

Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta informatiky a statistiky

Katedra informačních technologií

Studijní program: Aplikovaná informatika

Obor: Kognitivní informatika

Human-Computer Interaction

- spolupráce člověka a počítače

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Student : Bc. Hana Nápravníková

Vedoucí : Mgr. Ing. Miroslav Vacura, Ph.D.

Oponent : Mgr. Ing. Tomáš Sigmund, Ph.D.

2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité prameny a literaturu, ze které jsem čerpala.

V Praze dne 24. dubna 2017

.....
Hana Nápravníková

Abstrakt

Práce se zabývá Human-computer Interaction a jejím hlavním cílem je více přiblížit problematiku tohoto oboru. První část popisuje dvě hlavní oblasti, tedy Kognitivní vědu a Kognitivní psychologii, z nichž HCI vychází. Druhá část se věnuje konkrétně Human-computer Interaction, historií vzniku, aspektům lidského faktoru a činitelů, prvky interakce a modelování interakce společně s příklady z každodenního života.

Klíčová slova

Human-computer Interaction, HCI, kognitivní věda, kognitivní psychologie, GUI, lidský činitel, interakce, Fittsův zákon, modelování interakce, deskriptivní model, key-action model, KAM, prediktivní model, sklil acquisition

Abstract

The work is devoted to Human-computer interaction and its main goal is to get closer to the field. The first part describes two main areas, namely Cognitive Science and Cognitive Psychology, from which HCI is based on. The second part deals specifically with Human-computer interaction, the history of the origins, aspects of human factor, elements of interaction and modeling of interaction together with examples from everyday life.

Keywords

Human-Computer Interaction, HCI, cognitive science, cognitive psychology, GUI, human factors, interaction, Fitt's law, modeling interaction, descriptive model, key-action model, KAM, predictive model, skill acquisition

Obsah

Obsah	ii
Seznam obrázků	iv
1 Úvod	1
2 Kognitivní věda jako východisko HCI.....	2
2.1 Vymezení kognitivní vědy	2
2.2 Historie kognitivní vědy.....	2
3 Kognitivní psychologie.....	4
3.1 Další pojmy v kognitivní psychologii	5
3.1.1 Teorie učení	5
3.1.2 Percepce.....	6
3.2 Mysl jako informační procesor	6
3.3 Evoluční výpočetní techniky	7
3.3.1 Umělý život	7
4 Human-Computer Interaction.....	8
4.1 Vymezení Human-Computer Interaction	8
4.2 Historie HCI	8
4.3 Zrození HCI (1983).....	10
4.4 Psychologie Human-computer interaction	11
4.5 Růst HCI a GUI	12
4.6 Růst výzkumu HCI	12
5 Lidský faktor.....	13
5.1 Časové měřítko lidského jednání	13
6 Lidský faktor – senzory	16
6.1 Zrak	16
6.1.1 Frekvence	16
6.1.2 Intenzita	17
6.1.3 Fixace a rychlé pohyby (saccades)	17
6.2 Sluch	18
6.2.1 Hlasitost	18
6.2.2 Výška	18
6.2.3 Zabarvení.....	19
6.2.4 Obálka.....	19
6.3 Hmat.....	20

6.4 Čich a chuť	20
6.5 Ostatní smysly	21
7 Respondéry	22
7.1 Končetiny.....	22
7.2 Hlas	24
7.3 Oči	25
7.4 Mozek.....	25
7.4.1 Mozek – vnímání.....	26
7.4.2 Mozek – poznání.....	28
7.4.3 Mozek – paměť	29
7.5 Jazyk	31
7.5.1 Redundance v jazyce.....	32
7.5.2 Entropie v jazyce.....	33
7.6 Lidská výkonnost.....	34
7.6.1 Reakční čas	35
7.6.2 Vizuální hledání	37
7.7 Naučené chování	38
7.7.1 Pozornost.....	39
7.7.2 Lidská chyba	41
8 Prvky interakce.....	43
8.1 Tvrdé a měkké ovládání.....	44
8.2 Vztahy ovládání a zobrazení (Control-display relationships).....	46
8.2.1 Prostorové vztahy	46
8.2.2 Latence (zpoždění)	47
8.3 Přirozené versus naučené vztahy	48
8.4 Mentální modely a metafory.....	50
8.5 Chyby interakce	53
9 Modelování interakce.....	59
9.1 Popisné (deskriptivní) modely	59
9.1.1 Key-action model (KAM)	60
9.2 Prediktivní modely	62
9.2.1 Fittsův zákon (Fitts' law).....	63
9.2.2 Prediktivní model – Skill acquisition (akviziční dovednosti)	65
10 Závěr	66
Použité informační zdroje	68

Seznam obrázků

Obrázek 1: První myš (MacKenzie, 2013)	10
Obrázek 2: Newell's Time Scale (Newell, 1990)	13
Obrázek 3: Lidský operátor v pracovním prostředí (Kantowitz a Sorkin, 1983).....	16
Obrázek 4: Barevné spektrum (MacKenzie, 2013)	17
Obrázek 5: Homunculus (Penfield a Rasmussen, 1990)	22
Obrázek 6: Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971)	23
Obrázek 7: Práce HCI a očí (MacKenzie, 2013)	25
Obrázek 8: Nejednoznačné obrázky (MacKenzie, 2013)	27
Obrázek 9: Iluze: a) Ponzo lines. b) Müller-Lyerovy šipky (MacKenzie, 2013).....	27
Obrázek 10: Schématický problém a Sekvence operace (Bailey, 1996, s.41)	28
Obrázek 11: Test krátkodobé paměti (G. A. Miller, 1956)	30
Obrázek 12: Shannonův letter-guessing experiment (Shannon, 1951).....	33
Obrázek 13: Výsledky experimentu párování (MacKenzie, 2013).....	36
Obrázek 14: Vizuální vyhledávání – příklad (MacKenzie, 2013)	37
Obrázek 15: Výpočetní úlohy (MacKenzie, 2013)	41
Obrázek 16: Prostorový vztah myši a kurzoru (MacKenzie, 2013).....	46
Obrázek 17: a) Ovládání prostoru, b) Zobrazení prostoru, c) zobrazení mapování (MacKenzie, 2013)	46
Obrázek 18: Přirozený nebo naučený vztah?	48
Obrázek 19: Prostorová shoda (MacKenzie, 2013)	49
Obrázek 20: Panel nástrojů v Malování (Windows 7, 2009)	51
Obrázek 21: Hodiny jako mentální model (MacKenzie, 2013)	52
Obrázek 22: Oznamovací hláška pro ukládání (MacKenzie, 2013)	54
Obrázek 23: Jak udržet uživatele ve střehu (MacKenzie, 2013)	56
Obrázek 24: Kompromis mezi cenou chyby a její četností (MacKenzie, 2013).....	58
Obrázek 25: Ilustrovaný model KAM. (MacKenzie, 2013).....	61

1 Úvod

Cílem této práce je přiblížit problematiku oblasti Human-computer Interaction (HCI). Jedná se o oblast, která je v IT opomíjena, nebo o ní má povědomí jen velmi malý okruh lidí.

