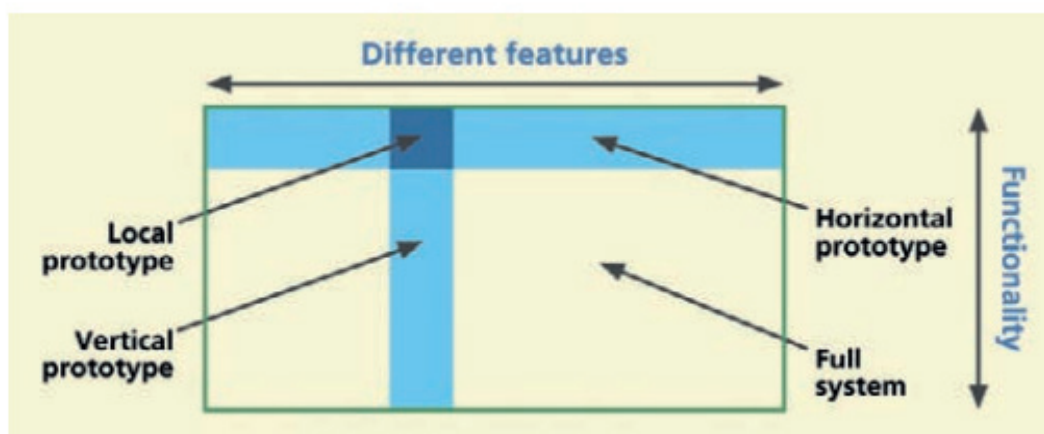
4.3.11 Tvorba modelu (Prototyping)

Prototypování neboli tvorba modelu se používá pro různé účely během vývoje, včetně marketingových prezentací a hodnocení (Preece et al., 2002). Dalo by se říct, že prototyp je vlastně reprezentací designu, takže když se vytváří návrh a jeho prezentace, vytváří se prototyp (Hartson et al., 2012). Prototyp je ranou verzí systému, kterou lze vytvořit mnohem rychleji, je méně nákladná, lze ji hodnotit, získat zpětnou uživatelskou vazbu a zdokonalovat (Preece et al., 2002; Hartson et al., 2012). Myšlenkou prototypů je poskytnout rychlý a snadno měnitelný raný pohled na předpokládaný interakční design (Hartson et al., 2012). Prototyp webových stránek například řeší rozmístění prvků na stránce, jejich funkčnost a provázanost. Pomocí prototypů se vyhodnocuje, zda je nápad realizovatelný, nebo zda nezhodnotit jiné alternativy, co funguje a co naopak nefunguje, představuje kreativní znázornění myšlenek do hmatatelné podoby, používá se pro základní testování konceptů designéry, klienty nebo potenciálními uživateli.

4.3.11.1 Typy prototypů

Horizontální modely neboli *Mock-ups* poskytují podrobný náhled na celý systém, zaměřují se spíše na uživatelské interakce než na nízkoúrovňovou funkčnost systému (Nielsen, 1993; Hom, 1998; Hartson et al., 2012). *Vertikální modely* obsahují větší hloubku funkčnosti v dané fázi vývoje, ale pouze pro úzkou šíři funkcí (Nielsen, 1993; Hartson et al., 2012). Zaměřují se na konkrétní funkcionalitu nebo část systému. Koncept horizontálního a vertikálního prototypování znázornil Nielsen (1993) na Obrázku 14. Je zde znázorněn také T model prototypu, který kombinuje výhody horizontálního i vertikálního směru a nabízí

kompromis pro hodnocení celého systému (Hartson et al., 2012). Oblast, kde se horizontální a vertikální řezy protínají, se nazývá „*Local prototype*“, protože hloubka i šířka je omezena na velmi lokalizovaný problém návrhu interakce (Nielsen, 1993). Lokální prototyp se používá k vyhodnocení alternativ návrhu pro konkrétní izolované detaily interakce, jako je vzhled ikony, znění zprávy nebo chování jednotlivé funkce (Hartson et al., 2012). Používají se nezávisle na jiných prototypech a mají velmi krátkou životnost.



Obrázek 14: Koncept horizontálního a vertikálního prototypování (Zdroj: Nielsen, 1993)

Prototypy návrhu mohou být definovány také úrovní jejich věrností zpracování. Méně přesné modely se využívají v raných procesech, jsou to koncepční skici nebo story boardy. Slouží jako kontrola pro interní vývojový účel. Jsou vynikajícím nástrojem pro včasné testování, zpětnou vazbu a případné iterativní změny (Hanington et al., 2019). Prototypy s vysokou věrností představují vzhled konečného produktu. Používají se v pozdějších procesech.

4.3.12 Model GOMS

GOMS model byl navržen Cardem et al. (1983). Tato metoda je široce používaná mezi specialisty na použitelnost a mezi návrháři počítačových systémů, protože poskytuje kvantitativní a kvalitativní odhady toho, jak budou lidé interagovat se systémem. Uživatelé provádí určité kroky (cíle), kterým je přiřazen konkrétní čas provedení. Pokud existuje více než jeden způsob, jak dosáhnout cíle - tj. jsou k dispozici alternativní metody – musí být pro rozhodování mezi nimi použito pravidlo výběru (Card et al., 1983). Model GOMS se skládá ze čtyř komponent: cílů (*Goals*), operátorů (*Operators*), metod (*Methods*) pro dosažení cílů

a pravidel výběru (*Selections rules*) pro selekci mezi konkurenčními metodami pro dosažení cílů (Card et al., 1983; John et al., 1999, Rim et al., 2017). GOMS není určen pouze pro lidské chování, ale může být použit k určení chování zvířat nebo inteligentních zařízení (Freed et al., 2000). Nevýhodou modelu je, že platí jen pro zkušené uživatele, nezohledňuje chyby, psychickou zátěž, osobnost uživatele, fyzická omezení, neřeší funkčnost systému. Předpokládá, že všichni uživatelé jsou úplně stejní.

4.3.13 Shrnutí vybraných metod k hodnocení uživatelských prožitků a interakcí

Pomocí každé z výše uvedených metod lze lépe porozumět a vcítit se do chování uživatele a v důsledku poznání uživatele je poté možné vytvářet smysluplnější a použitelnější produkty. V následující tabulce (Tabulka 1) jsou vybrané metody kategorizovány dle několika užitečných aspektů testování:

- Dle charakteru výstupních dat – kvantitativní / kvalitativní.
- Dle účel metody na:
 - generativní metodu – pomocí této metody se vytváří koncept,
 - průzkumnou metodu – zkoumá se potenciální oblast tvorby produktu,
 - hodnotící metodu – hodnotí se, zda produkt plní svou funkci.
- Dle toho, v jaké fázi vývoje je metoda použita.

Metoda	Výstupní data	Účel metody	Použití ve fázi*
A/B testování	Kvantitativní	Hodnotící	5
Brainstorming	Kvalitativní	Generativní	1,2,3
Dotazníky	Kvantitativní Kvalitativní	Průzkumná Hodnotící	1,2,4,5
Eye-tracking	Kvantitativní	Hodnotící	3,4,5
Heuristická analýza	Kvantitativní Kvalitativní	Hodnotící	3,4,5
Model GOMS	Kvantitativní Kvalitativní	Hodnotící	3,4
Persony	Kvalitativní	Generativní	1,2
Prototypování	Kvalitativní	Generativní Hodnotící	3,4
Průchody návrhem	Kvalitativní	Hodnotící	1,2,3,5
Rozhovory	Kvalitativní	Průzkumná Generativní Hodnotící	2,3,4,5
Uživatelské testování	Kvantitativní Kvalitativní	Hodnotící	1,2,3,4,5
Verbální protokoly	Kvantitativní Kvalitativní	Hodnotící	3,4

*1- plánování (definice parametru projektu), 2 – ujasňování představ, 3 – vývoj (generování konceptu a raná iterace prototypu), 4 – stabilizace (zdokonalení a výroba založená na iterativním testování), 5 – nasazení, vyhodnocení (zjišťování kvality designu, připravenost pro trh a veřejné použití)

Tabulka 1: Kategorizace vybraných metod dle výstupních dat, účelu a použití

4.4 Přístupy k hodnocení UI v inteligentních a adaptivních prostředích

Mnoho přístupů se snaží definovat, jak by mělo být inteligentní prostředí navrženo a hodnoceno. V raných evaluačních přístupech se neřeší hodnocení vlastního chování adaptivního inteligentního systému, řeší se jen chování systému, které je řízeno uživatelem (Stary a Totter, 1997). Povaha interakcí v inteligentním prostředí se posouvá od explicitních interakcí k implicitním, zahrnuje nové metody interakce a rozšiřuje se od interakcí jeden na jednoho k interakcím mezi více subjekty (Stephanidis et al., 2019).

Abwod et al. (2000) a Jameson (2003; 2005) se domnívají, že uživatelský výzkum v inteligentních prostředích by se měl pokusit spíše popsat a detailně rozlišit uživatelské zkušenosti, které pomáhají lidem užívat si, hrát, zůstat v kontaktu s blízkými než vidět interaktivní produkty jako nástroje k provádění práce. Podotýkají také, že takové zkušenosti nemusí mít jasné začátky a konce.

Maulsby et al. (1993) použili k hodnocení prototypu inteligentního agenta metodu Wizard-of-Oz, ve které průvodce (někdo z konstrukčního týmu) simuluje inteligenci systému a komunikuje s uživatelem prostřednictvím skutečného nebo falešného počítačového rozhraní.

Rim et al. (2013; 2017) představili hodnocení použitelnosti adaptivního webového rozhraní, které se zaměřuje na to, jak se uživatelé mohou naučit dosahovat svých cílů. Prezentovali adaptivní webové rozhraní pomocí bayesovského síťového přístupu, aby vyvodili závěry o preferencích uživatelů. Zjistili, že bayesovské sítě mohou být použity k reprezentaci nejistoty v uživatelském modelování (Nguyen, 2009) a mohou být účinné při diagnostice uživatelských preferencí. Rim et al., (2017) používají k vyhodnocení adaptivního webového rozhraní model GOMS (viz kap. 4.4.12).

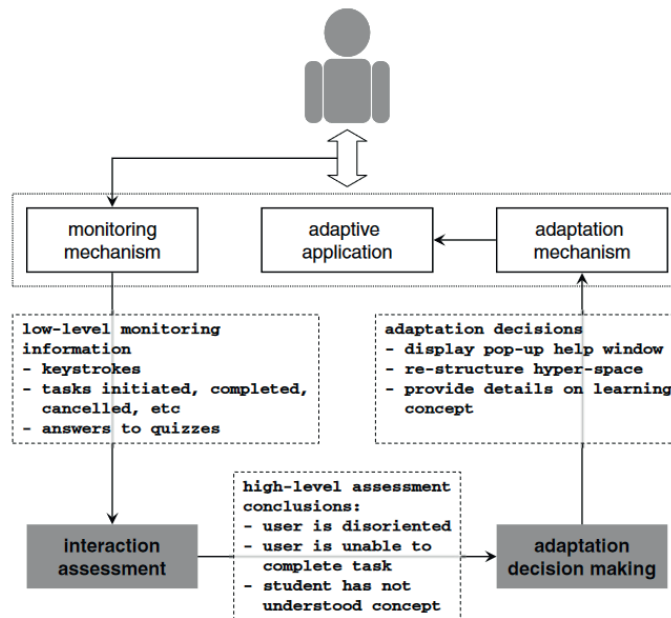
Vega-Barbas et al. (2017) ve svém výzkumu definovali sadu interakčních návrhových vzorů pro inteligentní prostředí řešící návrh konkrétního problému (služba, která monitoruje hrající si dítěte v domácnosti). Interakční vzory byly ověřeny koncovými uživateli prostřednictvím neformální diskuze. Výzkumníci dospěli k závěru, že definované vzory jsou adekvátní k pokrytí potřeb návrhu inteligentních prostředí, avšak klíčové pro rozvoji služeb integrovaných v inteligentních prostředí je soukromí, bezpečnost a s tím spojený pocit intimity. Návrhové vzory spolu s konceptem interakce poskytují užitečný způsob, jak popsat řešení běžných problémů použitelnosti nebo přístupnosti v konkrétním kontextu (Borchers, 2001; Schummer et al., 2013). Návrhové vzory umožňuje výzkumníkům a návrhářům dokumentovat modely vztahů, které uživatelům usnadňují pochopení rozhraní a plnění jejich úkolů (Tidwell et al., 2020).

Pavlovic et al. (2020) navrhují používat ke sdělování uživatelských hodnot a scénářů příběhová videa pro zúčastněné strany inteligentního prostředí. Vytvořili proto návrh Aml agenta, který je založen na pěti systémových faktorech. Na kontextu interakce, na údajích, které jsou požadovány v systému, na požadovaných vstupních snímačích, na požadovaném uživatelském vstupu a výstupu. Určili hodnotící rámec, který je založen na třech různých úrovních inteligence vestavěného systému (od nižší po vyšší inteligenci).

De Carolis et al. (2012) se ve své práci zamýšlejí nad rámcem, který rozpozná uživatelské sociální postoje v multimodální interakci v inteligentních prostředích. Ntoa et al. (2021) navrhli framework nazvaný UXIE, který předpokládá hodnocení sedmi základních atributů inteligentního prostředí, jmenovitě se jedná o intuici, nenápadnost, přizpůsobivost, použitelnost, přitažlivost a emoce, bezpečnost a soukromí a akceptaci a osvojení technologií.

Některé přístupy se pokoušejí problém adaptivity řešit dekompozicí procesů a hodnotit jednotlivé části procesu zvlášť, jedná se o tzv. „vrstvené“ hodnocení (layered evaluation) adaptivních systémů (Brusilovsky et al., 2001; Brusilovsky et al., 2006; Paramythis et al., 2010).

Brusilovsky et al. (2001) rozložili hodnocení adaptivity do dvou vrstev (Obrázek 15). Ve vrstvě hodnocení interakcí se vyhodnocuje pouze fáze hodnocení. V této vrstvě jsou kladeny otázky jako: „Jsou závěry vyvozené systémem týkající se charakteristik interakce mezi uživatelem a počítačem platné?“ nebo „Jsou vlastnosti uživatele úspěšně detekovány systémem a uloženy v uživatelském modelu?“ Ve vrstvě rozhodování o adaptaci je hodnoceno pouze adaptační rozhodování. To znamená, že otázka týkající se tohoto problému může znít: „Jsou rozhodnutí o přizpůsobení platná a smysluplná pro vybrané výsledky hodnocení?“

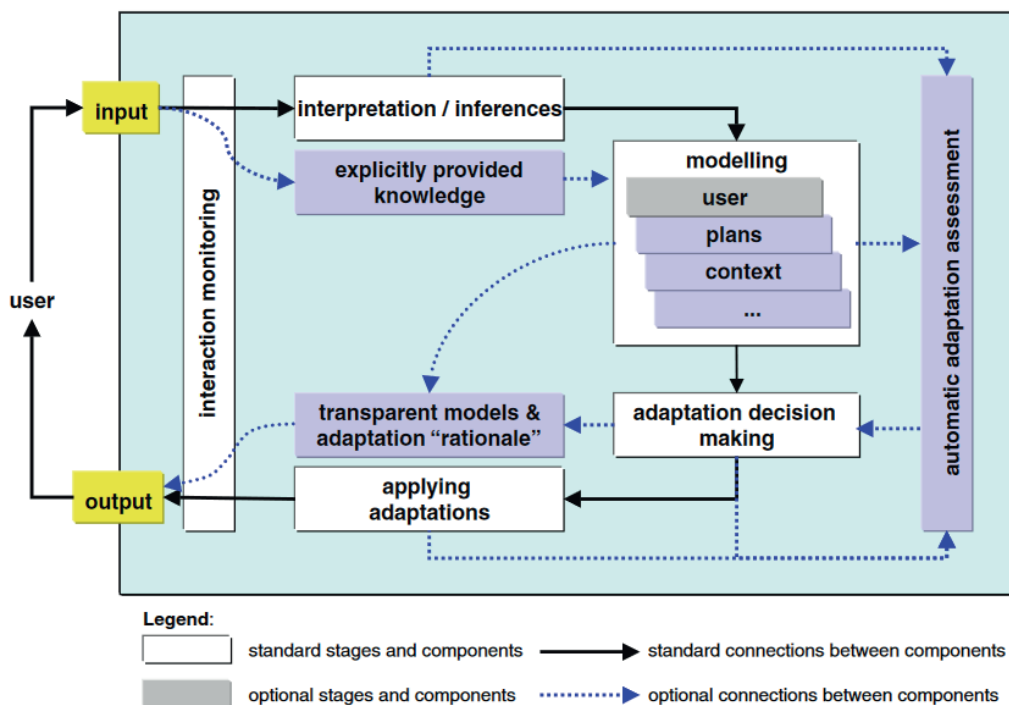


Obrázek 15: Adaptace rozložená do dvou fází na vysoké úrovni: hodnocení interakce a rozhodování o adaptaci (Zdroj: Brusilovsky et al., 2001)

Paramythis et al. (2001) vytvořili rámec, který identifikuje fáze přizpůsobení se v adaptivních uživatelských rozhraních (Obrázek 16). Adaptivní proces rozložili do pěti fází:

- monitorování interakcí,
- interpretace (závěry) vyvozené ze shromážděných vstupních dat,
- modelování uživatelských, kontextových a jiných dynamických modelů nebo statických modelů,
- proces rozhodnutí o adaptaci (např. identifikace produktů, které by mohly uživatele zajímat),
- aplikace adaptačních rozhodnutí do systému (např. zobrazení panelu se seznamem doporučených produktů nebo jejich propagace v seznamu zahrnujícím jiné produkty).