Způsob uživatelské interakce s počítačem je stejně tak důležitý jako vlastní činnost počítače. Jinými slovy, lidské rozhraní, jak toto začíná být nazýváno, je stejně tak zásadní, jako procesor, operační systém nebo programové prostředí.

John Anderson (1988)

I přesto, že tento obor je poměrně mladý a má svou čtyřicetiletou existenci, je jeho znalost opomíjena hlavně na školách vyučujících informatiku.

Prvním krokem do problematiky HCI je krátké seznámení s kognitivní vědou a pohled do její historie. Dalším krokem, který s HCI souvisí a funguje jako další východisko, je kognitivní psychologie. Ke kognitivní psychologii také patří problematika percepce a teorie učení, které jsou spolu s informacemi o evolučních výpočetních technikách a umělém životě obsahem třetí kapitoly.

Po tomto krátkém úvodu se dostáváme k samotné podstatě této práce – Human-computer Interaction (HCI). Podíváme se do historie vzniku tohoto oboru, nadefinujeme si význam pojmu HCI a spojíme ho s GUI, které je jeho nedílnou součástí.

Dále se zaměříme na tzv. lidské faktory (činitele) známé pro nás všechny jako základní smysly – zrak, sluch, hmat, čich a chuť a ostatní smyly, které podvědomě opomíjíme, ale využíváme je v našem každodenním životě.

V osmé kapitole se zaměříme na končetiny, hlas, oči a mozek (vnímání, poznání, paměť), jež jsou pro HCI stejně důležité jako základní smysly jmenované výše. Nesmíme opomenout ani jazyk – jeho redundanci a entropii.

Dále si v kapitole s názvem Lidská výkonnost popíšeme reakční čas, vizuální hledání, naučené chování, pozornost a lidskou chybu.

V předposlední kapitole si popíšeme Prvky interakce. Řekneme si, co je Control-display relationships, co s tím mají společného prostorové vztahy, latence, přirozené/naučené vztahy, mentální modely a metafory a celé to zakončíme chybami interakce.

Poslední část pak bude tvořit téma Modelování interakce. Ta obsahuje zejména popis deskriptivního a prediktivního modelu, společně s Fittsovým zákonem a nejznámějším prediktivním modelem – Skill acquisition. Na závěr si pak vše shrneme.

2 Kognitivní věda jako východisko HCI

2.1 Vymezení kognitivní vědy

Kognitivní věda¹ je transdisciplinární obor, který využívá výsledky výzkumů mnoha specializovaných oborů. Věnuje se studiu procesů získávání a využívání znalostí, myšlení, učení a rozhodování nejen u lidí, ale i u uměle vytvořených systémů (TDKIV, 2002). Zároveň se také snaží poznatky z těchto oborů propojit a nahlížet na ně v širokém kontextu. Obory, jako filozofie, antropologie, lingvistika, psychologie, informatika, kybernetika, biologie, neurověda a informační věda, přispívají svými vědomostmi kognitivní vědě, mohou zpětně využívat její výsledky a obohatit své vlastní postupy, metody a způsoby uvažování o nové podněty.

Jak už bylo řečeno výše, jejím cílem je poznatky z jednotlivých oborů sjednotit a propojit a nahlížet na ně v širokém kontextu. Výsledkem zkoumání pak má být komplexní pohled na zmíněné procesy a lepší porozumění tomu, jak probíhají. Aplikací poznatků kognitivní vědy může být počítačové modelování jednotlivých kognitivních procesů či složitějších struktur simulujících lidské myšlení.

2.2 Historie kognitivní vědy

Za zakladatele nebo průkopníky kognitivní vědy lze považovat osobnosti jako je George Miller, John McCarthy, Herbert Simon, Noam Chomsky a další.

Počátky kognitivní vědy byly ovlivněny pracemi z oblasti rané kybernetiky ve 30. a 40. letech, např. Warrena McCullocha a Waltera Pittse (McCulloch, Pitts, 1943), kteří se snažili porozumět zásadám organizace znalostí v mysli a vytvořili první varianty výpočetních modelů inspirovaných strukturou biologických neuronových sítí. Důležitý přínos znamenal vývoj na poli teorie algoritmů a digitálních počítačů ve 40. a 50. letech, zejména práce Alana Turinga (Turing, 1950) a Johna von Neumanna (von Neumann, 1948). Von Neumannova architektura počítače byla pro kognitivní vědu významná jako krok ve vývoji výzkumného nástroje (počítače) i jako metafora mezi strojovým a lidským myšlením. Půdu pro nové myšlenky v oblasti experimentální psychologie připravil odklon od behaviorismu, který ignoroval otázky týkající se lidského myšlení, představivosti, jazyka nebo řešení problémů.

¹ Definice či obsáhlejší popis kognitivní vědy lze nalézt např. Jirků, Kelemen 1996, Havel 2000, Miller 2003, Thagard 2007. Komplexně se kognitivní vědě věnuje Wilson, Keil 1999.

Kořeny kognitivní vědy sahají do 50. let 20. století, kdy se vědci z několika oborů pustili do vývoje teorie myšlení, založené na komplexních reprezentacích a výpočetních procedurách. Podobu vědní disciplíny pak získala až v polovině sedmdesátých let, kdy vznikla Společnost pro kognitivní vědu (*Cognitive Science Society*²).

Výzkumné metody používané kognitivní vědou jsou velmi různorodé a využívají např. metody vycházející z psychologie, neurověd, počítačové vědy a systémové teorie.

Mezi témata či aspekty, na které se kognitivní věda dlouhodobě zaměřuje, se řadí oblast umělé inteligence, problematika pozornosti a selekce informací, komplexní proces zpracování jazyka (včetně učení se a porozumění), získávání znalostí a informací během vývoje, paměť a vnímání.

Mezi praktické aplikace kognitivní vědy patří i tvorba uživatelského rozhraní, na které se zaměřím v této práci, pro produkty informačních technologií. Cílem je vytvořit takové ICT produkty, které budou co nejvíce přizpůsobeny požadavkům lidského vnímání a poznávání, anebo takových podpůrných nástrojů, které budou obohacovat a vylepšovat lidské schopnosti.

Ústřední hypotézou kognitivní vědy, která je dostatečně obecná, aby zastřešila všechny současné teoretické přístupy v rámci kognitivní vědy, je komputačně-reprezentativní uchopení mysli (CRUM – *Computational-Representational Understanding of Mind*). Podle tohoto přístupu lze lidské myšlení nejlépe pochopit a vysvětlit pomocí reprezentujících struktur v mysli a výpočetních procedur, které operují na těchto strukturách. CRUM využívá jak analogii s fungováním počítače (datové struktury – mentální reprezentace, algoritmy – výpočetní procedury, běh programu – myšlení), tak i analogii se strukturou mozku.

² Cognitive Science Society prezentuje svou činnost na webových stránkách <<http://www.cognitivesciencesociety.org>>.

3 Kognitivní psychologie

Kognitivní psychologie je nejnovější z hlavních disciplín v celkové oblasti psychologie a je v současné době nejvlivnější. Studuje vědomí, duševní procesy, jež podmiňují chování, včetně myšlení, usuzování, rozhodování a do jisté míry i motivaci a emoce. Dopad kognitivního přístupu lze měřit na základě vlivu na jiné psychologické disciplíny. V současné době existuje kognitivní teorie v oblasti sociální, vývojové a klinické psychologie. Cílem každého učení je podle kognitivních psychologů schopnost člověka vyhledat a zpracovat informace. Člověka chápou jako aktivního tvora, jenž je schopen informace použít k sebereflexi, která se promítne do hodnotového systému zdokonalování, sebevýchovy, seberealizace a sebereflexe. Kognitivní psychologie zdůrazňuje důležitost poznávacích procesů v lidské psychice a chování a zaměřuje se na jejich studium (studuje nikoliv psychické stavy, ale procesy, jimiž člověk poznává sebe samotného a okolní svět). Poznávacími procesy se míní zejména vnímání, zapamatování, vybavování, myšlení, zpracování verbální a neverbální komunikace. Dnes se teoretickým nebo experimentálním studiem učení zabývají kromě psychologie i fyziologie, kybernetika, biologie, sociologie, axiologie a pedagogika; některé otázky učení postihuje i logika.

Za jejího zakladatele bývá považován George Kelly (1905-1967). Kognitivní psychologie chápe lidskou psychiku jako systém zpracování informací; její výzkum též zahrnuje schopnost abstrakce, řeči a pozornosti. V souvislosti s informacemi řeší otázku pamětných stop, kapacity mozku a umělé inteligence. Funguje, nebo spíše se používá jako počítačová metafora analogie mezi lidským mozkem a počítačem. Ukazuje se, že průběh zpracování informace v lidské mysli a v počítači je odlišný. Lidská paměť informace spontánně třídí a zpracovává. Jean Piaget je autorem teorie kognitivního vývoje. Herbert A. Simon a Allen Newell zkoumali pomocí počítačové simulace postupy při řešení problémů. Ulric Neisser tvrdí, že chceme-li pochopit chování, musíme zkoumat vnitřní mentální události.

Za rozhodující v kognitivní psychologii jsou považovány poznávací procesy, kterými se vytváří vnitřní obrazy vnějšího světa. Skrze ně je člověk schopen sebereflexe a vytváření své hodnotové orientace. Termín „kognitivní psychologie“ není v psychologii používán jednoznačně. V širším slova smyslu se jím označuje psychologie poznávacích procesů (psychologie poznávání). V užším slova smyslu se termínem „kognitivní psychologie“ označuje směr, který se rozvinul v šedesátých letech v Americe (U. Neisser je pokládán za oficiálního zakladatele kognitivní psychologie) a posléze se rozšířil do anglosaské oblasti a zdomácněl i v Evropě. Vznik tohoto směru byl podmíněný redukcí poznávacích procesů na procesy zpracovávající informace (Sedláková, 2004).

Vznik teorie informace, prudký rozvoj techniky, zvláště pak výpočetní techniky, konstrukce stále dokonalejších počítačů, možnosti modelovat obtížně dostupné procesy a snaha překonat značné nedostatky behaviorismu – je jen hrubý výčet faktorů, které ovlivnily v 60. letech 20. století myšlení humanitních oborů a navodily značné změny v jejich výzkumu (Sedláková, 2004). Zatímco behaviorismus viděl mysl jako pasivní orgán, který

operoval podle jednoduchých pravidel, kognitivní psychologie viděla mysl jako aktivitu, jako výběr informací z prostředí, vztahující se k předchozí znalosti a působící na výsledek tohoto zpracování.

Ustanovení kognitivní psychologie jako samostatného psychologického směru, charakterizovaného vznikem specifického výzkumného a teoretického paradigmatu, probíhalo v závislosti jak na některých **psychologických podnětech**, tak na podnětech působících prostřednictvím **nepsychologických disciplín** a myšlenkových proudů. Z **psychologických podnětů** jsou uváděny zejména *neobbehaviorismus*, *teorie verbálního učení* a *inženýrská psychologie*. Z **mimopsychologických podnětů** se na vzniku kognitivní psychologie podílely zejména *teorie informace*, *věda o počítačích* a *lingvistika* (Neisser, 1967).

Existovaly tři hlavní důvody pro rychlý růst tohoto nového pohledu:

- 1 Neschopnost behaviorismu vysvětlit objevy v oblastech jako je osvojování jazyka.
- 2 Vynález nových měřicích zařízení zkoumajících duševní činnost.

Druhým důvodem pro vznik kognitivní psychologie byl vývoj nových měřicích nástrojů. V době behaviorismu nebyly žádné způsoby, jak se „dívat do hlavy“. To znamenalo, že člověk nemohl přímo měřit mentální procesy. Novými zařízeními jsou zejména pozitronová emisní tomografie (PET), počítačová axiální tomografie (CAT) a magnetická rezonance (MRI).

- 3 Vzestup počítačů a široké využívání metafory „mysli jako počítače“.

Psychologové si uvědomili, že mysl by mohla být považována za zařízení, které zastupuje a transformuje informace. Vznikla tak metafora „mysli jako počítače“. Počítače tím urychlily přijetí pohledu zpracování zobrazení, a to nejen v psychologii, ale také obecněji v jiných poznávacích vědních oborech.

Kognitivní psychologie se zaměřuje rovněž na matematické zpracování informací uložených v mozku, na počítačové programování a umělou inteligenci; používá se počítačová metafora analogie mezi lidským mozkem a počítačem viz výše.

3.1 Další pojmy v kognitivní psychologii

3.1.1 Teorie učení

Živé organismy, jako otevřené systémy s měnícími se strukturami chování, se vyznačují tendencí ke stoupající diferenciaci a zároveň tendencí ke stále dokonalejšímu propojení

složek systému – k integraci. Učení jakožto jedna ze základních forem činnosti organismů je svou podstatou jediné, je však vývojově rozrůzněné a má na různých vývojových stupních kvalitativně různé vlastnosti. Různá vědní odvětví sledují proces učení v různých vztahových a pojmových rovinách, které odpovídají kvalitativně různým úrovním strukturální dynamiky v přírodě, v psychické činnosti a společnosti.

Proces učení vede ke změnám chování (a prožívání), které jsou důsledkem zkušenosti. Existuje řada typů učení – např. habituace, klasické a instrumentální podmiňování, učení vzhledem aj. Člověk je na rozdíl od ostatních živočichů schopen se učit záměrně, tj. osvojovat si různé vědomosti a návyky.

3.1.2 Percepce

Percepce je aktivní a dynamický proces umožňující přijímání senzorických dat a jejich organizování do určitých psychicky významných struktur. Vnímání se uskutečňuje prostřednictvím schémat, která vyvíjíme v procesu učení. Schéma je kognitivní struktura skládající se z organizovaných vědomostí o situacích, osobách a věcech. Schéma jsou abstrahována z předchozí zkušenosti. Některá schémata zahrnují celé situace, jiná pouze jedno písmeno nebo číslo. Podle Neissera je percepční schéma možné chápat jako plán sběru informací o objektech a událostech. Schéma přijímá tok informací, usměrňuje zkoumání a zaměřuje pátrací aktivitu k získávání dalších informací (Sternberg, 2009).

Pozornost je funkce, která ze všech informací vybírá jen ty významné. Mezi hlavní vlastnosti pozornosti patří intenzita, rozdělení, rozsah a stálost.