Na základě těchto fází pak rámec pokračuje návrhem hodnotících modulů, které se zabývají hodnocením těchto adaptačních fází izolovaně nebo v kombinaci. Autoři navrhli ke každé jednotlivé fázi/vrstvě vhodnou hodnotící metodu a scénář.



Obrázek 16: Model rozkladu pro „modulární“ vyhodnocení adaptivních uživatelských rozhraní
(Zdroj: Paramythis et al. 2001)

Hodnocení interaktivních adaptivních systémů nebo inteligentních systémů je komplikované a liší se od hodnocení neadaptivních interaktivních systémů. Je to dáno především adaptivitou a důsledky, které má na interakci. Základem hodnotících přístupů například v interakci člověk-počítač je zejména to, že stav a chování interaktivního systému je ovlivněno pouze přímými a explicitními akcemi uživatele (Paramythis et al., 2010). Tento princip však neplatí v adaptivních systémech. Samotným cílem adaptivity je obohatit systém inteligencí, která mu umožní aktivně převzít iniciativu při podpoře aktivit uživatelů na základě informací o uživateli a kontextu interakce, často odvozených z implicitních interakčních podnětů (Paramythis et al., 2010).

Sharp et al. (2019) rozdělili interakce s inteligentním prostředím do čtyř skupin:

- *Interakce s instrukcemi* – tento typ interakce představuje jednoduchou a přímou interakci, která poskytuje rezidentnímu uživateli kontrolu nad obecným chováním prostředí.
- *Konverzační interakce* – jsou založeny na myšlence, že jednotlivec může konverzovat s prostředím stejným způsobem, jakým by mohl navázat dialog s jinou osobou. Na rozdíl od interakce s instrukcemi zahrnují konverzace komunikační model ve dvou směrech, od uživatele k prostředí a od prostředí k uživateli. Používá se k tomu, aby entita mohla získat informace od jiného subjektu, například s cílem dohlížet na činnost nebo přizpůsobit akci potřebám nebo preferencím zúčastněných subjektů.
- *Manipulační interakce* – typ interakce akce-reakce, kde interaktivní prvky zpracovávají uvedenou akci s cílem generovat výsledek na základě potřeb a očekávání uživatele a získat určitou zpětnou vazbu. Objekty v prostředí jsou využívány v rozsahu svých kapacit jako rozhraní, která využívají zkušenosti uživatele s nimi ke zlepšení interakce mezi rezidentním uživatelem a prostředím.
- *Interakce průzkumu* – Tento způsob interakce souvisí se způsobem, jakým se uživatel chová v prostředí a interaguje s prvky v něm umístěnými. Prostředí může analyzovat činnosti, které v něm uživatelé vykonávají, s cílem přizpůsobit své chování a pomoci s jejich výkonem. V případě inteligentních prostředí neexistuje přímá interakce mezi uživatelem a prostředím, pokud si prostředí není vědomo aktuálního kontextu uživatele prostřednictvím senzibilizace jeho činností.

Je důležité si uvědomit, že interakce v inteligentních prostředích zahrnují také interakce mezi věcmi. Z čehož vyplývají další dodatečné otázky týkající se například řešení konfliktů, vnitřní provozuschopnosti a ucelenosti interakcí (Andrade et al., 2017). Systém a systémové problémy je třeba vnímat především prostřednictvím interakce. Pokud se zkoumají jen konkrétní samostatné události a interakce a nenahlíží se na systém jako na celek, nelze zpravidla dojít ke správnému řešení. Problémy nastávají zpravidla v důsledku konfliktních interakcí mezi vzájemně propojenými objekty, službami nebo subjekty. Komplexní systém je nutné vidět jako síť vzájemných vztahů a neopomenout, že proces adaptace je také závislý na čase, protože systém musí získat informace o preferencích, znalostech a potřebách uživatele.

5. Výsledky disertační práce

5.1 Návrh experimentu, realizace a testování prototypu

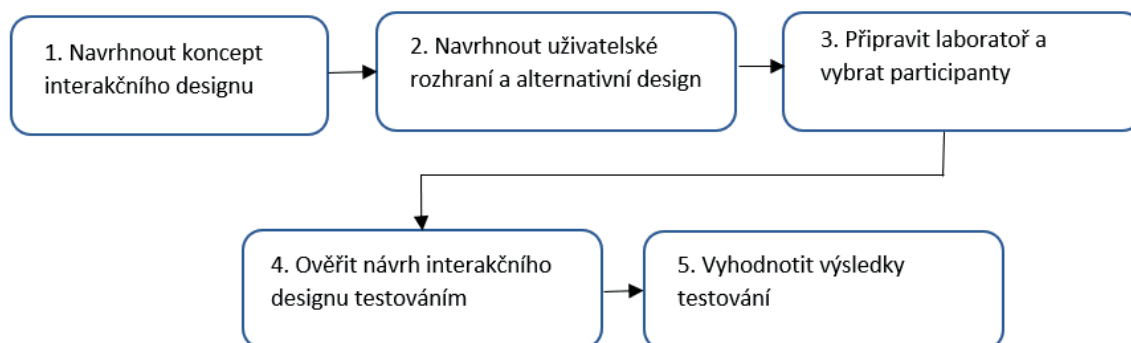
Experiment byl publikován také v (Ander et al., 2022). Proces experimentu je zobrazen na Obrázku 17. V prvním kroku jsem definovala, jak bude systém a jeho jednotlivé části/komponenty fungovat. Navrhla jsem testovací scénář s třemi testovacími případy. Definovala jsem testovací případy (TP), tak aby byly pro participanty jednoduché, srozumitelné a nenávodné. Účastníci si měli představit situaci, že přijdou dovnitř svého obydlí, ve kterém svítí červeného světlo, což znamená, že něco není v pořádku s hlasovým ovládacím systémem jejich bytu/domu. Přistoupili tedy k ovládací centrální jednotce AmI s dotykovým LCD displejem (např. tablet, telefon) a měli:

TP1: Zjistit jaký je problém s ovládacím systémem.

TP2: Podívat se jaké úkoly mají v kalendáři a zadat novou událost do kalendáře.

TP3: Zvýšit teplotu v místnosti č. 2 na 22 °C.

V druhém kroku jsem navrhla grafické uživatelské rozhraní a alternativní design uživatelského rozhraní (kapitola 5.1.1). Ve třetím kroku jsem vybrala participanty (kapitola 5.1.2) a připravila laboratoř k testování (kapitola 5.1.3). Ve čtvrtém kroku jsem testovala návrhy uživatelského rozhraní v laboratoři použitelnosti za účasti expertů (kapitola 5.1.4) pomocí eye-trackingu s verbálními protokoly CTA, pozorování, dotazníkového šetření, rozhovorů s experty. Tyto metody byly vybrány, aby bylo možné porovnat získané výsledky s výsledky metody BeCoMe. V pátém kroku jsem vyhodnotila získaná data pomocí metody BeCoMe, pomocí software Tobii Studio a vyhodnotila jsem video a audio nahrávky z testování (kapitola 5.1.6).



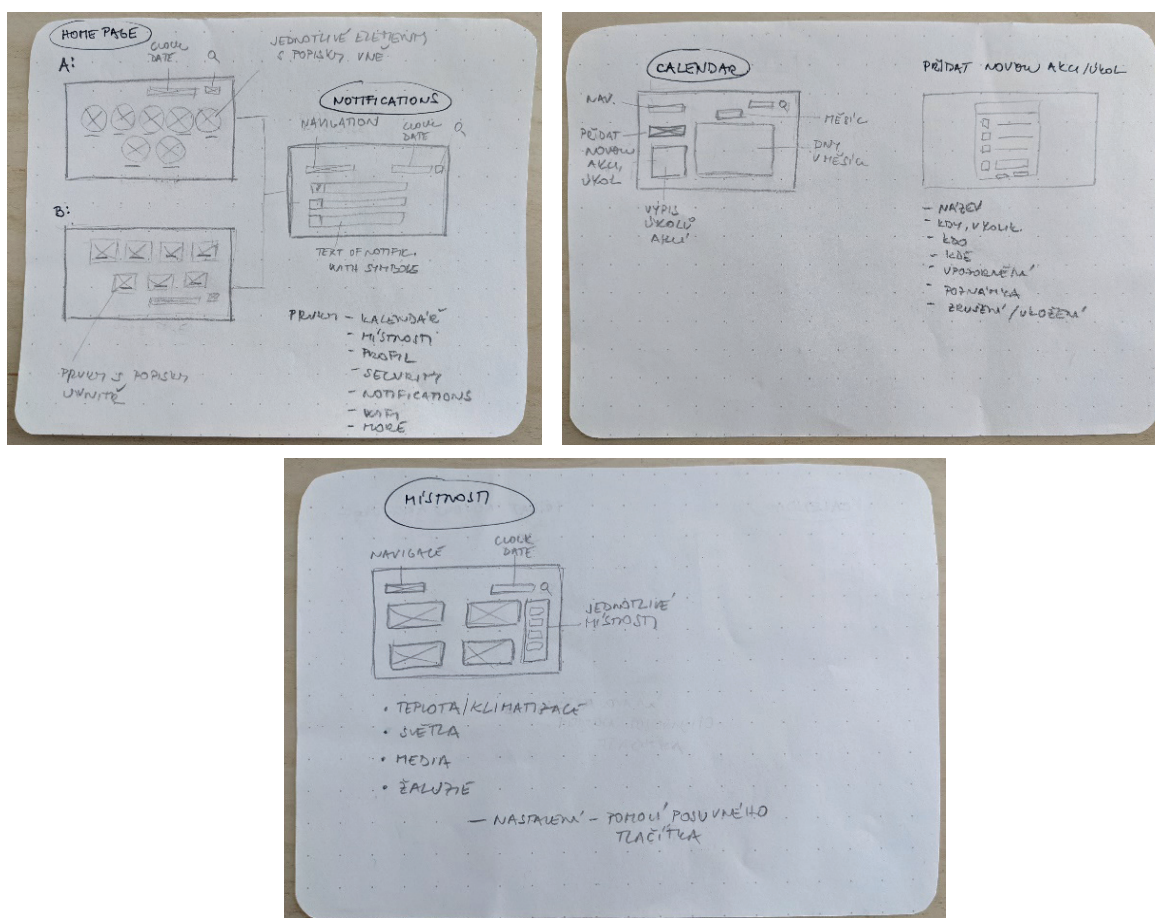
Obrázek 17: Proces experimentu (Zdroj: vlastní zpracování)

5.1.1 Tvorba prototypů

Poté, co jsem definovala případy použití, jsem pro získání představy budoucího řešení navrhla rozhraní (Obrázek 18), které usnadní nezbytné interakce mezi uživatelem a prostředím.

Definovala jsem, jak budou uživatelé interagovat s rozhraním – navrhla jsem, že dotykem – tzn. poklepem, přetahováním, posunováním přes rozhraní. Dále jsem rozhodla, jaké informace poskytneme, aby uživatel věděl, co se stane, než provede akci, jakou zpětnou vazbu dostane po provedení akce, přemýšlela jsem o každém jednotlivém prvku rozhraní, jaké ikony budou použity (Obrázek 19), jaký tvar, barva, dále jsem určila přiměřenou velikost prvků pro interakci s přihlédnutím na Fittsův zákon, který mimo jiné uvádí, že prvky (v našem případě dotykové komponenty) musí být dostatečně velké, aby na ně uživatel mohl klepnout/kliknout (Soukoreff et al., 2004; Nguyen et al., 2015).

Vytvořila jsem dva prototypy uživatelského rozhraní pro ovládací centrální jednotku inteligentního prostředí použitelné pro tablet (Obrázky 20 a 21). Obě rozhraní jsem navrhla jako jednu primární stránku s několika sekundárními podstránkami. Komponenty na primární stránce mají vzájemný jednoznačný vztah se sekundárními stránkami. Prototypy byly vytvořeny pomocí značkovacího jazyka HTML5, kaskádových stylů a skriptovacího jazyka JavaScript. Zdrojové kódy prototypů jsou přiloženy jako datová příloha disertační práce (Příloha 4).



Obrázek 18: Návrh rozhraní (Zdroj: vlastní zpracování)

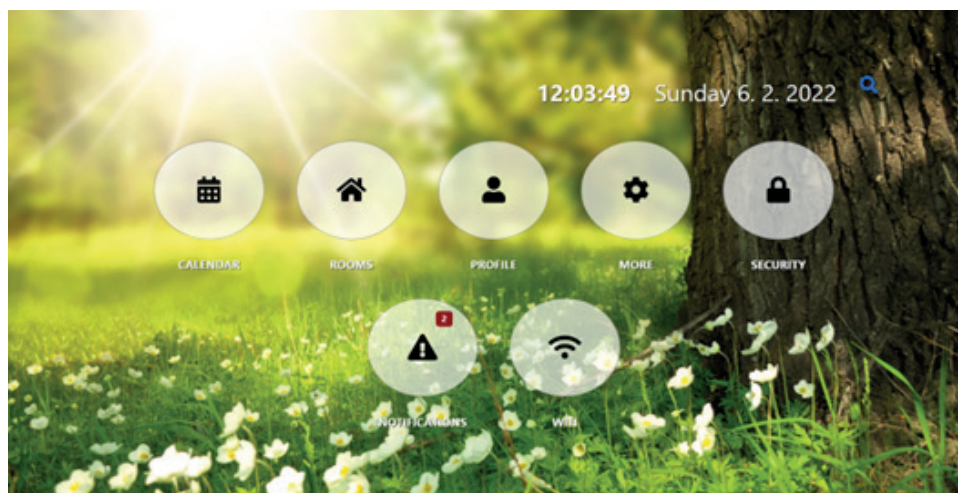
Rozhraní by mělo být graficky zajímavé a intuitivní, aby se uživatelům dobře používalo. Z tohoto důvodu jsem upřednostnila již zažitá ikony před větším množstvím textu (Obrázek 19). Ikony byly použity v sedmi prvcích.



Obrázek 19: Ikony použité v návrhu rozhraní (Zdroj: vlastní zpracování)

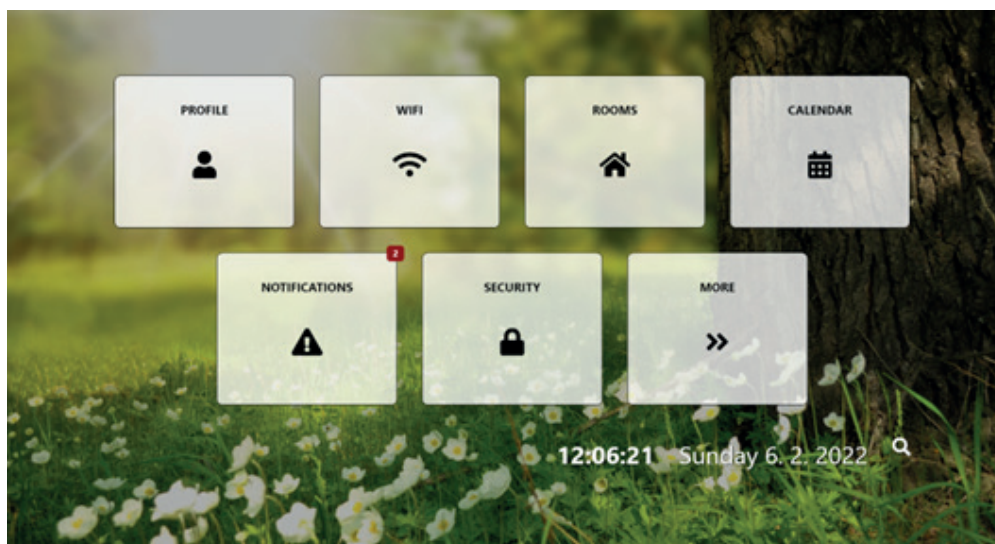
Rozložení, tvar, pořadí prvků a umístění textu hlavních ovládacích komponent se v každém uživatelském rozhraní liší. Prototyp A jsem navrhla s kulatými prvky a ikonami umístěnými uvnitř kulatého prvku. Text popisující prvek jsem umístila pod kulaté prvky s ikonami. Pod kulaté prvky jsem přidala stíny, abychom opticky zvýšili plastičnost prvků a u uživatele navodili pocit 3D tlačítka. Rozložení prvků u prototypu A je koncipováno umístěním profilu uživatele do středu horní řady prvků v rozhraní. Ikona pro tlačítko „Více“ se v prototypu A lišila od prototypu B, a to z důvodu, že jsem chtěla ověřit, zda rozdílné zobrazení ikony tlačítka „Více“ budou účastníci vnímat jinak. Aktuální čas, den a vyhle-

dávání jsem umístila do pravého horního rohu nad kulaté prvky (Obrázek 20). Prvek „Vyhledávání“ jsem zvýraznila modrou barvou.



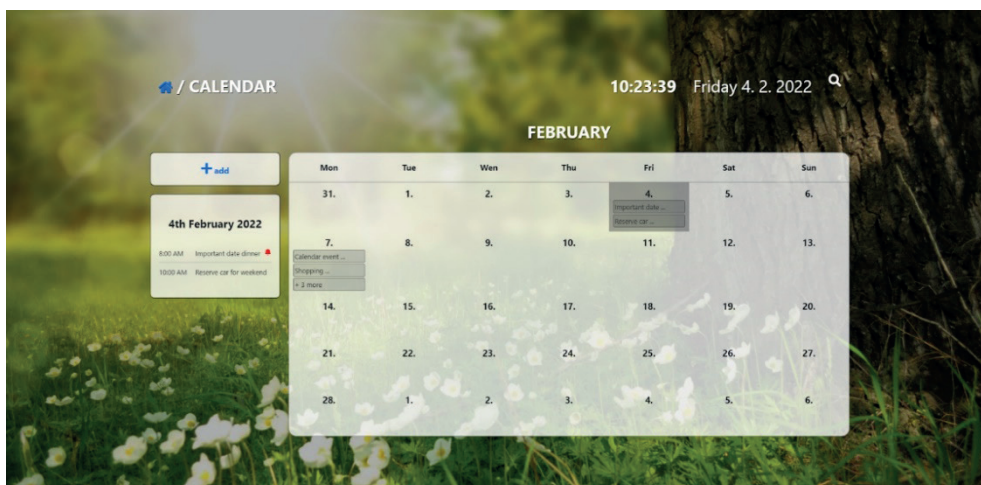
Obrázek 20: Prototyp uživatelského rozhraní A – hlavní stránka (Zdroj: vlastní zpracování)

U prototypu B jsem zvolila tvar prvků zaoblené obdélníky s umístěním ikon i textů uvnitř prvků. Texty byly umístěny nad ikonami v poli souvisejícího prvku. Profil uživatele byl umístěn do levé horní řady prvků (Obrázek 21) z důvodu čtení zleva doprava. Aktuální čas, datum a vyhledávání jsem umístila do pravého spodního rohu pod ovládací prvky, bez barevného zvýraznění prvku „Vyhledávání“.

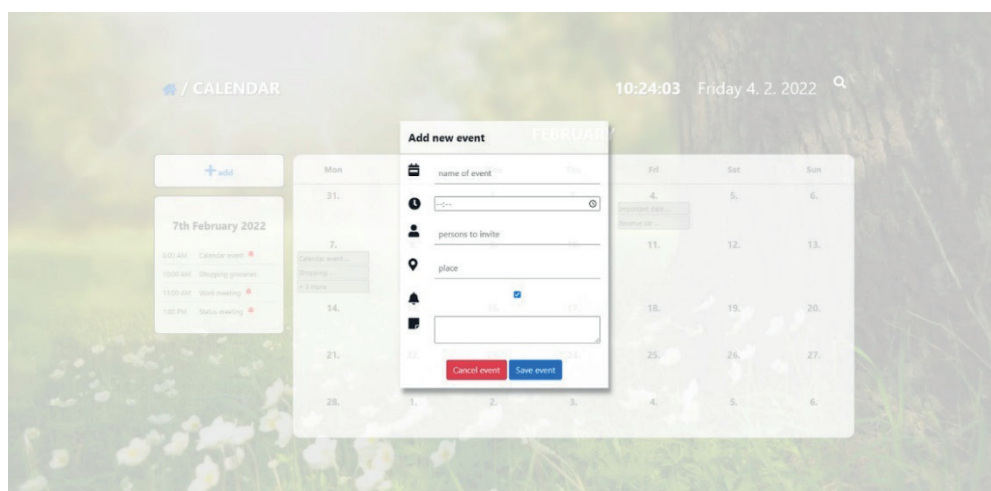


Obrázek 21: Prototyp uživatelského rozhraní B – hlavní stránka (Zdroj: vlastní zpracování)

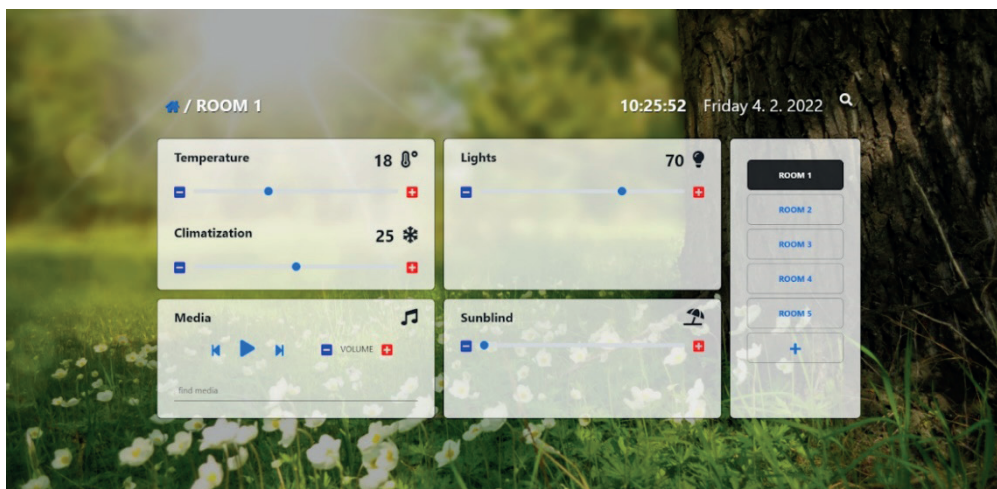
U obou návrhů jsem zvolila neutrální, pozitivně laděné pozadí. Pozadí prototypu A je světlejší než u prototypu B, abych zjistila, zda si této změny participanti všimnou. Další obrazovky uživatelského rozhraní měly funkci doplňkovou – kalendář (Obrázek 22), zadání akce do kalendáře (Obrázek 23), místnosti (Obrázek 24). Obrazovky byly navrženy z důvodu, aby participanti mohli dokončit zadané testovací případy. Design doplňkových obrazovek byl u obou prototypů stejný.



Obrázek 22: Prototyp uživatelského rozhraní – stránka s kalendářem (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 23: Prototyp uživatelského rozhraní – stránka s přidáním akce/úkolů do kalendáře (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 24: Prototyp uživatelského rozhraní – místnosti (Zdroj: vlastní zpracování)

5.1.2 Výběr participantů

Pro účast v experimentu jsem oslovila experty, kteří se zabývají problematikou UX, zejména použitelností a přístupností. Podmínkou účasti byla znalost problematiky UX designu a znalost práce s počítačem. Účastníci testování byli ve věku 25-51 let. Experimentu se účastnilo 16 mužů a 4 ženy. Byli rozděleni na dvě skupiny po 10 lidech. V každé skupině byly dvě ženy. Aby se zabránilo závislosti dosažených výsledků, které by mohly vzniknout předchozími zkušenostmi účastníků, participantů začínali v každé skupině jiným prototypem. První skupině byl nejdříve zobrazen prototyp A a pak prototyp B. Tito participantů byli označeni pořadovým číslem a písmenem A. U druhé skupiny tomu bylo naopak a participantů byli označeni pořadovým číslem a písmenem B.

5.1.3 Příprava laboratoře

Experiment jsem realizovala v laboratoři použitelnosti České zemědělské univerzity v Praze. Den předem, před samotným zahájením experimentu, jsem otestovala, zda vytvořený prototyp lze spustit v prohlížeči instalovaném v počítačích umístěných v laboratoři. Dále jsem zkontrolovala nahrávání obrazu, zvuku, zařízení pro sledování očních pohybů a nastavili kamery určené pro pozorování chování participantů.

5.1.4 Realizační fáze experimentu

V této fázi experimentu proběhl sběr dat. S jednotlivými účastníky experimentu jsem provedla testování prototypů pomocí eye-trackingu, verbálních protokolů CTA a pozorování. Testovaným subjektům byly zadány úkoly související s hypotetickým ovládním inteligentního prostředí v domácnosti. Poté pomocí dotazníkového šetření participanti hodnotili vizuální zpracování interaktivních komponent a jejich funkčnost a logičnost. Pak jsem s každým jednotlivcem vedla individuální rozhovor. Pořádila jsem audio a video nahrávky.

5.1.5 Evaluační fáze experimentu

Získaná data z eye-trackingu jsem vyhodnotila pomocí software Tobii Studio 3.4.8., data z pozorování, verbálních protokolů CTA a individuálních rozhovorů jsem vyhodnotila z pořízených audio a video nahrávek. Data získána z dotazníkového šetření jsem vyhodnotila pomocí metody BeCoMe. Rozhodovací metoda BeCoMe nebyla dosud použita v oblasti hodnocení uživatelských prožitků a interakcí. Předpokládala jsem, že zjištěné poznatky pomocí této metody bude možné uplatnit v širším kontextu.

5.1.6 Výsledky experimentu

Experimentem jsem chtěla ověřit, zda je možné využít rozhodovací metodu BeCoMe pro výběr nejuvhodnější varianty uživatelského rozhraní centrální jednotky AmI z daného výběru. Každý účastník testoval jeden scénář s třemi testovacími případy (kapitola 5.1). Účastníci si měli představit situaci, že došlo k problému s ovládním inteligentního systému, a tudíž museli systém ovládat manuálně přes řídicí jednotku (v našem případě tablet). Metody eye-tracking s verbálními protokoly CTA, pozorování, dotazníkové šetření, rozhovory s experty byly vybrány pro ověření a porovnání výsledků s výsledky získanými pomocí BeCoMe.

5.1.6.1 Výsledky z testování pomocí eye-trackingu

TPI: Participanti měli za úkol zjistit co se stalo se systémem (nalézt chybu)

V obou prototypech účastníci snadno našli, kde se nachází upozornění na chybu systému a dokázali se vrátit zpět pomocí drobečkové navigace na hlavní stránku. Dle hodnocení eye-trackingu pomocí vizualizace pro prototyp A se ukázalo, že dva účastníci se nejprve podívali na ikonu „Kalendáře“, při zjišťování důvodu, proč se nejdříve podívali na „Kalendář“, nedokázali tento jev vysvětlit. Je možné, že tato situace nastala z důvodu seznamování se participantů s uživatelským rozhraním. Participanti si rozhraní prohlíželi, což lze usoudit i z ostatních kratších fixací zobrazených například na Obrázku 25.



Obrázek 25: Ukázka testovacího případu č. 1, prototyp A – Participant č. 3A – zacílil na kalendář místo na notifikace (Zdroj: vlastní zpracování)

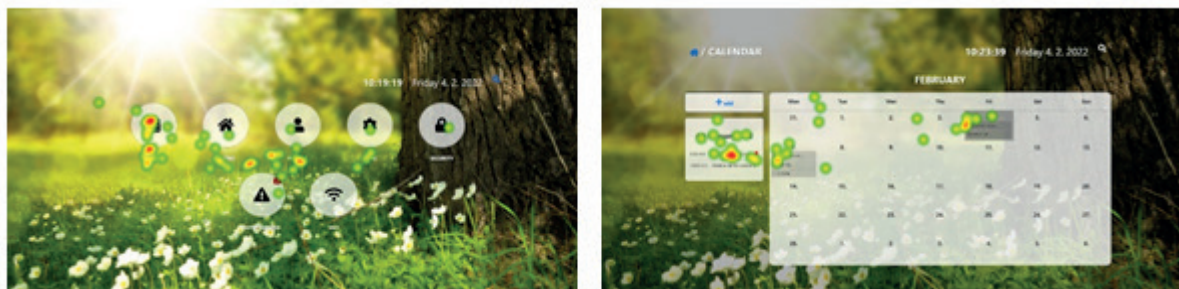
U prototypu B participanti našli prvek „Notifikace“ bez neshází, ale mohlo to být dáno podobným umístěním prvku jako u prototypu A, tj. první prvek ve druhé řadě (Obrázek 26).



Obrázek 26: Ukázka testovacího případu č. 1, prototyp B – Participant č. 3A (Zdroj: vlastní zpracování)

TP2: Participanti se měli podívat do kalendáře a zadat novou událost

Účastníci prošli testovacím úkolem bez komplikací v obou prototypech (Obrázek 27 a 28) i když byl prvek „Kalendář“ v prototypu A umístěn vlevo v první řadě a v prototypu B vpravo v první řadě.



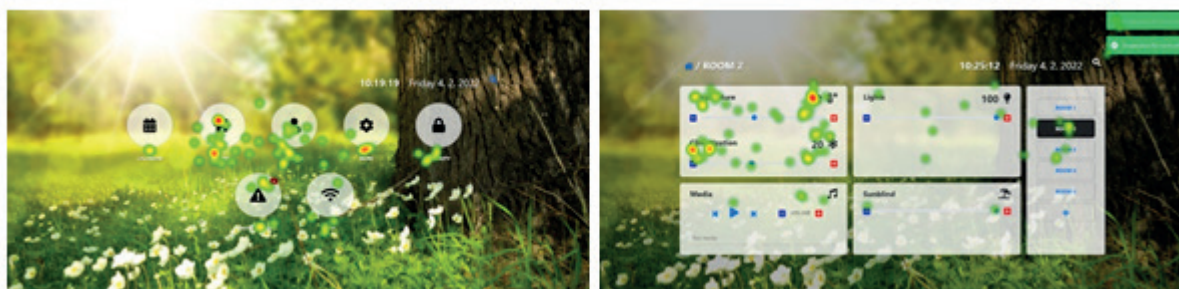
Obrázek 27: Ukázka testovacího případu č. 2, prototyp A – participant č. 1B (Zdroj: vlastní zpracování)



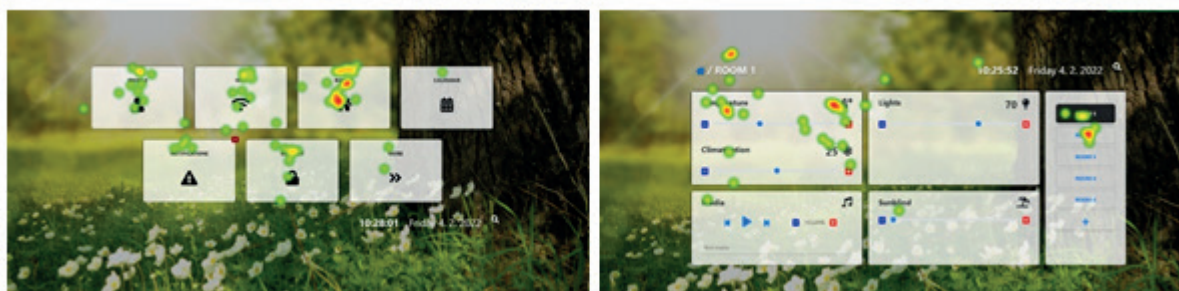
Obrázek 28: Ukázka testovacího případu č. 2, prototyp B – participant č. 1B (Zdroj: vlastní zpracování)

TP3: Participanti měli v místnosti č. 2 nastavit teplotu na 22 °C

Účastníci zvládli provést testovací případ více méně bez problémů (Obrázek 29 a 30). Jen jeden z účastníků druhé skupiny měl problém na druhé obrazovce v pravé části uživatelského rozhraní nalézt výběr místností č. 2, ve které měl být proveden testovací případ. Při testování prototypu A již tento problém neměl, jelikož už měl zkušenosti z prototypu B.



Obrázek 29: Ukázka testovacího případu č. 3, prototyp A – participant č. 10B (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 30: Ukázka testovacího případu č. 3, prototyp B – participant č. 10B (Zdroj: vlastní zpracování)

5.1.6.2 Výsledky z pozorování a verbálních protokolů

Po analýze audio a video nahrávek jsem došla k závěru, že respondenti měli problém se souběžným komentováním svých úkonů. Často zapomínali komentovat co dělají a musela jsem je ke komentování vybízet. Testovací případy splnili u obou prototypů bez obtíží. Po vizuální stránce se jim více líbil prototyp A. V prototypu B se jim líbilo rozložení a uspořádání prvků až na zobrazení aktuálního datumu, času a vyhledávání. Varianta A, jak bylo popsáno výše měla světlejší, jasnější pozadí a kulatý tvar komponent. Proč respondenti preferovali variantu A by mohlo být předmětem dalšího zkoumání. 18 respondentům z 20 preferuje pro komponentu „Více“ ikonu ozubené kolečko. Zbývající dva neměli preferenci.

Respondenti dále navrhovali několik úprav. Úpravy se převážně týkaly doplňkových stránek. Nejčastěji zmiňovali úpravu umístění komponenty pro výběr místností. Současný stav prototypu má umístěnou komponentu výběru místností na pravé straně od nastavení funkcí místností. Respondenti by chtěli, aby komponenta byla umístěna nahoru nad nastavení funkcí jednotlivých místností. Dále se 8 respondentům nelíbil návrat z doplňkové stránky na hlavní stránku prototypu pouze přes ikonu modrého domečku, která je umístěna v drobečkové navigaci nad ovládacími komponentami v levé horní části UI. Navrhovali, aby to bylo řešeno tlačítkem zpět umístěným v pravé polovině UI, buď nahoře nebo dole pod komponentami.

Respondenti by chtěli mít možnost měnit pozadí, pořadí ovládacích komponent, upravovat velikost a písmo komponent. S těmito funkcionalitami se samozřejmě do budoucna počítá, ale nebyly předmětem této disertační práce.

5.1.6.3 Výsledky z nestrukturovaného rozhovoru

Po testování oční kamerou jsem s každým účastníkem individuálně diskutovala o jejich zkušenostech s používáním prototypů. Oba prototypy se účastníkům snadno používaly, ale prototyp A se jim po vizuální stránce líbil více. Devatenáct z dvaceti účastníků se vyjádřilo, že design komponent v prototypu A je atraktivnější, jeden preferoval variantu B. Také sdělili, že nečetli text uvedený v prvku nebo pod prvkem, ale dívali se pouze na ikony. Design ikon shledali jako dobře vybraný, všichni participanti chápali, co systém udělá, pokud použijí danou ikonu. Neměli problém ani s velikostí písma, ani s použitou terminologií prvků.