3.2 Mysl jako informační procesor

Kognitivní psychologie je studium reprezentace znalostí a její použití u lidí. Je zaměřena na pochopení, jak si lidé představují proces zpracování a ukládání informací. Určující charakteristikou kognitivního přístupu je způsob, jakým představuje zpracování informace. Tyto procesy jsou často koncipovány použitím modelu zpracování. V diagramu procesního modelu, se boxy používají pro označení každé etapy nebo kroku zpracování pořadí informací. Šipky, které ukazují směrem k nebo od boxů, představují tok informací mezi fázemi.

Procesní modely v klasickém pohledu zpracování informací nesou dva předpoklady. Za prvé jsou považovány za sekvenční, což znamená, že informace, které leží v rámci jedné fáze, jsou zpracovány dříve, než je další výstup. Informace nemohou být zpracovány současně v několika fázích.

Za druhé s výjimkou vstupů a výstupů, zpracování, ke kterému dochází v rámci jedné fáze, jsou nezávislé na zpracování, které nastane v rámci další etapy. Tyto předpoklady byly

později zpochybněny pohledem zpracování informací, které přijímají radikálně odlišnou architekturu jako základ poznání.

Procesní modely jsou velmi důležitou součástí kognitivní perspektivy. Jsou silným konceptním nástrojem pro pochopení lidských informačních procesů.

3.3 Evoluční výpočetní techniky

V posledních letech zavedení nové oblasti studia, která je známa jako **evoluční algoritmy** (*Evolutionary computing - EC*).

Je to soubor výpočetních metod, která byla vytvořena na principech biologické evoluce. ES má tři základní účely. Řeší reálné problémy, včetně problémů, které mají co do činění s finančními prognózami, projektování počítačových programů a robotického učení. ES se také používá k modelování a pochopení přirozených evolučních systémů, které existují v oblasti ekonomie, imunologie a ekologie. Za třetí, a co je nejdůležitější, slouží EC jako metafora pro fungování procesů lidského myšlení.

ES má tři metody. Jedná se o generické algoritmy, evoluční strategie a evoluční programování.

3.3.1 Umělý život

Umělý život (A život) je studium umělých systémů, které byly navrženy tak, aby se chovaly způsobem, kterým simulují chování přírodních živých systémů. A-Life výzkumníci vyrobili umělá "stvoření", která obývají virtuální prostředí. Poté studovali chování těchto tvorů a jejich interakce mezi sebou navzájem a působením aspektů jejich prostředí.

4 Human-Computer Interaction

4.1 Vymezení Human-Computer Interaction

V rozmezí let 1940-1980 nebyly počítače přístupné pro obyčejné lidi. Byly pouze ve firmách. Počítače v této době byly příliš drahé, příliš komplikované pro průměrného člověka. Byly pečlivě hlídány. Existovaly ve velkých klimatizovaných pokojích se zdvojenými podlahami a za zamčenými dveřmi v podnikových nebo univerzitních výzkumných laboratořích nebo vládních zařízeních. Místnosti měly často skleněné stěny, aby se předvedla jedinečnost počítačů.

Interakce nevznikla v mysli inženýrů a vědců, kteří navrhovali, stavěli a nakonfigurovali první počítače. Nové počítače nebyly jen výkonné, byly použitelné – pro každého. S přidanou použitelností se počítače přesunuly z původních zabezpečených klimatizovaných prostor na stoly lidí na pracovištích a co je ještě důležitější, do jejich domovů. Jedním z důvodů, proč je *human-computer interaction* (HCI) důležité je, že díky jeho vzniku a vývoji nastal dramatický posun ve výpočetních postupech.

Jako ve všech jiných oblastech, i výzkum HCI je základ pokroku, který se přesouvá do produktů a procesů využívajících lidmi, ať už pro práci nebo zábavu.

4.2 Historie HCI

I když se HCI objevilo v roce 1980, vděčí za mnohé starším disciplínám. Tou nejdůležitější z nich je oblast *human factors and ergonomics* (HF&E).

Disciplína označovaná jako zkoumání lidského faktoru je věda a oblast strojírenství. Zabývá se lidskými schopnostmi, omezeními a výkonností, a současně návrhem systémů, které jsou účinné, bezpečné, pohodlné, a dokonce i zábavné pro lidi, kteří je používají. Je to také forma umění v tom smyslu, že respektuje a podporuje kreativní způsoby, jak prakticky uplatnit své schopnosti v navrhování systémů. Stačí si pouze změnit *systémy* v tomto prohlášení za *počítačové systémy*, které učinily posun od lidského činitele na HCI.

Bylo by nesprávné myslet si, že ergonomie je obor zabývající se jen tvarovým designem zejména v průmyslu. Je to naopak. Je to obor, který ovlivňuje komunikační styly člověka s informačními systémy. Má velmi blízko k oblasti uživatelských rozhraní a jejich návrhů, zvyšuje nebo snižuje možnost bariér v komunikaci se systémy. Ergonomické zásady a zásady vyplývající z teorií HCI uplatněné v praxi jsou také otázkou ekonomickou a obchodní, protože mohou rozhodnout o komerční úspěšnosti např. prodeje vyhledávacího

systému, multimediálních produktů, využívání databázových center a jiných zdrojů elektronických informací. Všechny současné dialogové systémy – ať už přístupné síťově, přes CD-ROM i volně na internetu – jsou ovlivněny těmito zásadami – při generování rozhraní, vedení dialogu nebo v systému nápovědy.

Vztah komunikace člověk-počítač a ergonomie je velmi úzký, protože jak již bylo naznačeno, obor HCI se v podstatě z ergonomie etabloval. Je na místě zpřesnit pojem ergonomie. Obecně je to vědní obor zabývající se vztahem člověka a pracovního procesu. Z jejího předmětu zkoumání a metod vyplývá, že jde o obor průnikový s několika dalšími obory, kam se mohou zařadit disciplíny a oblasti jako psychologické obory, medicínské obory – anatomie, sociologie, architektura a design. Asociativně má vztah i k oboru informační věda, a to především ve vazbě na automatizované informační systémy.

V neposlední řadě jsou to efekty pedagogické, zvláště v éře neustálého (někdy až nekritického) zvyšování a přeměňování kvalifikace, kdy mnohé prostředky na podporu výuky pracují a budou pracovat na bázi interakce a v modelu člověk-počítač-člověk (např. prvky distančního vzdělávání via síťové prostředky) (Papík, 2001).

Pokud ergonomii spojíme s komunikačním procesem člověk-počítač, tak tělesným pohodlím při práci s počítačem se zabývá fyzická ergonomie. Většina komunikace s dialogovými systémy se odehrává v procesu příjmu informace zrakem (Papík, 2001).

Vizuální ergonomie je zajímavá pro tvůrce a uživatele dialogových prostředků pro vstup do bází dat (př. informační pracovníci – řešeršerši) nebo pro vstup do interaktivních multimédií ze strany různých uživatelských skupin (Papík, 2001).

V HCI pak jsou lidští činitelé ale úzce zaměřeni na lidské interakce s výpočetní technikou jakékoli druhu. Je to nesmírně široký rozsah. Dotýká se oborů, jako jsou psychologie (zejména kognitivní psychologie a experimentální psychologie), sociologie, antropologie, kognitivní věda, informatika a lingvistika.