5.1.6.4 Výsledky hodnocení pomocí metody BeCoMe

Účastníci pro každý prototyp vyplnili dotazník s devíti otázkami. Odpovídali pomocí Likertovy škály – rozhodně ne, spíše ne, nevím, spíše ano, rozhodně ano. Pro vyhodnocení byl použit nástroj BECOME – Fuzzy Decision Tool, který byl vytvořen na Katedře informačního inženýrství Provozně ekonomické fakulty ČZU v Praze jako účinná pomůcka pro rozhodovací problémy a k posuzování míry shody expertních hodnocení.

Celkové výsledky dotazníku pro prototyp A jsou nepatrně lepší než pro prototyp B (Tabulce 2) hlavně v oblasti designového zpracování. Což podporuje výsledky z nestrukturovaného rozhovoru i verbálních protokolů. Je nutné ale vyhodnotit jednotlivé otázky (Tabulka 3) a zamyslet se nad jejich vypovídající hodnotou. Například prototyp B má lepší výsledky v otázkách číslo 5., 6. a 7., týkají se rozložení a uspořádání komponent. To například znamená, že vzorek expertů účastnících se experimentu preferuje umístění profilu uživatele v levé části rozhraní oproti středovému umístění. Tento výsledek, lze implementovat do varianty prototypu A a zlepšit tak orientaci v prototypu.

Jednotlivé hodnocení UI prototypu A a prototypu B experty bylo shrnuto a vyhodnoceno pro každou otázku zvlášť viz Přílohy č. 3 disertační práce.

OTÁZKA Č.	PROTOTYP A VÝSLEDKY	PROTOTYP B VÝSLEDKY
1.	77,5	75,63
2.	76,25	75
3.	77,5	76,88
4.	96,25	95,63
5.	85	94,38
6.	76,88	85
7.	93,75	95
8.	93,75	78,75
9.	95	92,5

Tabulka 2: Výsledky dotazníků podle otázek – vyhodnoceno nástrojem nástroj BECOME – Fuzzy Decision Tool

Výsledný prototyp	OTÁZKA
A	1. Vizuální design uživatelského rozhraní je atraktivní, např. barvy, tvary.
A	2. Líbí se mi grafické prvky uživatelského rozhraní.
A	3. Velikost písma mi vyhovuje.
A	4. Terminologie použita v uživatelském rozhraní je srozumitelná.
B	5. Uživatelské rozhraní má logické uspořádání komponent.
B	6. Orientace v navigaci je pro mě intuitivní.
B	7. Rozumím všem funkcím uživatelského rozhraní.
A	8. Jednoduše najdu požadované řešení pro zadané úkoly.
A	9. Celkově jsem spokojen/-a s tím, jak snadné je používání tohoto uživatelského rozhraní.

Tabulka 3: Určení lepší varianty z daného výběru podle otázek

5.2 Nová metodika BeUXco

Na základě provedeného experimentu a výsledcích jsem definovala metodiku pro účely testování návrhu uživatelského rozhraní pro systémy ambientní inteligence. Metodika je připravena formou metodického frameworku a slouží jako sada doporučení pro nalezení nejvhodnější varianty uživatelského rozhraní z daného výběru.

Výsledky získané na základě této metodiky mohou být použity buď jako podpora pro rozhodnutí, který z testovaných návrhů nejvíc vyhovuje obecným požadavkům na přístupnost a použitelnost a je tedy obecně řešeno nejvhodnější použití v praxi. Metodiku lze také použít v případech, kdy se nejedná o zjištění, která z variant je nejvhodnější jako celek, ale je cílem zjistit konkrétní názor na umístění, velikost, barevnost, funkčnost či chování určitých komponent v návrhu. V tomto případě je důležité, aby se jednalo o měřitelné atributy, jako je např. rozměr, pozice, barva, čas.

5.2.1 Výběr metod pro sběr dat

Pro sběr dat lze použít jakoukoliv metodu ze spektra uživatelského testování, jejímž výstupem je výsledek v podobě Likertovy škály nebo měřitelných hodnot (např. rozměr). Doporučením je použití metod dotazníkového šetření nebo heuristické analýzy, popř. dalších metod, které jsou z nich odvozené. Data získaná pomocí těchto metod poskytují dostatečné podklady pro vyhodnocení návrhů rozhraní pomocí metodiky BeUXco. Pro upřesnění nebo ověření výsledků lze použít jako podpůrnou metodu testování oční kamerou nebo verbální protokoly nebo jejich kombinaci.

5.2.2 Výběr evaluačních metod

Pro formativní hodnocení získaných dat je nutné zvolit konkrétní evaluační metodu. Byla vybrána metoda BeCoMe, která byla vytvořena na Katedře informačního inženýrství Provozně ekonomické fakulty ČZU v Praze. Jedná se účinný nástroj, pomocí něhož lze nalézt optimální rozhodnutí při skupinovém rozhodování, které odpovídá nejlepší shodě všech zainteresovaných osob. Podrobněji je metoda popsána v kapitole 3.2.2.1. Metoda eye-tracking byla zvolena jako podpůrná evaluační metoda. Pomocí zařízení pro sledování pohybů očí je hodnoceno, jak uživatelé používají rozhraní. Tento typ výzkumu je vhodný i pro hodnocení vizuálního designu.

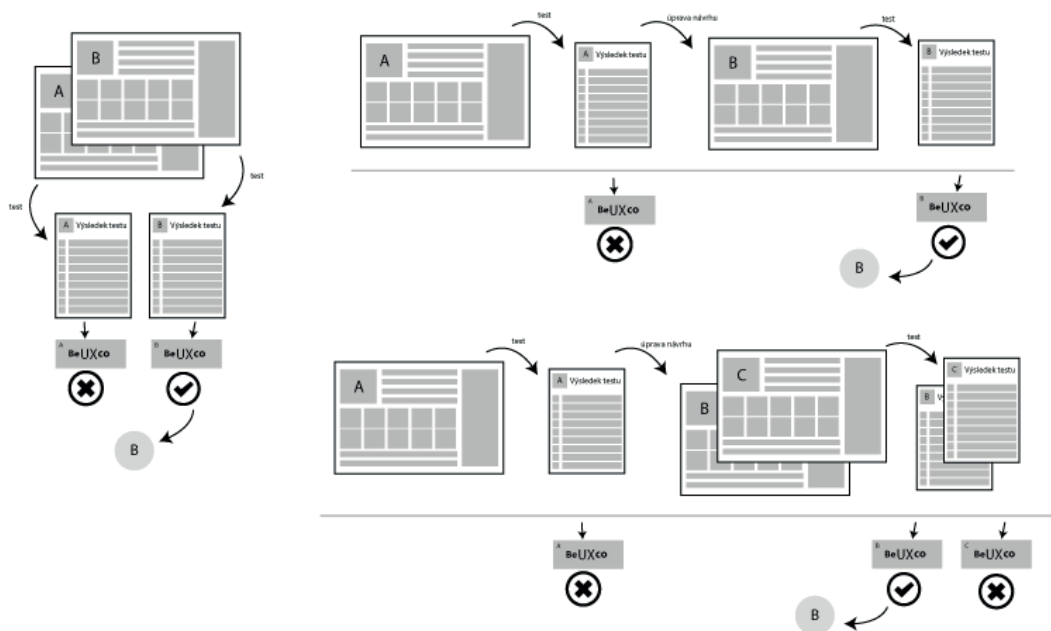
5.2.3 Příprava testování

Minimálním požadavkem na použití metodiky BeUXco pro vyhodnocení návrhu uživatelského rozhraní pro systémy ambientní inteligence je existence alespoň jednoho návrhu, na kterém je hodnocení prováděno. Testuje-li se pouze jeden návrh, vyhodnocení pomocí BeCoMe nevypovídá o kvalitě či správnosti návrhu a lze jej použít pouze jako referenční hodnotu v případě budoucích úprav návrhu a testování. Doporučením je testování provádět na dvou a více návrzích.

V případě, že je cílem zjistit nejvhodnější variantu z dostupných je doporučeno testovat varianty izolovaně, tj. po jednotlivých variantách. U případu, kdy je pouze cílem zjistit vhodnost atributů určitých komponent se testují všechny návrhy v jednom kroku.

Testování lze provádět jak paralelně, tak sekvenčně nebo kombinací obou uvedených. V případě paralelního testování, tj. kdy v danou chvíli dochází najednou k testování dvou a více návrhů uživatelského rozhraní se vyhodnocení pomocí BeCoMe provádí po otestování všech návrhů.

K sekvenčnímu testování a vyhodnocení dochází ve chvíli, kdy je například jeden z návrhu upraven již na základě výsledků prvotního testování. V tomto případě je druhý návrh také testován. Zde je možné na základě výsledků šetření pokračovat v další iteraci návrhu. Vyhodnocení pomocí metody BeCoMe je v tomto případě vhodné provést po dokončení všech iterací. V rámci sekvenčního testování může dojít i k situaci, kdy jsou na základě připomínek připraveny návrhy dva a dochází tak k testování paralelnímu. V tomto případě lze mluvit o kombinaci obou způsobů. Doporučením je pokračovat jako v případě sekvenčního testování vyhodnocení výsledků, tj. provést vyhodnocení po ukončení všech iterací. Proces znázorněn na Obrázku 31.



Obrázek 31: Možnosti testování (Zdroj: vlastní zpracování)

Metodika BeUXco obecně nespécifikuje, zda je testování nutné provádět na prototypu, wireframe/maketě nebo již funkčním systému. V případě testování wireframe či maketě je však nutné věnovat pozornost v případě výběru participantů. Testování na těchto variantách vyžaduje jistou míru představivosti a zkušenosti s tímto typem testování. V případě testování pomocí dotazníkového šetření je nutným požadavkem metodiky určitá míra funkčnosti testovaného rozhraní, a to do takové míry, aby bylo možné vytvořit testovací scénáře.

5.2.4 Výběr participantů

V rámci výběru uživatelů je nutné věnovat pozornost vybrané metodě pro provedení testu. Jediným a očekávaným omezením výběru je předpoklad znalosti testované oblasti expertem.

Pokud to umožňuje kontext aplikace, je doporučeno, aby v testované skupině byl rovnoměrně zastoupen počet mužů a žen a přihlédnout k věkovému rozmezí skupiny dle budoucích cílových skupin, které budou využívat daný produkt. V případě, že jde o testování aplikace, která je určena pro specifickou cílovou skupinu je možné toto doporučení porušit.

Minimální počet účastníků testování je 5 participantů na jeden návrh, aby testování bylo průkazné. Každý z participantů by se měl podílet na testování pouze jedné varianty.

5.2.5 Příprava vhodných scénářů

Při přípravě scénářů se lze řídit obecnými doporučeními pro dotazníková šetření. Metodika BeUXco obecná doporučení nijak blíže nespecifikuje ani je neomezuje.

Ve fázi přípravy scénářů by měla být zahrnuta i příprava kontextu aplikace, tj. návrh a popis situace, ve které se uživatel bude nacházet v průběhu testování. Popis by měl být proveden takovým způsobem, aby se uživatel mohl do dané situace vžít.

V rámci přípravy scénářů je nutné před přechodem do fáze testování otestovat a ověřit, že scénáře jsou splnitelné.

Ze scénářů by měly vyplývat otázky dotazníkového šetření. Pro tvorbu otázek dotazníkového šetření platí obecná pravidla – otázky mají být nenávodné, jasné, pochopitelné.

5.2.6 Průběh testování

Metodika nespecifikuje ani neomezuje průběh testování. Obslužný personál by se měl řídit obecnými pravidly pro daný typ testování.

V případě zapojení doplňkové metody, např. testování pomocí oční kamery, probíhá testování a následné vyhodnocení v rámci pravidel daného testování. Tato testování nespádají do předmětu metodiky BeUXco.

5.2.7 Vyhodnocení pomocí metodiky BeUXco

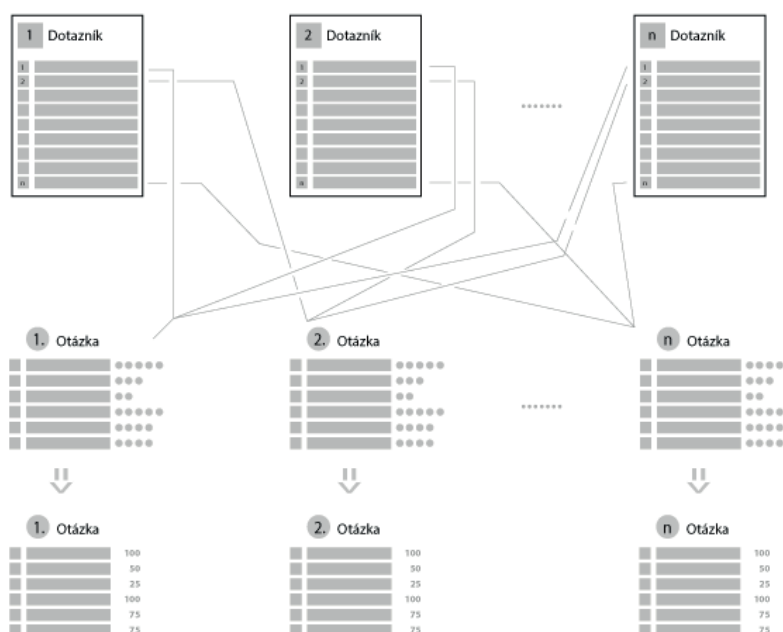
Prvotní vyhodnocení každého z testovaných návrhů probíhá zvlášť. Nejprve jsou pro každý z návrhů seskupeny výsledky hodnocení pro každou z otázek. Následně je pro každou úroveň hodnocení otázky přidělena hodnota ke zvolené Likertově škále (Obrázek 32). Příklad přidělení viz Tabulka 4.

Hodnocení otázky Likertovou stupnicí	Likertova stupnice (míra souhlasu/nesouhlasu)
Určitě ano	100
Spíše ano	75
Nevím	50
Spíše ne	25
Rozhodně ne	0

Tabulka 4: Příklad přiřazení hodnot Likertově stupnic

Poté, co jsou otázky seskupeny jsou získané hodnoty zaneseny do nástroje BeCoMe. Hodnoty se zadávají pro každou z otázek zvlášť. Nástroj BeCoMe provede vyhodnocení.

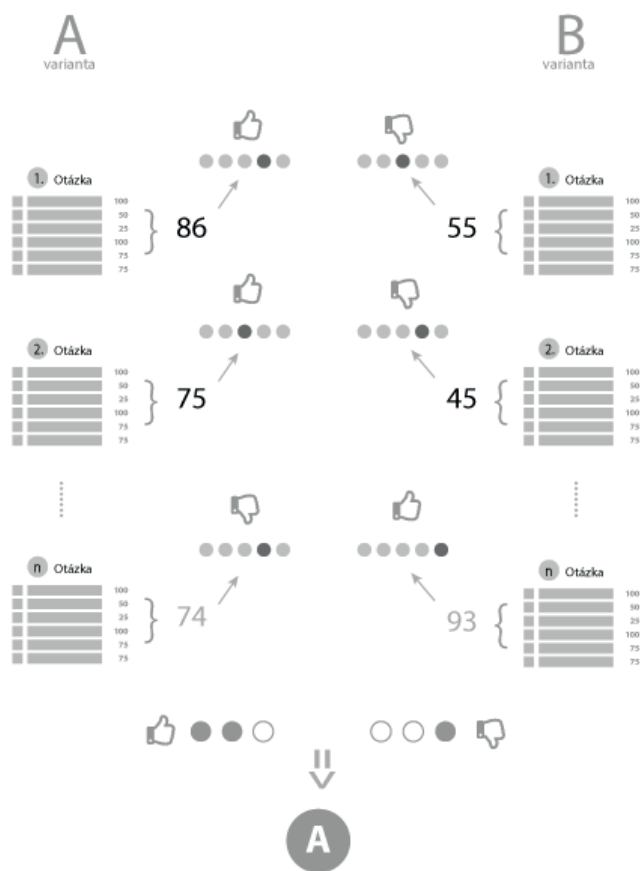
U otázek, které mají za úkol zjistit vhodnost atributů, se hodnoty odpovědí u otázek nepřirazují do zvolené stupnice, ale použijí se přímo získané hodnoty z odpovědí testovaných osob.



Obrázek 32: Znárodnění zpracování výsledků dotazníkového šetření (Zdroj: vlastní zpracování)

V případě otázky nebo způsobu testování, které má za úkol vybrat nejvhodnější variantu z možných se získané hodnoty z BeCoMe pro každou z otázek porovnají mezi testovanými variantami. Vyšší hodnota znamená, že hodnocená vlastnost je u daného návrhu lepší (Obrázek 33). V případě, že dojde ke shodě hodnot u jedné z otázek, bere se daná odpověď jako neutrální a výsledek tak neovlivňuje.

U otázek nebo testování, které má za úkol zjistit nejvhodnější hodnotu atributů jednotlivých elementů je hodnota získaná z nástroje BeCoMe nejlepším kompromisem expertů.



Obrázek 33: Znárodnění vyhodnocení otázek a jejich hodnot mezi variantami
(Zdroj: vlastní zpracování)

6. Diskuze

Dle autorčina průzkumu související současné literatury, podobný experiment v oblasti UX nebo ambientní inteligence, ve kterém by byla použita k hodnocení metoda BeCoMe zatím nebyl realizován. Platnost poznatků závisí též na zvolených metodách sběru dat a průběhu testování a evaluaci výsledků. Výsledná metodika BeUXco je ověřena pouze jedním experimentem. Výsledky uvedené v této disertační práci jsou pouze výsledkem úvodní studie. Je nutné metodiku podrobit dalšímu výzkumu.

V literatuře se řada autorů zamýšlí nad tím, jak hodnotit inteligentní systémy (Nguyen, 2009; Paramythis et al., 2010; Rim et al., 2017; Ntoa et al., 2021). Při hodnocení inteligentních systémů mohou být využity metody hodnocení z oblasti uživatelských prožitků a interakcí, musí být, ale přizpůsobeny tak, aby vyhovovaly konkrétním požadavkům na interakce mezi uživatelem a prostředím (Nguyen, 2009; Paramythis et al., 2010; Rim et al., 2017; Ntoa et al., 2021). Jaká metoda bude při hodnocení použita, bude záviset především na tom, v jaké fázi bude hodnocení probíhat (s ohledem na životní cyklus vývoje inteligentního systému). Existence ucelené metodiky hodnocení inteligentních prostředí by usnadnilo proces navrhování a testování uživatelských rozhraní těchto systémů. Hodnocení by se mělo zaměřit na kvalitu, ovladatelnost, použitelnost, ale také na smysl uživatelského rozhraní inteligentního systému.

Mnoho autorů (Chin, 2001; Preece et al., 2011; Hartson et al., 2012; Robert a Lesage, 2012; Johnson, 2014; Corno, 2018 a další) ve svých výzkumech a publikacích uvádí, že důležitou součástí procesu návrhu a testování je zapojení uživatelů do hodnocení. V případě této disertační práce byli oslovení pouze experti, a to z důvodu použití metody BeCoMe, která se zaměřuje na expertní hodnocení. Je potřeba se zamyslet, kdo bude koncovým uživatelem inteligentního systému – experti nebo uživatelé? Otázkou zůstává, zda by nebylo vhodnější provést testování přímo s potenciálními uživateli.

Dále je nutné zmínit omezení spojená s volbou účastníků výzkumu. Byli sice osloveni experti z oblasti UX, ale ne všichni se profesně zabývají interakčním designem nebo výzkumem v oblasti ambientní inteligence, takže mohli být ovlivněni svým pracovním zaměřením. Experimentu se účastnili hlavně experti na použitelnost a přístupnost v oblasti aplikačních rozhraní. Avšak obecná pravidla pro použitelnost a přístupnost jsou aplikovatelná i na hodnocení inteligentních systémů, a proto lze jejich hodnocení brát za relevantní.

V rámci budoucího výzkumu by bylo zajímavé provést experiment s využitím metodiky BeUXco za účasti expertů zabývajících se problematikou inteligentních systémů.

V literatuře se také často autoři zamýšlí nad otázkou, jak vyhodnotit systém, který ještě neexistuje, nebo jak agregovat několik hodnocení od různých lidí, aby hodnocení pokrylo co nejvíce uživatelských potřeb (Robert a Lesage, 2012). Hodnocení interaktivních inteligentních systémů je komplikované a náročné. Paramythis et al. (2010) prezentovali metody, které se vztahují k fázím životního cyklu vývoje interaktivních systémů. Představili tzv. vrstvené hodnocení adaptivního systému. Předpokladem takového hodnocení je rozložení adaptivního procesu do několika fází, tak aby jeho obsahující fáze/prvky mohly být posuzovány/hodnoceny izolovaně. Ambientní systém je složený z technologií, které spolu kooperují. Jednotlivá testování pro různé fáze vývoje inteligentní systému jsou důležitá, ale vzhledem tomu, že inteligentní systém bude fungovat komplexně je nutné ho také testovat jako funkční celek, jedná se o velmi podobný vztah jako je ve vývoji softwaru – jednotkové testování (unit testing) vs. integrační testování vs. uživatelské testování.

7. Závěr

V teoretické části předkládaná disertační práce definuje pojem ambientní inteligence, představuje vztah ambientní inteligence k dalším mezioborovým disciplínám, popisuje možnosti použití AmI v oblasti lidského života v domácím prostředí. Dále práce definuje pojmy z oblasti uživatelských prožitků a interakcí, zejména se zaměřuje na pojem interakční design. Popisuje jeho hlavní aspekty a vymezuje vztah interakčního designu k dalším vědním oborům. Práce se také věnuje přístupům k hodnocení uživatelských prožitků a přístupům k hodnocení inteligentních a adaptivních prostředí. Teoretickou částí (kapitola 4) byl naplněn dílčí cíl DC1.

V praktické části byl proveden experiment, ve kterém byly testovány dva prototypy uživatelského rozhraní centrálního ovládání domu. Testování probíhalo v laboratoři použitelnosti Provozně ekonomické fakulty ČZU v Praze. Pro sběr dat bylo použito dotazníkové šetření. Jako doplňkové metody sběru dat byly použity: metoda eye-trackingu, verbální protokoly, pozorování a rozhovor. Pro vyhodnocení sesbíraných dat z dotazníkového šetření byl použit nástroj BECOME – Fuzzy Decision Tool (viz kapitola 3.2.2.1). Vyhodnocením expertního posouzení obou prototypů uživatelského rozhraní bylo stanoveno nejlepší možné uživatelské rozhraní (kapitola 5.1.6). Data sesbírána z eye-trackingu, verbálních protokolů, pozorování a rozhovoru v experimentu sloužila jako kontrolní doplňková data, která měla ověřit shodnost výsledku získaného pomocí metody BeCoMe. Experimentem (kapitola 5.1) byl splněn dílčí cíl DC2.

Na základě experimentu byla vytvořena nová metodika BeUXco pro identifikaci nejlepších možných kompromisních variant uživatelského interakčního rozhraní inteligentního systému z daného výběru, což byl také hlavní cíl předkládané disertační práce.

V následujících podkapitolách závěru jsou shrnuty výsledky disertační práce ve vztahu k výzkumným otázkám, které byly formulovány za účelem definování cíle disertační práce, dále jsou prezentovány možnosti navazujícího výzkumu a uvedeny přínosy disertační práce.

7.1 Shrnutí výsledků ve vztahu k výzkumným otázkám

VO1 – Jaká je úloha interakčního designu v inteligentních prostředích?

Interakční design je nedílnou součástí procesu návrhu inteligentních prostředí, protože právě dobrý návrh interakcí, může vést k efektivní komunikaci a dialogu mezi uživatelem a použitými technologiemi v inteligentních systémech. Lidé nejčastěji komunikují prostřednictvím psaného nebo mluveného jazyka. Je tedy zřejmé, že také očekávají tento

druh interakce s inteligentním prostředím (Ramos et al., 2008). Zásadní otázkou je adaptace interakce mezi uživateli a ambientním prostředím.

Účelem ambientních systému je podpora lidí, předvídání jejich potřeb, rozpoznávat a reagovat na lidské emoce a podporovat lidskou bezpečnost proto je velice důležité přistupovat k navrhování a správnému hodnocení uživatelských systémů zodpovědně.

VO2 – Jak dobře/špatně navržený interakční design ovlivňuje inteligentní prostředí?

Dobře navržené a fungující inteligentní prostředí dokáže lidský život v mnohém ulehčit a v extrémních případech i zachránit. Ambientní inteligence má širokou škálu využití a je možné ji začlenit do téměř všech aspektů lidského života, např. v chytrých domácnostech, ve školství, ve zdravotnictví, v dopravě, ve výrobě, při nakupování. Zdravotnictví, seniorní a paliativní péče jsou oblasti, kde by využití AmI vedlo ke zlepšení kvality i k ochraně života lidí, je však nezbytné, aby byl dobře navržen interakční design takového prostředí, který by zohledňoval potřeby uživatelů a umožňoval uživatelům personalizovanou interakci s různými objekty denní potřeby pomocí hlasového projevu, očního kontaktu, gest nebo pouhé přítomnosti uživatele. Široká škála využití znamená i to, že s ambientní inteligencí musí být schopni zacházet různí uživatelé, jejich zkušenosti s ovládáním takové technologie se však mohou lišit. Je nutné navrhnout jasný komunikační protokol a rozhraní, pomocí kterého se uživatel s ambientní inteligencí dorozumí a naopak.

VO3 – Existuje jednotná terminologie pojmů v oblasti designu uživatelských prožitků a interakcí a existuje jednotná kategorizace evaluačních metod?

Při srovnávání terminologie v publikacích bylo patrné časté zaměňování nebo směšování pojmů hlavně u *uživatelsky přívětivého designu a uživatelského rozhraní*, dále u interakčního designu a interakce člověk – počítač. Je to dáno zřejmě tím, že se všechny jmenované oblasti zabývají designem, interakcemi uživatele s technologiemi nebo prostředím, chováním uživatele a uživatelským prožitkem. Terminologie pro oblast designu uživatelských prožitků a interakcí se tedy často prolíná a pojmy nejsou jasně a jednotně definovány. Také v oblasti Ambientní inteligence vznikají rozdílnosti v terminologii. Často se lze setkat s pojmy jako inteligentní prostředí, smart prostředí, adaptivní prostředí. Všechna tato prostředí mají společný cíl, měla by klást důraz na uživatele používajícího tato prostředí

a měla by ho proaktivně podporovat při jeho každodenních aktivitách a potřebách, zlepšovat jeho život a zároveň by měla být nenápadná.

VO4 – Proč je důležité hodnotit inteligentní prostředí?

Inteligentní prostředí nás zřejmě budou v blízké budoucnosti obklopotovat a budou mít vliv na kvalitu a osobní život každého z nás. V současné době se uživatelé stále setkávají se špatně navrženými webovými stránkami nebo s produkty, které nejsou uživatelsky přívětivé. U takových produktů dochází k nepochopení, jak je používat nebo jak například vyplnit formulář nebo kde nalézt požadovanou informaci. Pokud je produkt otestován z hlediska použitelnosti a následně dle zjištěných výsledků upraven, lze předejít nespokojenosti uživatele a výsledný produkt může být efektivnější, srozumitelnější a přínosnější po uživatelské, ale také ekonomické stránce. U inteligentních prostředí by měl být kladen ještě větší důraz na testování a hodnocení interakcí, jelikož se fungování v inteligentních prostředích nemusí týkat jen jednotlivce, ale může ho používat celá společnost (např. Smart City). Samozřejmě závisí na kontextu, kde bude inteligentní systém použit.

VO5 – Na co by se mělo zaměřit hodnocení inteligentního systému?

Vzhledem k tomu, že jednou z důležitých vlastností ambientní inteligence je její proaktivnost vůči uživateli, měl by mít uživatel jasnou zpětnou vazbu například vizuální nebo zvukovou. Způsoby ovládání ambientní inteligence mohou být různé, od klasických způsobů pomocí dotykového zařízení po aplikace ovládané pomocí hlasu, gesta nebo pohybu. Způsob ovládání je také závislý na účelu a prostředí, ve kterém je ambientní inteligence využita. V oblasti lékařství budou způsoby ovládání oproti ovládání domova nebo automobilu zcela jiné. Stejně tak bude komunikační protokol zdravého uživatele úplně jiný než v případě uživatele, který je zrakově, pohybově nebo jinak znevýhodněn. Využití a rozvoj inteligentního prostředí je závislý na několika kritériích – na použitelnosti, dobré ovladatelnosti, technické proveditelnosti, transparentnosti a bezpečnosti, kontrolovatelnosti, soukromí, adaptivitě a vnímavosti, na nenápadnosti a na způsobu využití.

- Použitelnost se rozšiřuje o emoce před, během a po použití systému.
- Ovladatelnost – uživatel bude inteligentní systém ovládat různými způsoby (hlasem, gesty, dotykem, pouhou přítomností v prostředí). Při hodnocení se budou muset testovat všechny tyto způsoby.

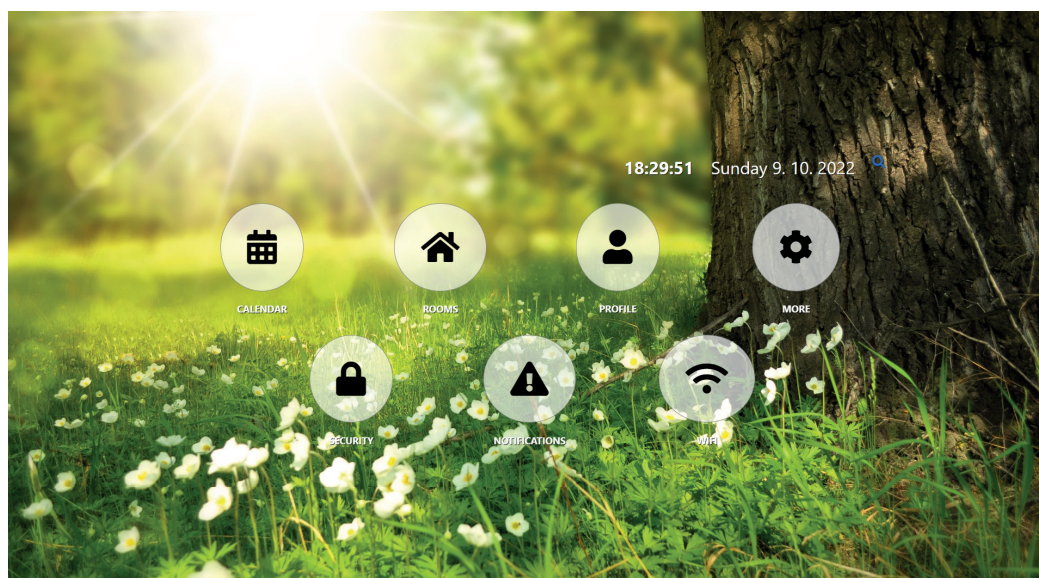
- Technická proveditelnost – systém by měl být realizovaný formou ověřených a spolehlivých komponent. Měl by být rozšiřitelný a dlouhodobě udržitelný. Jednotlivé komponenty by měly využívat stejných, standardizovaných a bezpečných komunikačních protokolů.
- Transparentnost a bezpečnost – je žádoucí, aby uživatel inteligentního systému chápal, proč systém provedl určitou akci nebo proč se tak přizpůsobil. Je důležité, aby uživatel věděl, jaké informace jsou shromažďovány, jak je systém bude interpretovat a jaké závěry z nich vyvodí.
- Soukromí v inteligentních prostředích je složitý problém, již při sběru dat nemusí být uživatel ochoten poskytnout některé informace, nebo informace nemohou být z právního hlediska poskytnuty. Lze však vyhodnotit, zda jsou informace bezpečně uložena v uživatelském profilu.
- Kontrolovatelnost je v tomto kontextu míněna jako schopnost uživatele regulovat/ kontrolovat a provozovat produkt (Zhang et al. 2007). Pokud je chování systému silně ovlivněno akcemi uživatele, uživatelé cítí, že mají systém pod kontrolou (Winter et al. 2008; Norman 2010).
- Adaptivita a vnímavost – hodnotit, jestli prostředí správně vyhodnotilo potřeby uživatele.
- Nenápadnost – nutno testovat, zda AmI nepůsobí na uživatele obtěžujícím způsobem (počet notifikací, opakovaná zvuková upozornění).
- Způsob využití – pro koho je určena (například pro zdravého jedince, pro uživatele Pse specifickými potřebami, podle věku uživatele) a kde je AmI využita (v domácím prostředí, ve školství, ve zdravotnictví).

VO6 – Je možné nalézt kompromisní variantu z různých návrhů interakčního rozhraní pro AmI? (VO6)

Dle výše uvedeného experimentu (kapitola 5.1) je možné prohlásit, že lze nalézt kompromisní variantu z různých návrhů interakčního rozhraní inteligentního systému, a to použitím metodiky BeUXco (kapitola 5.2).

VO7 – Je možné pro hodnocení použitelnosti a UX inteligentního systému použít metodu BeCoMe? (VO7)

Dle výše uvedeného experimentu (kapitola 5.1) je možné prohlásit, že metoda BeCoMe je použitelná i pro hodnocení návrhu uživatelského rozhraní ovládání inteligentního systému. Další možností, jak mohou zainteresované osoby vyjádřit své stanoviska na výzkumný problém je pomocí číselné hodnoty ve formátu: upřednostňovaná hodnota, dolní mez, horní mez. K výpočtům byl použit nástroj Interval v BECOME – Fuzzy Decision Tool. Experti měli na základě předložených podkladů k designu UI pro ovládací jednotku AmI systému navrhnout velikost ovládacích prvků (tlačítek) od 140 px do 280 px. Hodnotu svého stanoviska měli zapsat v jednotkách pixel. Pro představu prvků jsou hraniční velikosti graficky znázorněny na Obrázku 34 a 35. Své návrhy experti vyjadřují ve tvaru trojúhelníkového fuzzy čísla, jehož vrcholy leží uvnitř uvedeného intervalu

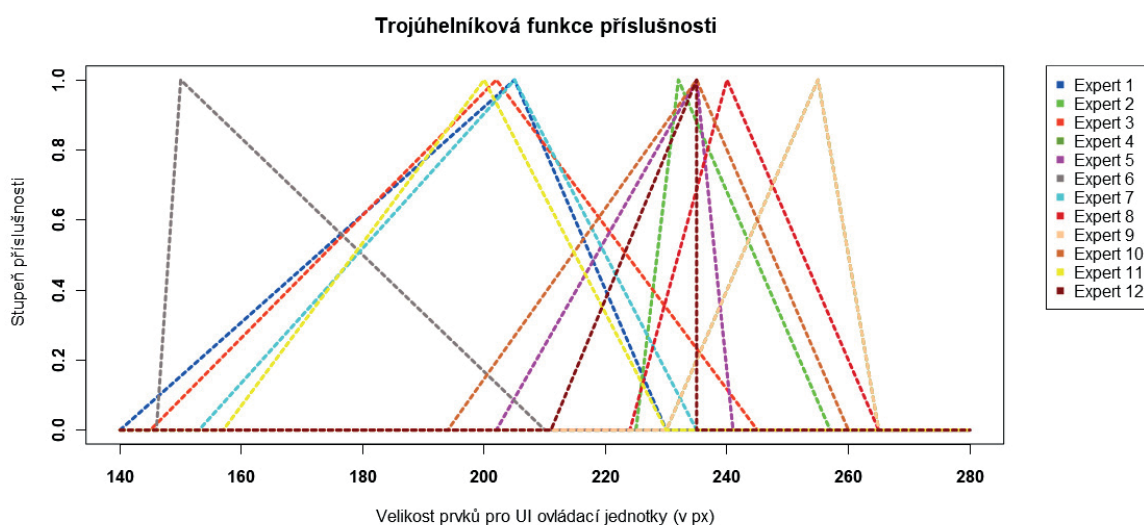


Obrázek 34: Velikost kulatého prvku – průměr 140 px (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 35: Velikost kulatého prvku – průměr 280 px (Zdroj: vlastní zpracování)

Na Obrázku 36 jsou graficky znázorněny experty navržené trojúhelníkové funkce příslušnosti velikostí ovládacích prvků. Lze pozorovat, že stanovisko experta 6 je odlišné, na rozdíl od ostatních stanovisek se spíše kloní k menší velikosti prvků v intervalu od 148 do 210 pixelů. Expert 9 zase preferuje větší velikost prvku v rozmezí 230 až 264 pixelů. Názory expertů 6 a 9 jsou téměř protichůdné, proto je nezbytné nalézt kompromis všech individuálních názorů.