Vrátíme-li se ale k tomu, co symbolizuje vznik HCI, je to jednoznačně počítačová myš. Vynalezl ji Douglas Engelbart v roce 1963, a myši tak bylo předurčeno od základu změnit způsob, jakým lidé komunikovali s počítačem.³ Namísto zadávání příkazů, mohl uživatel pracovat s myší a kontrolovat tak její činnost sledováním symbolu neboli kurzoru. Umístěním kurzoru nad obrázek představující příkaz, dále je vydán příkaz výběrové operace (select) stisknutím tlačítka, a nakonec jeho splnění uvolněním tlačítka myši.

³ Engelbartův patent pro myš byl podán 21. června 1967 a vydán 17. listopadu 1970 (Engelbart, 1970). U.S. patentní zákon umožňuje prodlevu jednoho roku mezi zveřejněním a podáním; tudíž lze předpokládat, že před 21. červnem 1966, nejsou Engelbartovy vynálezy zveřejněny.



Obrázek 1: První myš (Mackenzie, 2013)

První prototyp myši zahrnoval dva potenciometry, umístěné v pravém úhlu k sobě navzájem. Velká kovová kolečka byla připojena do hřídele potenciometrů a vystupovala mírně od spodní části tělesa. Otáčivá kolečka fungující jako motor se přesunula k povrchu. Ze strany na stranu se otáčelo jedno kolečko, druhé se otáčelo tam a zpět. Diagonálním pohybem se otáčela obě kolečka v každém směru. Objem rotace každého kolečka pak měnil napětí na stěračí terminálu po-

tenciometru. Počáteční zkoušky myši se zaměřovaly na výběr a manipulaci s textem, než na vykreslování a manipulaci s grafickými objekty.

Myš se pak začala srovnávat se světelným perem, joystickem nebo pákovým ovladačem (který byl provozován v režimu absolutní nebo řízené polohy). Hodnocení myši od English et al. (1967) představuje významný mezník v empirickém výzkumu HCI. Metodika tohoto výzkumu byla empirická a zahrnovala většinu z toho, co se dnes očekává v každé uživatelské studii určené pro prezentaci na konferenci a publikaci ve sborníku.

4.3 Zrození HCI (1983)

Rok 1983 byl dobrým rokem pro zrození HCI. Existují přinejmenším tři klíčové události jako milníky:

- a) první konference ACM SIGCHI (*Special Interest Group on Computer-Human Interaction*),
- b) publikace *The Psychology of Human-Computer Interaction* od autorů Moran, Card a Newell (1983),
- c) příchod Apple Macintosh.

ACM poskytuje prohlášení o SIGCHI a její poslání formuluje následovně:

„ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction je největší světové sdružení odborníků, kteří pracují v oblasti výzkumu a praxe HCI. Tato interdisciplinární skupina se skládá z počítačových odborníků, softwarových inženýrů, psychologů, interaktivních návrhářů, grafiků, sociologů a antropologů, jen pro vyjmenování některých z domén zvláštních odborností v této oblasti. Jsou sdružo-

*vány společným názorem, že navržení užitečné a použitelné technologie je interdisciplinární proces, a věří, že dělají správně pro možnost transformovat lidské životy.*⁴

4.4 Psychologie Human-computer interaction

Výchozí poznatky poddisciplíny označované jako „psychologie HCI“ vychází z knihy publikované v roce 1983 s názvem *The psychology of Human-Computer Interaction*, jejíž autory jsou Stuart Card, Tom Moran a Allen Newell.

Co je aplikovaná psychologie human-computer interaction? Aplikovaná psychologie je postavena na základním výzkumu psychologie. Výše zmíněná kniha pak poskytuje ucelený přehled základních znalostí ze základů psychologie vztahující se k lidské sensorice, kognitivním a motorickým systémům. V roce 1980 mnozí studenti informatiky (a profesionálové) byli vyzváni vytvořit jednoduché a intuitivní rozhraní pro počítačové systémy, zejména s ohledem na rozvíjející se styly interakce založené na rozhraní GUI. Samozřejmě, výzkum lidského sensorického, kognitivního a motorického chování, byl v té době vyvinut. Pro Morana, Carda a Newella to bylo propojení nižší úrovně lidských procesů se zdánlivě neškodnou interakcí člověka s počítačem (např. psaním či používáním myši). Rámec pro to byl *model lidského procesoru* (*model human processor*; *MHP*).

MHP měl oko a ucho (pro smyslové vjemy percepčního procesoru), mozek (s kognitivním procesorem, krátkodobou a dlouhodobou pamětí), paži, ruku a prsty (pro motorické reakce). Dnes se to může zdát divné, ale je důležité si uvědomit, že roku 1983 předchází World Wide Web a většinu dnešních výpočetních prostředí jako mobilní výpočetní zařízení založená na dotykovém vstupu, virtuální realita, posílání SMS zpráv, Tweety a tak dále. Úprava textu se zdála jako vhodný rámec pro rozvoj aplikované psychologie člověka s počítačem.

Zajímavá synergie mezi psychologií a informatikou ukazuje, že lidské chování lze chápat, dokonce i modelovat, jako aktivitu pro zpracování informací.

Newell se později odkázal na cíle *The Psychology of Human-Computer Interaction*:

Měli jsme na mysli potřebu teorie pro návrháře rozhraní. Návrh rozhraní je klíčový bod v human-computer interaction. Klasický důraz na lidský činitel a experimentální analýzu man-machine psychologie vyžaduje, aby systém byl k dispozici pro experimentování, ale v době, kdy existuje konkrétní systém, většina důležitých stupňů

⁴ Citováno z <http://www.acm.org/sigs#026> 10. září 2012

volnosti v rozhraní jsou svázány. Zapotřebí jsou nástroje pro návrháře – při návrhu času na vlastnosti a omezení uživatele, může vést k důležitému rozhodování. Naším cílem bylo vyvinout teorii inženýrského stylu uživatele, který povoluje orientační výpočty, jak uživatel interaguje s počítačem, jenž je v provozu na terminálu.

(Newell, 1990, s. 29-30).

V tomto textu Newell jasně identifikuje dilema v oblasti: experimentování nelze provést, dokud není příliš pozdě. Jak řekl, systém je postaven na svázaných stupních volnosti. Je to nadsázka, ale je pravda, že nové interakce v nových produktech se vždycky zdají následovány lavinou výzkumných prací, identifikací slabých míst, návrhem a vyhodnocením zlepšení. Tyto objevy a mnoho dalších, mají kontext, a tento kontext je milieu základního výzkumu v oblasti human-computer interaction a souvisejících oblastí.

4.5 Růst HCI a GUI

S postupujícím zájmem o HCI, všechny velké univerzity zavedly kurzy o HCI nebo designu uživatelského rozhraní (UI) a postgraduální studenti či často volili téma HCI pro své výzkumy v rámci diplomových prací. Mnoho takových studijních programů bylo v oblasti počítačové vědy, nicméně HCI se ukázalo jako populární a legitimní zaměření i v jiných oblastech, jako je psychologie, kognitivní věda, průmyslové inženýrství, informační systémy a sociologie. A nebyly to jen univerzity, které poznaly důležitost rozvíjející se oblasti. Firmy si brzy uvědomily, že návrh dobrého uživatelského rozhraní je ideální obchodní strategie.