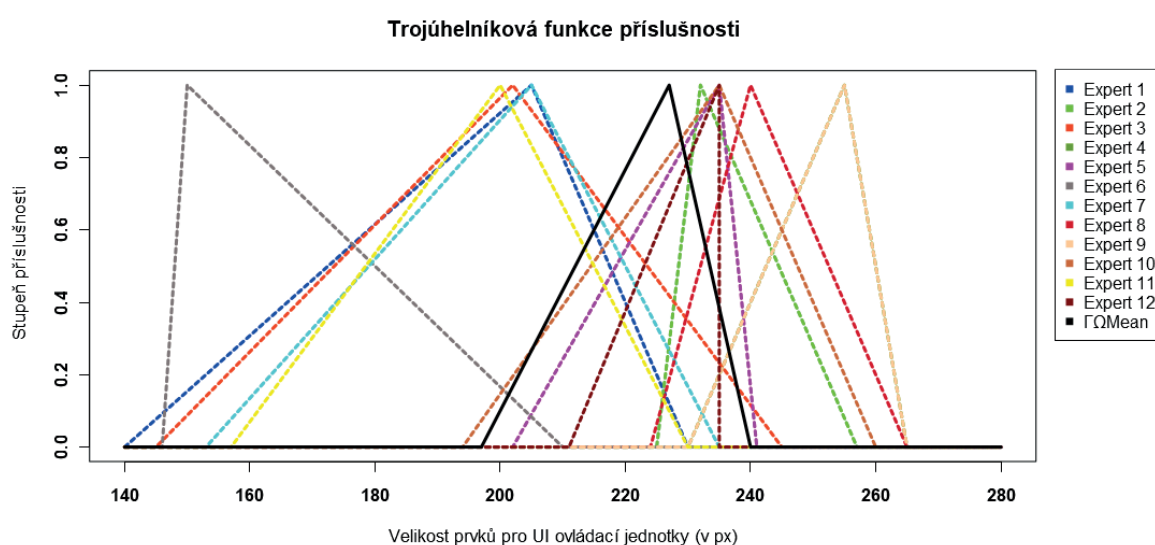


Obrázek 36: Grafické znázornění jednotlivých rozhodnutí expertů vyjádřena barevnými přerušovanými čarami. (Zdroj: vlastní zpracování)

K nalezení kompromisu byla použita metoda BeCoMe. Nejdříve byly sesbírány úsudky expertů vyjádřené pomocí fuzzy čísel s trojúhelníkovou funkcí příslušnosti $A_i C_i B_i$ (Tabulka 5), v druhém kroku byl vypočítán aritmetický průměr $\Gamma: (\alpha\gamma\beta)$ počtu expertních úsudků ($M=12$) s trojúhelníkovou funkcí příslušnosti, kde $\alpha = 188,17$, $\gamma = 218,67$ a $\beta = 242,92$ jsou aritmetickými průměry vrcholů dílčích funkcí příslušnosti $A_i C_i B_i$, ve třetím kroku byl vypočítán centroid G_x pro každý trojúhelník $A_i C_i B_i$ (Tabulka 5), ve čtvrtém kroku byly seřazeny úsudky expertů s ohledem na jejich centroidy (Tabulka 5), v pátém kroku byl vybrán medián (sudý počet expertů) $\rho = 206,5$, $\sigma = 238$ a $\omega = 235$, v šestém kroku bylo vypočítáno konečné rozhodnutí $\Gamma\Omega\text{Mean}: (\pi\varphi\xi)$ je $\pi = 197,33$, $\xi = 240,46$, a $\varphi = 226,83$ a v sedmém kroku byla vypočítána maximální chyba $\Delta_{\max} = 4,96$.

Na Obrázku 36 a 37 je graficky znázorněno vyjádření jednotlivých rozhodnutí expertů barevnými čarami. Výsledné rozhodnutí $\Gamma\Omega\text{Mean}$ je znázorněno černou plnou čarou.

Nejllepší kompromis expertů pro velikost prvku v uživatelském rozhraní je 221,54 px.



Obrázek 37: Grafické vyjádření jednotlivých rozhodnutí expertů jsou vyjádřena barevnými přerušovanými čarami dle odpovědi experta. Výsledné konečné rozhodnutí $\Gamma\Omega\text{Mean}$ je vyjádřeno plnou černou čarou. (Zdroj: vlastní zpracování)

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů

k otázce:

Na základě předložených podkladů k designu uživatelského rozhraní pro ovládací jednotku AmI systému, navrhňte velikost ovládacích prvků od 140 px do 280 px. Hodnotu svého stanoviska zapisujte v jednotkách pixel.

NEJLEPŠÍ KOMPROMIS: 221,54

Max. chyba odhadu: 4,96

Počet expertů: 12

<i>Experti</i>	<i>Nejlepší návrh C</i>	<i>Dolní hranice A</i>	<i>Horní hranice B</i>	<i>Centroid G_x</i>	<i>Pořadí</i>	<i>Medián</i>
1	205	140	230	191,67	2	
2	232	225	257	238,00	10	
3	202	145	245	197,33	4	
4	255	230	265	250,00	12	
5	235	202	241	226,00	6	Ω_1
6	150	146	210	168,67	1	
7	205	153	235	197,67	5	
8	240	224	265	243,00	11	
9	230	231	242	234,33	9	
10	235	194	260	229,67	8	
11	200	157	230	195,67	3	
12	235	211	235	227,00	7	Ω_2
$\gamma = 218,67 \quad \alpha = 188,17 \quad \beta = 242,92$						

Tabulka 5: Návrhy expertů s určenou aritmetickou hodnotou $\Gamma: (\alpha\beta)$, centroidy G_x , pořadím a mediánem Ω

7.2 Možnosti navazujícího výzkumu

Na poznatky uvedené v předkládané disertační práci lze navázat například:

- Zimplementováním metodiky do vrstveného hodnocení adaptivního systému navrženého Paramythisem et al. (2010).
- Přizpůsobením metodiky pro on-line posuzování.

7.3 Přínosy disertační práce

Výsledná metodika umožňuje provádět hodnocení systémů v oblasti UX i UI inteligentních systémů. Metodikou BeUXco je možné vyřešit sporné problémy v návrzích uživatelských rozhraní a při jejím použití získat dále využitelné poznatky při testování webových stránek nebo inteligentních systémů. Metodika je organizačně i časově nenáročná. Pomocí této metodiky lze zrychlit proces posuzování jednotlivých návrhů uživatelských rozhraní.

Výhodou navržené metodiky je také, že nevyžaduje složité vstupní informace a využívá snadno dostupný nástroj metody BECOME – Fuzzy Decision Tool, který umožňuje jednoduše zadat hodnotící kritéria, je uživatelsky přívětivý a provází vyhodnocovatele jednotlivými kroky. Evaluační nástroj je spolehlivý a rychle použitelný.

Navržená metodika se může stát rychlým přínosným hodnotícím nástrojem pro další výzkumníky, kteří se zabývají návrhy uživatelských rozhraní, návrhy interakcí mezi člověkem a technologiemi nebo inteligentními systémy.

8. Seznam zdrojů

- AARTS, E. H. L., R. HARWING a M. SCHUURMANS, 2001. *Ambient Intelligence*. In: P. Denning, *The Invisible Future*, McGraw Hill, New York.
- ABOWD, G.D., MYNATT, E.D., 2000. *Charting Past, Present, and Future Re-search in Ubiquitous Computing*, ACM ToCHI, 7(2), 29–58. ACM.
- ANDER, V., CIHELKA, P., TYRYCHTR, J., BENDA, T., VYDROVÁ, H. V., KLIMEŠOVÁ, D., 2020. *Eye-tracking Study of Direction Influence of User's Attention for Intelligence System Design*. Springer. ISBN 978-3-030-51964-3.
- ANDER, V., CIHELKA, P., TYRYCHTR, J., NOVÁK, D., 2022. *Towards Compromise User Experience Design in Ambient Intelligent Environment*. AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics, Vol. 14, No. 2, pp. 3-13. ISSN 1804-1930. DOI 10.7160/aol.2022.140201.
- ANDRADE, R.M.C.; CARVALHO, R.M.; de ARAÚJO, I.L.; OLIVEIRA, K.M.; MAIA, M.E.F., 2017. *What Changes from Ubiquitous Computing to Internet of Things in Interaction Evaluation?* In *Distributed, Ambient and Pervasive Interactions*; Streit, N., Markopoulos, P., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2017; pp. 3–21.
- ALBEN, L., 1996. *Quality of experience: defining the criteria for effective interaction design*. *interactions*, 1996, 3.3: 11-15.
- ASAKAWA, C., TAKAGI, H., 2007. Text entry for people with visual impairments. In I. S. MacKenzie & K. Tanaka-Ishii (Eds.), *Text entry systems: Mobility, accessibility, universality* (pp. 304–318). San Francisco: Morgan Kaufmann.
- ASH, R. B., 2012. *Information Theory*. Courier Corporation. 339 s. ISBN 0-486-66521-6
- AUGUSTO, J. C., NAKASHIMA, H., AGHAJAN, H., 2010. *Ambient intelligence and smart environments: A state of the art*. In: *Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments*, Springer Science+Business Media, pp. 3-31.
- AUGUSTO, J. C., CALLAGHAN, V., COOK, D., KAMEAS, A., SATOH, I., 2013. *Intelligent environments: A manifesto*. *Human Centric Comput. Inform. Sci.*, vol. 3, no. 12, pp. 1-18.
- AUGUSTO, J. C., MCCULLAGH, P., 2007. *Ambient Intelligence: Concepts and Applications*. School of Computer Science and Mathematics University of Ulster at Jordanstown BT37 0QB United Kingdom {jc.augusto, pj.mccullagh}@ulster.ac.uk UDC 004.81 ComSIS Vol. 4, No. 1.
- BARNUM, C. M., KRUG, S., 2021. *Usability testing essentials: ready, set...test!* 2nd. Ed. San Francisco; New York; San Diego; Singapore; Amsterdam; Tokyo; London; Heidelberg; Oxford; Paris; Sydney; Boston: Elsevier. ISBN 9780128169421.
- BACSO, P., QUINTANILHA MIRANDA PEREIRA, D., 2014. *Web design and usability Issues: how people read webpages*.
- BEDINI, S. A., 1994. *The trail of time: Time measurement with incense in East Asia*. Press Syndicat of the University of Cambridge. ISBN 0-521-37482-0.

- BENYON, D., 2010. *Designing interactive systems: a comprehensive guide to HCI and interaction design*. 2nd. Harlow: Addison Wesley. ISBN 0321435338;9780321435330.
- BEVAN, N., 2009. *What is the difference between the purpose of usability and user experience evaluation methods*. In: Proceedings of the Workshop UXEM. p. 1-4.
- BIAS, R. G., MAYHEW, D. J., 2005. *Cost – justifying usability: An Update for the Internet Age*. 2. vydání. The United States of America: Morgan Kaufmann publication. 640 s. ISBN:0-12-095811-2.
- BIBRI, S. E., 2015. *The human face of ambient intelligence*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-94-6239-129-1.
- BONGARTZ, S., JIN, Y., PATERNÒ, F., RETT, J., SANTORO, C., SPANO, L. D., 2012. *Adaptive User Interfaces for Smart Environments with the Support of Model-Based Languages*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. AmI 2012, LNCS 7683, pp. 33–48.
- BORCHERS, J. O., 2001. *A pattern approach to interaction design*. Ai Soc., vol. 15, no. 4, pp. 359–376.
- BRANCH, J. L., 2000. *Investigating the Information-Seeking Processes of Adolescents*. Library & Information Science Research [online]. 22(4), 371–392. ISSN 07408188. Dostupné z: doi:10.1016/S0740-8188(00)00051-7
- BREWSTER, S. A., MCGOOKIN, D., MILLER, C., 2006. *Olfoto: Designing a smell-based interaction*. Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI. New York: ACM. 653–662.
- BROMILEY, P. A., THACKER, N. A., BOUHOVA-THACKER, E., 2004. *Shannon entropy, Renyi entropy, and information*. Statistics and Inf. Series (2004-004), 2004, 9.
- BROOKE, John, 1995. *SUS: A quick and dirty usability scale*. Usability Eval. Ind.. 189.
- BRUSILOVSKY, P., KARAGIANNIDIS, C., SAMPSON, D., 2001. *The benefits of layered evaluation of adaptive applications and services*. In: 1st Workshop on Empirical Evaluation of Adaptive Systems at UM2001, pp. 1–8. Sonthofen, Germany.
- BRUSILOVSKY, P., FARZAN, R., AHN, J., 2006. *Layered evaluation of adaptive search*. In: Workshop on Evaluating Exploratory Search Systems at SIGIR06, pp. 11–13. Seattle, WA.
- BRUNYÉ, T. T., GARDONY, A. L., 2017. *Eye tracking measures of uncertainty during perceptual decision making*. International Journal of Psychophysiology [online]. 120, 60–68. ISSN 01678760. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ijpsycho.2017.07.008
- CARD, S. K., MORGAN, T., NEWELL, A., 1983. *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. ISBN13: 9780898598599
- CLUBB, O. L., 2007. *Human-to-Computer-to-Human Interactions (HCHI) of the Communications Revolution*. Interactions 14, 2, 35-39.

- COOK, D. J., YOUNGBLOOD, M., HEIERMAN, E.O., GOPALRATNAM, K., et al., 2003. *MavHome: an agent-based smart home*, Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications. (*PerCom 2003*)., 2003, pp. 521-524, DOI: 10.1109/PERCOM.2003.1192783.
- COOPER, A., REIMANN, R., CRONIN, D., 2007. *About face 3: the essentials of interaction design*. [3rd ed.], Completely rev. & updated. Indianapolis, IN: Wiley Pub. ISBN 978-0-470-08411-3.
- CORNO, F., 2018. *User expectations in intelligent environments: Issues and opportunities in the interaction of intelligent users and intelligent environments*. Journal of Reliable Intelligent Environments, 2018, 4.4: 189-198.
- ÇAKAR, Tuna et al., 2017. The Use of Neurometric and Biometric Research Methods in Understanding the User Experience During Product Search of First-Time Buyers in E-Commerce. Design, user experience, and usability: Theory, methodology, and management. Cham: Springer International Publishing, 342-362 s. ISBN 0302-9743.
- DAHL, Y., SVENDSEN, R.-M., 2011. *End-user composition interfaces for smart environments: A preliminary study of usability factors*. In: International Conference of Design, User Experience, and Usability. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 118-127.
- De CAROLIS, B.; FERILLI, S.; NOVIELLI, N., 2012. *Recognizing the User Social Attitude in Multimodal Interaction in Smart Environments*. In Ambient Intelligence; Paternò, F., de Ruyter, B., Markopoulos, P., Santoro, C., van Loenen, E., Luyten, K., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2012; pp. 240–255.
- DENG, J., KEMP, E., TODD, E.G., 2005. *Managing UI pattern collections*. In Proceedings of the 6th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-human interaction: making CHI natural (pp. 31-38).
- DIX, A., 2017. *Human-computer interaction, foundations and new paradigms*. Journal of Visual Languages & Computing, 42: 122-134.
- DUCATEL, K., et al., 2001. *Scenarios for ambient intelligence in 2010*. Luxembourg: Office for official publications of the European Communities. ISBN 92-894-0735-2.
- DUCATEL, K., et al., 2003. *Ambient intelligence: From vision to reality*. IST Advisory Group Draft Report, European Commission.
- ERICSSON, K. A. a SIMON, H. A., 1993. *Protocol analysis: verbal reports as data*. Rev. ed. Cambridge, Mass: MIT Press. ISBN 978-0-262-05047-0.
- FINCK, N., 2019 [cit. 2019-08-2]. *UX Best Practices* [online]. Dostupné z <https://www.slideshare.net/nickf/user-experience-best-practices>.
- FREED, M., REMINGTON, R., 2000. *GOMS, GOMS+ and PDL*. In: Working Notes of the AAAI Fall Symposium on Simulating Human Agents.
- FRIEDEWALD, M., DA COSTA, O., PUNIE, Y., ALAHUHTA, P., AND HEINONEN, S., 2005. *Perspectives of ambient intelligence in the home environment*. Telematics Informatics, 22, Elsevier, 221–238.

- GALITZ, W. O., 2007. *The essential guide to user interface design: An introduction to GUI design principles and techniques*. 3rd Edition. ISBN: 978-0-470-14622-4.
- GARATE, A., HERRASTI, N., LOPEZ, A., 2005. *GENIO: An ambient intelligence application in home automation and entertainment environment*. In Proceedings of the Joint sOc-EUSAI Conference. 241–245.
- HARTSON, R., PYLA, P. S., 2012. *The UX Book: Process and Guidelines for Ensuring a Quality User Experience*. Elsevier. ISBN: 978-0-12-385241-0.
- HANINGTON, B., MARTIN, B., 2019. *Universal Methods of Design, Expanded and Revised*. Rock Publishers Inc., ISBN: 978-63159-748-0.
- HOŘÍNKOVÁ, K., 2012 [cit. 2019-08-20]. *Interakční design* [online]. Dostupné z <http://www.inflow.cz/interakcni-design>.
- HOLMES, A., DUMAN, H., POUNDS-CORNISH, A. 2002. *The iDorm: Gateway to Heterogeneous Networking Environments*. In: International ITEA Workshop on Virtual Home Environments. Germany: Paderborn, p. 20-21.
- HOLMQVIST, K., NYSTROM, M., ANDERSSON, R., DEWHURST R., JARODZKA, H. a Joost van de WEIJER, 2015. *Eye tracking: a comprehensive guide to methods and measures*. First published in paperback. Oxford: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-873859-6.
- HOM, J., 1998 [cit. 2019-08-12]. *The usability methods toolbox handbook*. Dostupný z: <https://rauterberg.employee.id.tue.nl/lecturenotes/UsabilityMethodsToolboxHandbook.pdf>, 144: 73-80.
- HUTCHINS, E., J., HOLLAN, J., NORMAN, D. A., 1986. *Direct Manipulation Interfaces*. In A. N. Donald & S. W. Draper (Eds.), *User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction* (pp. 339-352). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- CHADRABA, L., 2016 a [cit. 2019-08-20]. *Co je UX*. [online]. Dostupné z <https://blog.aw-dev.cz/co-je-ux/>.
- CHADRABA, L., 2016 b [cit. 2019-08-20]. *Interakční design*. [online] Dostupné z <https://blog.aw-dev.cz/interakcni-design/>.
- CHIN, D., 2001. *Empirical evaluation of user models and user-adapted systems*. User Model. User-Adap. Inter. 11(1-2), 181–194 (2001)
- ISO/TR 16982:2002, 2002 [cit. 2020-9-21] *Ergonomics of human-system interaction – Usability methods supporting human-centred design*. Switzerland: International Organization for Standardization. Dostupné z <https://www.sis.se/api/document/preview/901955/>
- JACOB, R. J. K., 1993. *Hot topics – eye-gaze computer interfaces: what you look at is what you get*, in *Computer*, vol. 26, no. 7, pp. 65-66, July 1993, doi: 10.1109/MC.1993.274943.
- JAMESON, A., 2001. *Systems that Adapt to their Users: An Integrative Perspective*. Saarland University, Saarbrücken.

- JAMESON, A., 2003. *Adaptive interfaces and agents*. In: Jacko, J.A., Sears, A. (eds.) *The Human–Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*, pp. 305–330. L. Erlbaum Associates, Hillsdale.
- JOHN, B. E.; J., KIERAS, D., 1999. *The GOMS Family of User Interface Analysis Techniques: Comparison and Contrast*. *Transactions of Computer-Human Interaction*. 3(4). 10.1145/235833.236054.
- JOHNSON, J., 2014;2013. *Designing with the Mind in Mind: Simple Guide to Understanding User Interface Design Guidelines* [online]. San Francisco: Elsevier Science & Technology, ISBN 0124079148;9780124079144.
- KAYE, J. J., 2004. *Making scents: Aromatic output for HCI*. *interactions*, 11(1), 48–61.
- KLEINBERGER, T., BECKER, M., RAS, E., HOLZINGER, A., MÜLLER, P., 2007 *Ambient Intelligence in Assisted Living: Enable Elderly People to Handle Future Interfaces*. In: Stephanidis, C. *Universal Access in Human-Computer Interaction: Ambient Interaction*. Springer. ISBN 978-3-540-73280-8.
- KOLKO, J., 2011. *Thoughts on interaction design: a collection of reflections*. 2nd ed. Boston: Elsevier/Morgan Kaufmann. ISBN 978-0123809308.
- KRUG, S., 2010. *Nenuťte uživatele přemýšlet! praktický průvodce testováním a opravou chyb použitelnosti webu*. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-2923-4.
- LAI, Meng-Lung, Meng-Jung TSAI, Fang-Ying YANG, Chung-Yuan HSU, Tzu-Chien LIU, Silvia Wen-Yu LEE, Min-Hsien LEE, Guo-Li CHIOU, Jyh-Chong LIANG a Chin-Chung TSAI, 2013. *A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012*. *Educational Research Review* [online]. 10, 90–115. ISSN 1747938X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.edurev.2013.10.001.
- LAZAR, J., FENG, J. H., HOCHHEISER, H., 2017. *Research methods in human-computer interaction*. Morgan Kaufmann. ISBN: 978-0-12-805390-4
- LEWIS, C., POLSON, P. G., WHARTON, C., RIEMAN, J., 1990. *Testing a walkthrough methodology for theory-based design of walk-up-and-use interfaces*. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI ,90)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 235–242. DOI: <https://doi.org/10.1145/97243.97279>
- LIN, J. and LANDAY, J. A., 2008. *Employing patterns and layers for early-stage design and prototyping of cross-device user interfaces*. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI ,08)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1313–1322. DOI: <https://doi.org/10.1145/1357054.1357260>.
- LIU, Y., GONCALVES, J., FERREIRA, D., XIAO, B., HOSIO, S., KOSTAKOS, V., 2014. *CHI 1994-2013: mapping two decades of intellectual progress through co-word analysis*. In: *Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 3553–3562.

- LÖWGREN, Jonas a Erik STOLTERMAN, 2004. *Thoughtful Interaction Design: A Design Perspective on Information Technology* [online]. Cambridge: MIT Press, 2007; 2004. ISBN 9780262622097;0262622092.
- MACKENZIE, I. S., 2013. *Human-Computer Interaction: An Empirical Research Perspective* [online]. San Francisco: Elsevier Science & Technology. ISBN 9780124058651;0124058655.
- MAESTRE, J. M., CAMACHO, E. F., 2009. *Smart home interoperability: the DomoEsi project approach*. International Journal of Smart Home, 3(3).
- MARKOPOULOS, P., RUYTER, B.D., PRIVENDER, S., & BREEMEN, A. V., 2005. *Case study: Bringing social intelligence into home dialogue systems*. interactions, 12(4), 37–44.
- MAULSBY, D., GREENBERG, S., MANDER, R., 1993. *Prototyping an intelligent agent through wizard of Oz*. In: 10th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 277–284. ACM, Amsterdam, The Netherlands.
- MIKULECKÝ, P., 2012. *Ambientní inteligence – proč a kam?* Studijní materiál ke kurzu Teoretické aspekty umělé inteligence. Fakulta informatiky a managementu Univerzity Hradec Králové Projekt Informační, kognitivní a interdisciplinární podpora výzkumu je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
- MOLNÁR, Z., MILDEOVÁ, S., ŘEZANKOVÁ, H., BRXÍ, R., KALINA, J., 2012. *Pokročilé metody vědecké práce*. Praha: Profess Consulting. ISBN 978-80-7259-064-3.
- MORAN, K., 2020. [cit. 2021-03-10]. *How People Read Online: New and Old Findings*. Nielsen Norman Group [online]. Dostupné z <https://www.nngroup.com/articles/how-people-read-online/>.
- NGUYEN, L., DO, P., 2009. *Combination of Bayesian network and overlay model in user modeling*. In: Allen, G., Nabrzyski, J., Seidel, E., Albada, G.D., Dongarra, J., Sloot, P.M.A. (eds.) ICCS 2009. LNCS, vol. 5545, pp. 5–14. Springer, Heidelberg (2009). doi:10.1007/978-3-642-01973-9 2.
- NGUYEN, Q., KIPP, M., 2015. *Where to start? Exploring the efficiency of translation movements on multitouch devices*. In: Abascal, J., Barbosa, S., Fetter, M., Gross, T., Palanque, P., Winckler, M. (eds.) INTERACT 2015. LNCS, vol. 9299, pp. 173–191. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22723-8_15
- NIST – NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST), 2021 [cit. 2021-09-20]. *Human Centred Design (HCD)* [online]. Dostupné z <https://www.nist.gov/itl/iad/visualization-and-usability-group/human-factors-human-centered-design>.
- NIELSEN, J., 1993. *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann, San Francisco. ISBN: 0-12-518406-9.
- NIELSEN, J. a MACK, R. L., 1994. *Usability inspection methods*. New York: John Wiley & Sons. 412 s. ISBN 0-471-01877-5.

- NIELSEN, J., 2002. *Web Design*. Praha: SoftPress. ISBN 80-864-9727-5.
- NIELSEN, J., 2011 [cit. 2019-09-20]. *First Rule of Usability? Don't Listen to Users*. Nielsen Norman Group. [online]. Dostupné z <https://www.nngroup.com/articles/first-rule-of-usability-dont-listen-to-users/>.
- NIELSEN, J., 2013 [cit. 2020-09-25]. *Website Reading: It (sometimes) Does Happen*. Nielsen Norman Group. [online]. Dostupné z <https://www.nngroup.com/articles/website-reading/>.
- NORMAN, D. A., 1988. *The psychology of everyday things*. Basic books. ISBN: 0465067093
- NORMAN, D. A., 2010. *Design pro každý den*. Praha: Dokořán. ISBN 9788073633141.
- NORMAN, D. A., 2013. *The design of everyday things*. Revised and expanded edition. New York, New York: Basic Books. ISBN 978-0-465-00394-5o.
- NTOA, S.; MARGETIS, G.; ANTONA, M.; STEPHANIDIS, C., 2019. *UXAmIObserver: An automated User Experience evaluation tool for Ambient Intelligence environments*. Proceedings of the 2018 Intelligent Systems Conference (IntelliSys 2018) (pp. 1350–1370). Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-01054-6_94.
- NTOA, S., MARGETIS, G., ANTONA, M., STEPHANIDIS, C., 2021. *User Experience Evaluation in Intelligent Environments: A Comprehensive Framework*. Technologies, 9, 41. <https://doi.org/10.3390/technologies9020041>.
- ORQUIN, J. L. a MUELLER LOOSE, S., 2013. *Attention and choice: A review on eye movements in decision making*. Acta Psychologica [online]. 144(1), 190–206. ISSN 00016918. Dostupné z: doi: 10.1016/j.actpsy.2013.06.003.
- OULASVIRTA, A., KRISTENSSON, P. O., Xiaojun, B., Howes, A., 2018. *Computational interaction*. První vyd. Oxford: Oxford University Press. ISBN 9780198799603; 0198799608; 0198799616; 9780198799610;
- PARAMYTHIS, A., WEIBELZAHN, S., MASTHOFF, J., 2010. *Layered evaluation of interactive adaptive systems: framework and formative methods*.
- PASTUSHENKO, O., HYNEK, J., HRUŠKA, T., 2021. *Evaluation of user interface design metrics by generating realistic-looking dashboard samples*. Expert Systems. 38: e12434. <https://doi.org/10.1111/exsy.12434>.
- PATERNÒ, F., SANTORO, C., SPANO, L.D., 2009. *MARIA: A universal, declarative, multiple abstraction-level language for service-oriented applications in ubiquitous environments*. ACM Trans. Computer-Human Interaction 16(4), 1–30.
- PAVLICA, K. a kol., 2000. *Sociální výzkum, podnik a management: průvodce manažera v oblasti výzkumu hospodářských organizací*. Praha, Ekopress. ISBN 8086119254.
- PAVLOVIC, M., KOTSOPOULOS, S., LIM, Y., PENMAN, S., COLOMBO, S., CASALEGNO, F., 2020. *Determining a Framework for the Generation and Evaluation of Ambient Intelligent Agent System Designs*; Springer: Cham, Switzerland, 2020; pp. 318–333.

- PREECE, J., ROGERS, Y. a SHARP, H., 2002. *Interaction design: beyond human-computer interaction*. New York, NY: J. Wiley. ISBN 04-714-9278-7.
- PRUITT, J., GRUDIN, J., 2003. *Personas: practice and theory*. In: Proceedings of the 2003 conference on Designing for user experiences. p. 1-15.
- RAMOS, C., AUGUSTO, J. C., SHAPIRO, D., 2008. *Ambient Intelligence—the Next Step for Artificial Intelligence*. In IEEE Intelligent Systems, vol. 23, no. 2, pp. 15-18, March-April 2008, doi: 10.1109/MIS.2008.19.
- REMAGNINO, P., FOREST, G., L. a ELLIS, T., 2005. *Ambient Intelligence: A novel Paradigm*. New York: Springer Science+Business Media. ISBN 978-0-387-22990-4.
- RIM, R., MOMAMED, A., ADEL, M., 2013. *Bayesian networks for user modeling: predicting the user's preferences*. In: International Conference on Hybrid Intelligent Systems, HIS 2013, pp. 144–148.
- RIM, R., MOMAMED, A., M., ADEL, M., MOHAMEND, A., 2017. *Evaluation Method for an Adaptive Web Interface: GOMS Model. Intelligent systems design and applications*. Cham: Springer International Publishing. , 116-124 s. ISBN 2194-5357.
- RIVA, G., LORETI, P., LUNGI, M., VATALARO, F. a DAVIDE, F., 2003. *Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments*, chapter Presence 2010: The Emergence of Ambient Intelligence, pages 59–82. IOS Press.
- ROBERT, J.-M., LESAGE, A., 2012. *Designing and evaluating user experience*. The Handbook of Human-Machine Interaction: A Human-Centered Design Approach, 321-338.
- ROTO, V., OBRIST, M., VÄÄNÄNEN-VAINIO-MATTILA, K., 2009. *User experience evaluation methods in academic and industrial contexts*. In: Proceedings of the Workshop UXEM. 2009. p. 1-5.
- RUYTER, B., AARTS, E., MAKROPOULOS, P., IJSSELSTEIJN, W., 2005. *Ambient Intelligence Research in HomeLab: Engineering the User Experience*. Electronics Letters - ELECTRON LETT. 10.1007/3-540-27139-2_4.
- RUYTER, B., AARTS, E., 2010. *Experience Research: A Methodology for Developing Human-centered Interfaces*. Springer Science + Business. DOI 10.1007/978-0-387-93808-0_39.
- RUSSO, J. E., 2011. *Eye fixations as a process trace*. In: A handbook of process tracing methods for decision research: A critical review and user's guide. New York, NY, US: Psychology Press, Society for Judgment and Decision Making series, s. 43–64. ISBN 978-1-84872-864-6.
- SADRI, F., 2011. *Ambient intelligence: A survey*. ACM Comput. Surv. 43, 4, Article 36 (October 2011), 66 pages. DOI = 10.1145/1978802.1978815 <http://doi.acm.org/10.1145/1978802.1978815>.
- SAFFER, D., 2010. *Designing for interaction: creating innovative applications and devices*. 2nd ed. Berkeley, CA: New Riders. Voices that matter. ISBN 978-032-1643-391.
- SHADBOLT, N., 2003. *Ambient intelligence*. IEEE Intelligent Systems, pages 2–3.

- SHARP, H., ROGERS, Y. a PREECE, J., 2019. *Interaction design: beyond human-computer interaction*. 5. vydání. New York, NY: J. Wiley & Sons Inc., ISBN 9781119547259.
- SEARS, A. a JACKO, J.A., 2009. *Human-Computer Interaction: design issues, solutions, and applications*. CRC Press. ISBN 978-1420088854.
- SHANNON, C. E., 1948. *A mathematical theory of communication*. Bell Systems Technical Journal, 27:379–423 and 623–656.
- SHARMA, R., PAVLOVIC, V. I. a HUANG, T. S., 1998. *Toward multimodal human-computer interface*. Proceedings of the IEEE. Č. 5. ISSN 0018-9219.
- SHARP, H., ROGERS, Y. a PREECE, J., 2019. *Interaction Design: Beyond Human – Computer Interaction*. 5th ed., vol. 11. West Sussex, U.K.: Wiley. ISBN: 978-1-119-54725-9.
- SHEIDERMAN, B., 1987. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Addison-Wesley Publishing co., Reading, MA.
- SHNEIDERMAN, B., PLAISANT, C., 2010. *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. 5th ed. Boston: Addison-Wesley. ISBN 03-215-3735-1.
- SCHUMMER, T., LUKOSCH, S., 2013. *Patterns for Computer-Mediated Interaction*. Hoboken, NJ, USA: Wiley.
- SOKEN, N., RAINHART, B., VORA, P., METZ, S., 1993. *Methods for Evaluating Usability*. (Section 5B), Honeywell, Dec. 1993.
- SOUKOREFF, R., MacKENZIE, I., 2004. *Towards a standard for pointing device evaluation, perspective on 27 years of Fitts' Law research in HCI*. International Journal of Human-Computer Studies, Volume 61, Issue 6, 751-789, ISSN 1071-5819, <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2004.09.001>.
- STARY, C., TOTTER, A., 1997. *How to integrate concepts of the design and the evaluation of adaptable and adaptive user interfaces*. In: 3rd ERCIM Workshop on User Interfaces for All, pp. 68–75. Obernai, France.
- STEPHANIDIS, C.C., SALVENDY, G., ANTONA, M., CHEN, J.Y.C., DONG, J., DUFFY, V.G., FANG, X., FIDOPIATIS, C., FRAGOMENI, G., FU, L.P., et al., 2019. *Seven HCI Grand Challenges*. Int. J. Hum. Comput. Interact. 2019.35, 1229–1269.
- SYCARA, K., P., 1998. *Multiagent systems*. AI magazine, 1998, 19.2: 79-79.
- SYKIANAKI, E., LEONIDIS, A., ANTONA, M., STEPHANIDIS, C., 2019. *CaLmi: stress management in intelligent homes*. In: Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers. p. 1202-1205.
- TIDWELL, J., BROWER, CH., VALENCIA, A., 2020. *Designing Interfaces. Patterns for Effective Interaction Design*. 3rd ed. O'Reilly Media Inc., Canada. ISBN 978-1-492-05196-1.