4.6 Růst výzkumu HCI

Zájem o výzkum interakce člověka s počítačem (HCI), alespoň zpočátku, byl o kvalitě, účinnosti a efektivnosti rozhraní. Šlo o to zamyslet se, jak rychle a přesně se dělají běžné úkony pomocí GUI oproti použití textového rozhraní příkazového řádku. Otázky ohledně několika variant implementace GUI s ohledem na jejich rychlost a přesnost, tvořily základ mnohých empirických výzkumů v raných dobách HCI. A platí to ještě dodnes.

Klasickým příkladem předmětu výzkumu v HCI je design nabídek (menu). S GUI uživatel vydá příkaz počítači výběrem možnosti z menu místo psaní na klávesnici. Menu vyžaduje poznání (recognition); psaní zase odvolání (recall). Je známo, že poznání je upřednostňováno před odvoláním v uživatelském rozhraní (Bailey, 1996, s 144; Hodgson a Ruth, 1985; Howes a Payne, 1990), alespoň pro začátečníky, ale nový problém je vnější.

5 Lidský faktor

Nejpalčivějším problémem v HCI leží v oblasti lidského faktoru. Lidé jsou složití, ve srovnání s počítači, které jsou jednoduché. Počítače jsou navrženy a vyrobeny k fungování v poměrně přísných podmínkách podle jejich naprogramované funkce. Nemají žádnou paralelu s lidmi. Vědci (včetně těch v HCI) konfrontováni něčím, o čem počítačová vědci je zřídka byt' jen uvažují: variabilitu.

Lidé jsou různí. Jsou mladí, staří, ženy, muži, experti, novicové, praváci nebo leváci, mluvící anglicky nebo čínsky, ze severu, z jihu, vysocí, malí, rychlí, pomalí, zdatní, silní, slabí, motivovaní, kreativní, nevýrazní a tak dál, a tak dál. Variabilita člověka dokazuje, že naše práce není nikdy úplně přesná. Je vždy orientační.

Navržení systémů, které fungují dobře, je vznešený cíl, ale bohužel to není možné v míře, které bychom chtěli dosáhnout. Systém může dobře fungovat pro nějakou část lidí, ale pro ty ostatní (viz seznam oblastí dotýkajících se HCI výše), může systém fungovat jen částečně nebo dokonce vůbec. Je to pro to, že návrháři HCI se drží pravidla ‚znej svého uživatele‘ (Shneiderman a Plaisant, 2005, s. 66).

5.1 Časové měřítko lidského jednání

Newellovo Časové měřítko lidského jednání je deskriptivní model člověka (Newell, 1990, s. 122). Vymezuje prostor problému umístěním různých typů lidské činnosti do časového

Scale (sec)	Time Units	System	World (theory)
10^7	Months		SOCIAL BAND
10^6	Weeks		
10^5	Days		
10^4	Hours	Task	RATIONAL BAND
10^3	10 min	Task	
10^2	Minutes	Task	
10^1	10 sec	Unit task	COGNITIVE BAND
10^0	1 sec	Operations	
10^{-1}	100 ms	Deliberate act	
10^{-2}	10 ms	Neural circuit	BIOLOGICAL BAND
10^{-3}	1 ms	Neuron	
10^{-4}	100 μ s	Organelle	

Obrázek 2: Newell's Time Scale (Newell, 1990)

rámcem, v němž dojde k akci. Model obsahuje čtyři pásma – biologické pásmo, kognitivní pásmo, racionální pásmo a sociální pásmo. Každé pásmo je pak rozděleno do tří úrovní. Čas je seřazený podle sekund a objevuje se na logaritmické škále, s každou další úrovní desetkrát déle než úroveň předchozí. Jednotkami jsou mikrosekundy na střední a měsíce nahoře. Prvním devíti úrovním Newell při-

pisuje popis pro lidskou činnost (např. *operace* či *úkol*). Díky těmto popisům vidíme spojitost s HCI. Popisky pro pásma naznačují světónázor nebo teorii lidského jednání.

Mezi nejčastější závislé proměnné v experimentálním výzkumu v HCI je čas – čas pro uživatele k provedení úkolu. V tomto smyslu je Newellův model relevantní pro HCI.

Model je rovněž vhodný, protože odráží multidisciplinární povahu oblastí. Výzkum HCI je jak na *vysoké*, tak i na *nízké úrovni*, jak můžeme vidět na modelu. Pokud je to možné, můžeme náhodně zvolit článek ze sborníku z konference HCI nebo časopisu, studovat ho a pak tuto práci někde umístit. Příkladem budiž výzkum v oblasti výběru techniky, nabídky designu, akustické zpětné vazby, zadávání textu nebo posunků či jiné možnosti spadající do kognitivního pásma. Úkoly pro tyto interakce obvykle trvají v řádu od několika stovek milisekund (ms) do několika desítek sekund. Newell je charakterizuje jako úmyslné jednání, operace a jednotkové úkoly.

V racionálním pásmu se uživatelé zabývají úkoly v rámci minut, desítek minut nebo hodin. Výzkumná témata zde zahrnují webové navigace, strategie vyhledávání uživatelů, design zaměřený na uživatele, spolupráci mezi uživateli, všude přítomnou výpočetní techniku, sociální navigaci a situované povědomí. Úkoly související s těmito oblastmi výzkumu zpracovávají uživatelé během minut nebo hodin.

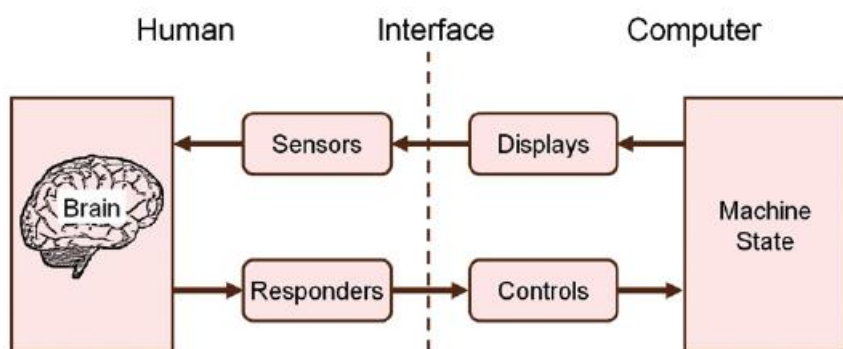
Úkoly trvající dny, týdny nebo měsíce jsou v sociální skupině. Témata HCI zde mohou obsahovat pracovní návyky, skupinové zvyklosti, sociální sítě, online seznamky, soukromí, mediální prostor, uživatelské styly a preference, navrhování teorií a tak dále.

Newellův model poskytuje další vhled týkající se metodologie výzkumu. Výzkum v dolní části stupnice (škály) je v přírodě vysoce kvantitativní. Práce v biologickém pásmu je spíše experimentální, pravděpodobnostní a empirická – na úrovni nervových impulsů. V horní části stupnice je opak pravdou.

V sociálním pásmu výzkumné metody mají tendenci být spíše kvalitativní a neexperimentální. Techniky výzkumu, které se zde používají, zahrnují rozhovory, pozorování, případové studie, scénáře a další. Kromě toho, přechod mezi kvalitativní a kvantitativní metodou je na obrázku postupný. Jak se jedna z metod stává výraznější (dominantnější), druhá začíná být méně nápadná. Výzkumní pracovníci v sociálním pásmu především využívají kvalitativních metod, ale i ty často obsahují některé kvantitativní metody. Jako příklad si uveďme oblast pracovních návyků, kde v první řadě máme kvalitativní metody, ale naše činnosti obsahují i některé kvantitativní metody (př. celkový počet osobních emailů, které jsme poslali každý den v průběhu práce). Tudíž kvalitativní výzkum v sociálním pásmu zahrnuje také některé kvantitativní hodnocení. Naopak vědci v kognitivním pásmu používají především kvantitativních metod, ale i ty obvykle zahrnují některé kvalitativní metody. Jako příklad lze uvést experiment na lidskou výkonnost s ukazovacím zařízením, které je primárně kvantitativní, by mohlo zahrnovat rozhovor či diskuzi na konci ke shromáždění připomínek a návrhů týkajících se interakcí. Tedy kvantitativní, experimentální práce v kognitivním pásmu zahrnuje některá kvalitativní hodnocení.

Newell dále spekuluje o pásmech nad sociální částí: historické pásmo pracuje na úrovni let až tisíce let a evoluční pásmo pracuje na úrovni desítek tisíc až milionů let (Newell, 1990, s 152). Tyto interpretace ale musím pominout, pokud jde o HCI.

6 Lidský faktor – senzory



Obrázek 3: Lidský operátor v pracovním prostředí (Kantowitz a Sorkin, 1983)

Pět základními lidskými smysly jsou zrak, sluch, chuť, čich a hmat. Každý přináší výrazně odlišné fyzikální vlastnosti prostředí na člověka. Jednou z vlastností, kterou smysly sdílí, je recepce a přeměna elektrických nervových signálů fyzikálních jevů jako jsou zvukové vlny,

světelné paprsky, chutě, pachy a fyzický kontakt. Signály jsou přenášeny do mozku k dalšímu zpracování. Smyslové podněty a smyslové orgány jsou ryze fyziologické. Vnímání zahrnuje jak snímání podnětů a využívání mozku k jejich identifikaci, tak i povědomí a porozumění tomu, co je snímáno. Začneme se tedy zabývat prvním z pěti smyslů – zrakem.

6.1 Zrak

Zrak nebo i pohled, je lidská schopnost přijímat informace z prostředí ve formě viditelného světla vnímaného okem. Vizualní smyslový kanál je nesmírně důležitý, neboť většina lidí tak získává asi 90-95 % informací z okolního světa (Asakawa a Takagi, 2007).

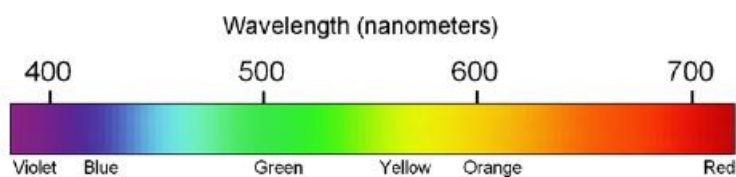
Akt vidění začíná přijímáním světla přes čočku oka. Ta zaměřuje světlo a promítá ho do sítnice v zadní části oka. Sítnice je v tomto případě snímač převádějící viditelné světlo do neurologických signálů vysílaných do mozku prostřednictvím zrakového nervu.

Poblíž centra sítnice je tzv. fovea, která je zodpovědná za ostré centrální vidění, jako je čtení nebo sledování televize. Fovea obraz v prostředí zahrnuje více než jeden stupeň zorného úhlu, přibližně je ekvivalentní na šířku palce a na délku paže. Přestože má fovea velikost jen asi 1 procento sítnice, neurální zpracování spojená s foveou snímají a zapojují asi 50 % zrakové kůry v mozku. Stejně jako u jiných smyslových podnětů, světlo má vlastnosti jako intenzitu a frekvenci.

6.1.1 Frekvence

Frekvence je vlastnost světla vedoucí k vnímání barev. Viditelné světlo je malé pásmo elektromagnetického spektra, které se pohybuje od rádiových vln do rentgenového a gama

záření. Různé barvy jsou umístěny uvnitř viditelného spektra elektromagnetických vln, s fialovou na jednom konci (390 nm) a červenou na druhém (750 nm).



Obrázek 4: Barevné spektrum (MacKenzie, 2013)

6.1.2 Intenzita

I když má frekvence světla poměrně jednoduchý koncept, to samé nelze říci o intenzitě světla. Kvantifikovat intenzitu světla od lidské perspektivy je složitější, protože se světelná citlivost oka se mění podle vlnové délky světla, a také z důvodu složitosti zdroje (př. jednotlivá frekvence oproti směsici frekvencí). K intenzitě se vztahuje i svítivost, která odkazuje na množství světla procházejícího danou oblastí. Se svítivostí přichází jas, subjektivní vlastnost oka, která zahrnuje vnímání mozku. Jednotkou svítivosti je candela na metr čtvereční (cd/m^2).

6.1.3 Fixace a rychlé pohyby (saccades)

Zrak je víc než přijímání elektromagnetických vln mající frekvenci a intenzitu. Očima se díváme na člověka a vnímáme prostředí. Přitom se oči zapojují do dvou primitivních akcí: fixace a ‚rychlých pohybů‘. Během fixace jsou oči stacionární, vnímající vizuální detail z okolního prostředí. Fixace může být dlouhá nebo krátká, ale obvykle trvá nejméně 200 ms. Změna místa fixace do nového umístění vyžaduje ‚rychlý pohyb‘ – rychlé přemístění očí na novou pozici. Saccades jsou ze své podstaty rychlé, trvající 30–120 ms. Časný a vlivný výzkum fixací a saccades byl představen v roce 1965 publikovaný v ruštině v Yarbus, a překládal se jako *Pohyby očí a zrak* (recenze Tatler, Wade, Kwan, Findlay a Velichkovsky, 2010).

Yarbus demonstroval řadu kontrolních vzorů pro lidi ve snímané scéně. Příkladem použití může být *The Unexpected Visitor* (*Nečekaný návštěvník*) od malíře Ilji Repina (1844–1930). Účastníci dostali instrukce a byli požádáni, aby se podívali na **obraz**. Pohyby očí (fixace a saccades) byly zaznamenány a zobrazeny na různých úkolech. Jejich úkoly bylo ‚Zapamatovat si pozici osob a předmětů‘ a ‚Odhad věku lidí‘. Yarbus tak měl možnost demonstrovat rozdíly jednotlivých účastníků, stejně jako změny v zobrazování vzorů

v průběhu času. Poznamenal, že podobnost kontrolního vzorku pro jednoho účastníka byl větší než mezi větší skupinou.

HCI výzkum pohybu očí má několik motivů. Prvním je analýza, jak lidé čtou a prohlíží obsah na webových stránkách. Lze tím získat příklad, jak lépe uspořádat návrh stránky, aby byl pro většinu uživatelů zajímavý a pro ně relevantní informace nebyly „zastřené“ někde mezi informacemi, které je nezajímají. Samozřejmě se musí brát v úvahu rozdíly mezi muži a ženami a jejich jednotlivými sledovacími návyky a pohyby očí (Pan et. al., 2004) a samozřejmě je třeba prokázat, jak experimentální výsledky na nízké úrovni mohou být podkladem a vodítkem pro lepší design.