- TSOLAKOU, E., et al., 2020. *Hypnos: a sleep monitoring and recommendation system to improve sleep hygiene in intelligent homes*. In: International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies. Springer, Cham. p. 433-439.
- TULLIS, T. S., STETSON, J. N., 2004. *A comparison of questionnaires for assessing website usability*. In Proceedings of the UPA International Conference (pp. 1–12).
- TYRYCHTR, J., PELIKÁN, M., KVASNIČKA, R., ANDER, V., BENDA, T., VRANA, I., 2019. *Multi-agent System in Smart Econometric Environment*. In Intelligent Systems Applications in Software Engineering. CoMeSySo 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1046 03.10.2019, Online. Cham: Springer Nature Switzerland AG.
- UsabilityNet, 2006 [cit. 2021-09-6]. *Tools & Methods: Contents*. Dostupné z: <https://usabilitynet.org/tools-list>.
- User's manual Tobii Studio. Version 3.4.6 (2016). Tobii AB.
- VÁLKA, O., 2011 [cit. 2019-08-2]. *Co je UX design* [online]. Dostupné z <http://valka.info/notes/2011/04/co-je-ux-design/>.
- VEGA-BARBAS, M., PAU, I., AUGUSTO, J. C., SEOANE, F., 2014. *Confidence: Dependencies and their critical role in fostering user acceptance in pervasive applications*. In Proc. EAI 4th Int. Conf. Wireless Mobile Commun. Healthcare (Mobi-health).
- VEGA-BARBAS, M., PAU, I., AUGUSTO, J. C., SEOANE, F., 2017. *Interaction patterns for smart spaces: A confident interaction design solution for pervasive sensitive iot services*. IEEE Access 6:1126–1136
- VRANA, I., VANÍČEK, J., KOVÁŘ, P., BROŽEK, J., ALY, S., 2012. *A group agreement-based approach for decision making in environmental issues*. Environmental Modelling & Software, 36, 99-110.
- VRANA, I., TYRYCHTR, J., PELIKÁN, M., 2021. *BeCoMe: Easy-to-implement optimized method for best-compromise group decision making: Flood-prevention and COVID-19 case studies*. Environmental Modelling & Software, 136, 104953.
- WAIBEL, A., R., STIEFELHAGEN, R., CARLSON, J. et al., 2010. *Computers in the Human Interaction Loop*, In: Handbook of ambient intelligence and smart environments. Springer, DOI 10.1007/978-0-387-93808-0_40.
- WALLACE, D. F., NORMAN, K. L., & PLAISANT, C., 1988. *The american voice and robotics“ guardian“ system: a case study in user interface usability evaluation*. University of Maryland.
- WEINSCHENK, S., 2012. *100 věcí, které by měl každý designér vědět o lidech*. 1. Praha: Computer Press. ISBN 978-80-251-3649-2.
- WHITENTON, K., 2018. *The Two UX Gulfs: Evaluation and Execution* [online]. NN/g – NIELSEN NORMAN GROUP [cit. 2021-09-20]. Dostupné z: <https://www.nngroup.com/articles/two-ux-gulfs-evaluation-execution/>.

- WIBERG, M., 2016. *Interaction, new materials & computing – Beyond the disappearing computer, towards material interactions*. Materials & Design, Volume 90, ISSN 0264-1275, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.05.032>.
- WILSON, Ch., 2013. *Brainstorming and beyond: a user-centered design method*. Newnes. ISBN: 978-012-407157-5.
- WINTER, S., WAGNER, S., DEISSENBOECK, F., 2008. *A comprehensive model of usability*. In: Engineering Interactive Systems Conference. LNCS, vol. 4940, pp. 106–122. Springer, Berlin.
- ZHANG, T., RAU, P., SALVENCY, G., 2007. *Developing instrument for handset usability evaluation: A survey study*. In: 12th International Conference on Human–Computer Interaction, Beijing, China. LNCS, vol. 4550, pp. 662–671. Springer, Berlin (2007)
- ZUSCHKE, N., 2019. *An analysis of process-tracing research on consumer decision making*. Journal of Business Research [online]. S0148296319300281. ISSN 01482963. Dostupné z: [doi:10.1016/j.jbusres.2019.01.028](https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.028)

Publikační činnost autorky:

- ANDER, V., CIHELKA, P., TYRYCHTR, J., NOVÁK, D., 2022. *Towards Compromise User Experience Design in Ambient Intelligent Environment*. AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics, Vol. 14, No. 2, pp. 3-13. ISSN 1804-1930. DOI 10.7160/aol.2022.140201.
- ANDER, V., CIHELKA, P., TYRYCHTR, J., BENDA, T., VYDROVÁ, H. V., KLIMEŠOVÁ, D., 2020. *Eye-tracking Study of Direction Influence of User's Attention for Intelligence System Design*. Springer. ISBN 978-3-030-51964-3.
- BENDA, T., BRABEC, M., BENDA, P., BROŽEK, J., KLIMEŠOVÁ, D., TYRYCHTR, J., ANDER, V. *Usability study of the decision-making support tool in Virtual Reality environments*. In Proceedings - of the 30th International Scientific Conference Agrarian Perspectives XXX. Sources of Competitiveness under Pandemic and Environmental Shocks 15.09.2021, Prague, Czech Republic. Prague, Czech Republic: Czech University of Life Sciences Prague, 2021. s. 28-36.
- TYRYCHTR, J., PELIKÁN, M., KVASNIČKA, R., ANDER, V., BENDA, T., VRANA, I. *Multi-agent System in Smart Econometric Environment*. In Intelligent Systems Applications in Software Engineering. CoMeSySo 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1046 03.10.2019, Online. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2019. s. 434-442.

V recenzním řízení:

- ŠIMEK, P., MASNER, J., BENDA, P., PROKOP, M., ANDER, V., STOČES, M., 2022. *Complex usability evaluation – A study of electronic forms for tax return in the Czech Republic*.

9. Přílohy

Příloha č. 1.: Dotazník

Prosím, vyplňte dotazník níže. Získané údaje budou použity v mé disertační práci.

Prosím zvolte pro každé tvrzení jednu z následujících možností:

1 = rozhodně ne

2 = spíše ne

3 = nevím,

4 = spíše ano,

5 = rozhodně ano

1. Vizuální design uživatelského rozhraní je atraktivní, např. barvy, tvary.
2. Líbí se mi grafické prvky uživatelského rozhraní
3. Velikost písma mi vyhovuje.
4. Terminologie použita v uživatelském rozhraní je srozumitelná.
5. Uživatelské rozhraní má logické uspořádání komponent.
6. Orientace v navigaci je pro mě intuitivní.
7. Rozumím všem funkcím uživatelského rozhraní.
8. Jednoduše najdu požadované řešení pro zadané úkoly.
9. Celkově jsem spokojen/-a s tím, jak snadné je používání tohoto uživatelského rozhraní.

Příloha č. 2.: Testovací scénář s testovacími případy

Prosím, pohybujte se jen v rozhraní prototypu ovládacího panelu řídicí jednotky AmI inteligentního domu.

Představte si situaci:

Přijdete domů a vidíte červeného světlo, to znamená, že je něco s hlasovým ovládacím systémem vašeho domu. Přistoupíte k ovládací jednotce AmI (k tabletu):

1. Kde zjistíte, co se stalo? Proved'te akci.
2. Vra'te se zpět na hlavní stránku.
3. Dále se chcete podívat, co máte dnes 4. 2. 2022 v kalendáři. Co uděláte?
4. Zadejte novou událost do kalendáře 7. 2. 2022.
5. Vra'te se zpět na hlavní stránku.
6. Je Vám zima, chcete zvýšit teplotu v místnosti č. 2 na 22 °C. Jak to provedete?
7. Vra'te se zpět na hlavní stránku.

Příloha č. 3.: Výsledky vyhodnocené nástrojem metody BECOME – Fuzzy Decision Tool

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina A

k otázce:

1A. Vizualní design uživatelského rozhraní je atraktivní, např. barvy, tvary

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

77,5

Počet expertů: 20

Experti	Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75-100
expert 1	50
expert 2	100
expert 3	100
expert 4	75
expert 5	75
expert 6	100
expert 7	75
expert 8	100
expert 9	100
expert 10	75
expert 11	50
expert 12	25
expert 13	100
expert 14	75
expert 15	75
expert 16	50
expert 17	75
expert 18	100
expert 19	100
expert 20	100

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina A

k otázce:

2A. Líbí se mi grafické prvky uživatelského rozhraní

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

76,25

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75- 100
expert 1		75
expert 2		100
expert 3		100
expert 4		75
expert 5		75
expert 6		100
expert 7		75
expert 8		75
expert 9		75
expert 10		75
expert 11		50
expert 12		25
expert 13		75
expert 14		100
expert 15		75
expert 16		75
expert 17		100
expert 18		75
expert 19		100
expert 20		50

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina A

k otázce:

3A. Velikost písma mi vyhovuje

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

77,50

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75- 100
expert 1		100
expert 2		50
expert 3		100
expert 4		75
expert 5		100
expert 6		100
expert 7		100
expert 8		75
expert 9		75
expert 10		100
expert 11		100
expert 12		100
expert 13		75
expert 14		75
expert 15		75
expert 16		25
expert 17		75
expert 18		75
expert 19		100
expert 20		25

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina A

k otázce:

4A. Terminologie v uživatelském rozhraní je srozumitelná

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

96,25

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75-100
expert 1		100
expert 2		100
expert 3		100
expert 4		75
expert 5		100
expert 6		100
expert 7		100
expert 8		75
expert 9		50
expert 10		100
expert 11		100
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		100
expert 15		75
expert 16		100
expert 17		75
expert 18		100
expert 19		100
expert 20		100

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina A

k otázce:

5A. Uživatelské rozhraní má logické uspořádání komponent

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

85,00

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75-100
expert 1		75
expert 2		100
expert 3		100
expert 4		25
expert 5		75
expert 6		75
expert 7		100
expert 8		75
expert 9		50
expert 10		100
expert 11		75
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		100
expert 15		75
expert 16		75
expert 17		100
expert 18		100
expert 19		100
expert 20		50

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina A

k otázce:

6A. Orientace v navigaci je pro mě intuitivní

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

76,88

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75- 100
expert 1		75
expert 2		100
expert 3		100
expert 4		50
expert 5		50
expert 6		75
expert 7		100
expert 8		25
expert 9		50
expert 10		100
expert 11		100
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		75
expert 15		75
expert 16		75
expert 17		100
expert 18		75
expert 19		75
expert 20		75

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina A

k otázce:

7A. Rozumím všem funkcím uživatelského rozhraní

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

93,75

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75- 100
expert 1		100
expert 2		75
expert 3		100
expert 4		25
expert 5		75
expert 6		100
expert 7		100
expert 8		75
expert 9		75
expert 10		100
expert 11		100
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		100
expert 15		75
expert 16		100
expert 17		75
expert 18		100
expert 19		75
expert 20		100

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina A

k otázce:

8A. Jednoduše najdu požadované řešení pro
zadané úkoly

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

93,75

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75- 100
expert 1		100
expert 2		100
expert 3		75
expert 4		50
expert 5		75
expert 6		100
expert 7		100
expert 8		75
expert 9		75
expert 10		100
expert 11		100
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		75
expert 15		75
expert 16		100
expert 17		75
expert 18		100
expert 19		100
expert 20		75

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina A

k otázce:

9A. Celkově jsem spokojen/-a s tím, jak snadné je používání tohoto uživatelského rozhraní

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

95,00

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75-100
expert 1		100
expert 2		100
expert 3		100
expert 4		75
expert 5		75
expert 6		100
expert 7		75
expert 8		100
expert 9		75
expert 10		100
expert 11		75
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		100
expert 15		75
expert 16		75
expert 17		100
expert 18		75
expert 19		100
expert 20		100

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina B

k otázce:

1B. Vizuální design uživatelského rozhraní je atraktivní, např. barvy, tvary

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

75,63

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75-100
expert 1		100
expert 2		75
expert 3		25
expert 4		75
expert 5		100
expert 6		100
expert 7		75
expert 8		75
expert 9		75
expert 10		100
expert 11		75
expert 12		50
expert 13		75
expert 14		75
expert 15		50
expert 16		75
expert 17		50
expert 18		100
expert 19		75
expert 20		100

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina B

k otázce:

2B. Líbí se mi grafické prvky uživatelského rozhraní

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

75,00

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75- 100
expert 1		100
expert 2		75
expert 3		25
expert 4		50
expert 5		75
expert 6		100
expert 7		75
expert 8		75
expert 9		100
expert 10		75
expert 11		75
expert 12		75
expert 13		75
expert 14		100
expert 15		50
expert 16		75
expert 17		75
expert 18		75
expert 19		50
expert 20		100

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina B

k otázce:

3B. Velikost písma mi vyhovuje

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

76,88

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75- 100
expert 1		50
expert 2		100
expert 3		100
expert 4		75
expert 5		100
expert 6		100
expert 7		100
expert 8		75
expert 9		25
expert 10		100
expert 11		100
expert 12		100
expert 13		50
expert 14		75
expert 15		75
expert 16		75
expert 17		75
expert 18		100
expert 19		75
expert 20		25

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina B

k otázce:

4B. Terminologie v uživatelském rozhraní je srozumitelná

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

95,63

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75-100
expert 1		75
expert 2		75
expert 3		100
expert 4		75
expert 5		100
expert 6		100
expert 7		100
expert 8		75
expert 9		75
expert 10		100
expert 11		75
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		100
expert 15		75
expert 16		100
expert 17		100
expert 18		100
expert 19		100
expert 20		100

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina B

k otázce:

5B. Uživatelské rozhraní má logické uspořádání komponent

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

94,38

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75-100
expert 1		100
expert 2		100
expert 3		75
expert 4		100
expert 5		100
expert 6		75
expert 7		100
expert 8		75
expert 9		100
expert 10		100
expert 11		50
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		75
expert 15		75
expert 16		75
expert 17		75
expert 18		100
expert 19		100
expert 20		100

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina B

k otázce:

6B. Orientace v navigaci je pro mě intuitivní

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

85,00

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75- 100
expert 1		75
expert 2		75
expert 3		75
expert 4		100
expert 5		75
expert 6		75
expert 7		100
expert 8		75
expert 9		25
expert 10		100
expert 11		75
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		100
expert 15		75
expert 16		25
expert 17		100
expert 18		100
expert 19		100
expert 20		100

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina B

k otázce:

7B. Rozumím všem funkcím uživatelského rozhraní

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

95,00

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75- 100
expert 1		100
expert 2		100
expert 3		100
expert 4		75
expert 5		100
expert 6		100
expert 7		100
expert 8		75
expert 9		50
expert 10		100
expert 11		100
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		100
expert 15		75
expert 16		75
expert 17		75
expert 18		100
expert 19		100
expert 20		75

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina B

k otázce:

8B. Jednoduše najdu požadované řešení pro
zadané úkoly

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

78,75

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75- 100
expert 1		100
expert 2		100
expert 3		100
expert 4		75
expert 5		75
expert 6		75
expert 7		75
expert 8		75
expert 9		50
expert 10		100
expert 11		75
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		100
expert 15		75
expert 16		25
expert 17		100
expert 18		100
expert 19		75
expert 20		75

Nejlepší kompromis/shoda doporučení expertů skupina B

k otázce:

9B. Celkově jsem spokojen/-a s tím, jak snadné je používání tohoto uživatelského rozhraní

**NEJLEPŠÍ
KOMPROMIS**

92,50

Počet expertů: 20

Experti		Návrh v Likertově stupnici 0-25-50-75-100
expert 1		100
expert 2		100
expert 3		100
expert 4		75
expert 5		100
expert 6		50
expert 7		100
expert 8		75
expert 9		50
expert 10		100
expert 11		75
expert 12		100
expert 13		100
expert 14		100
expert 15		75
expert 16		50
expert 17		75
expert 18		75
expert 19		100
expert 20		100

Příloha č. 4.: Zdrojové soubory prototypů

Přiloženou jako datová příloha k práci "Ander-zdrojové-soubory-prototypu.zip"