6.2 Sluch

Sluch je detekce zvuku. Zvuk je přenášen prostředím jako zvuková vlna – cyklickým kolísáním tlaku v médiu jako je vzduch. Zvukové vlny jsou vytvářeny, pokud se fyzické objekty přesouvají nebo vibrují, čímž se vytváří výkyvy v tlaku vzduchu. Jako příklady lze uvést přetržení struny na kytarě, zabouchnutí dveří, zamíchání karet nebo lidské mluvení. V druhém případě fyzický objekt vytváří zvuk hrtanem nebo hlasivkami v krku. Sluch nastane, když zvukové vlny dosáhnou lidského ucha a stimulují ušní bubínek k tvorbě nervových impulsů, které se posílají do mozku. Jediný zvuk z jednoho zdroje má alespoň čtyři fyzikální vlastnosti: intenzitu (hlasitost), frekvenci, zabarvení a tzv. envelope.

Jako jednoduchý příklad zvažme hudební tón zahraný na nástroj jako je trubka. Tón může být vysoký nebo jemný (intenzita), má vysokou nebo nízkou frekvenci. Slyšíme a rozpoznáváme tóny trumpet jako rozdílný od flétny, kvůli zabarvení a envelope. Pojdme teď každou z těchto vlastností blíže prozkoumat.

6.2.1 Hlasitost

Hlasitost je subjektivní analogová fyzikální vlastnost intenzity. Určuje se podle *hladiny akustického tlaku*, který vyjadřuje tlak zvukové vlny vzhledem k průměrnému tlaku v médiu. Jednotka úrovně tlaku zvuku je v decibelech (dB). Lidský sluch začíná zvuky vnímat od 0-10 dB. Konverzační řeč je okolo 50-70 dB hlasitosti. Bolest nastupuje, když jsou lidé vystaveni zvukům od asi 120 až 140 dB.

6.2.2 Výška

Výška je subjektivní analogová frekvence, která je převrácenou hodnotou času mezi vrcholy ve vzoru zvukové vlny. Jednotkami výšek jsou cykly za sekundu měřené v Hertz (Hz).

Lidé mohou vnímat zvuky v rozmezí četnosti od 20 Hz – 20 000 Hz (20 kHz), i když se horní hranice s věkem snižuje.

6.2.3 Zabarvení

Zabarvení vyplývá z harmonické struktury zvuků. Vrátime-li se k příkladu hudebního tónu, harmonické je celé číslo násobené základní frekvencí tónu. Například hudební tón se základní frekvencí 400 Hz obsahuje harmonické frekvence 800 Hz, 1200 Hz, 1600 Hz a tak dále. Relativní harmonická amplituda vytvoří subjektivní pocit zabarvení ve zvuku. Zatímco lidé uslyší tón okolo 400 Hz, je to zabarvení, které odlišuje tón jako konkrétní hudební nástroj. Je-li to trubka nebo hoboj, jsou hrány tóny stejnou frekvencí i hlasitostí a znějí jinak. Je to z části kvůli jedinečnému vzoru harmonie vytvářené každým nástrojem.

Nejčistší formou tónu je sinusoida, která zahrnuje základní frekvenci, ale žádné harmonické kmity nad základní frekvencí. Hudební tóny tvořené flétnou se blíží k sinusové vlně.

6.2.4 Obálka

Obálka je způsob sdělení a jeho harmonické budování a přechod v čase, z tichého do slyšitelného ticha. Existuje značné množství informací v nástupu envelope nebo hudebního tónu. U výše uvedeného příkladu s trubkou a hobojem mají tóny stejnou frekvenci i hlasitost, a „náběh“ (attack) pomáhá při rozlišování zdroje. Náběh pramení částečně z charakteristických vlastností nástroje (mosazné versus dechové), ale také z toho, jak jsou tóny kloubové (staccato versus legato).

Kromě fyzikálních vlastností má zvuk i jiné vlastnosti. Ty mají co dočinění s lidským sluchem a vnímáním. Zvuky, komplexní zvuky, lze popsat jako harmonické (příjemné) nebo disharmonické (nepříjemné). Jde o míchání různých frekvencí do komplexního zvuku jako je třeba hudební akord. Zvuk může také zprostředkovat pocit naléhavosti nebo rychlosti.

Lidé mají dvě uši, ale každý zvuk má jeden zdroj. Nepatrný rozdíl ve fyzikálních vlastnostech zvuku, jak dorazí do každého ucha, nám pomáhá při určování polohy zvuku (směr a vzdálenost). Při více zvucích z různých zdrojů se v uších objevují vjemové účinky, které nazýváme stereo.

Zvuky jako takové poskytují překvapivě bohatou řadu podnětů pro člověka, ať už při chůzi, nakupování nebo sezení u počítače a psaní emailových zpráv. Není tedy ani divu, že zvuk je zásadní pro nevidomé uživatele, například při přenosu informací o poloze a vzdálenosti od enviromentálních jevů (Talbot a Cowan, 2009).

6.3 Hmat

Ačkoli je hmat nebo dotek považován za jeden z pěti tradičních lidských smyslů, hmat je jednou ze složek somatosenzorického systému. Tento systém zahrnuje smyslové receptory v kůži, svalech, kostech, kloubech a orgánech, které poskytují informace o různých fyzických nebo ekologických jevech, včetně doteku, teploty, bolesti a pozice končetiny či těla.

Hmatová zpětná vazba v HCI odkazuje na informace poskytované prostřednictvím somatosenzorického systému z části těla, jako je například prst, když je ve styku (dotykem) s fyzickým objektem. Další informací, kterou tak získáme je teplota, tvar, textura nebo pozice objektu či velikost odporu.

Všechna uživatelská rozhraní, která se týkají fyzického kontaktu s rukou uživatele (nebo jiné části těla) obsahují hmatovou zpětnou vazbu. Stačí uchopit myš a hned se přenáší značné množství informací k lidskému operátoru: hladký nebo pružný pocit z podvozku myši, kluzký nebo lepkavý pohyb na ploše. Interakce se stolní klávesnicí je také vedena hmatovou zpětnou vazbou. Uživatel cítí okraje a tvary tlačítek a známý odpor při stisku kláves. Hmatové identifikátory na hlavních vrcholech usnadňují dotykové psaní bez sledování pohybů prstů na klávesnici. Tyto hmatové identifikátory jsou k dispozici na numerické klávesnici na čísle 5 a na klávesách F a J na alfanumerické části klávesnice. Výchozí pozice pro psaní všemi deseti je tedy s ukazováčky obou rukou na již zmíněných písmenech.

Rozšiřování možností uživatele prostřednictvím aktivní hmatové zpětné vazby je společné téma výzkumu. Přidaná zpětná hmatová vazba pomáhá jako podklad a vodítko pro interakci a potenciálně snižuje nároky na vizuální kanál. Běžně se používá zpětná hmatová vazba v mobilních telefonech ve formě vibrací, které signalizují příchozí zprávu nebo hovor.

6.4 Čich a chuť

Čich (vůně) je schopnost vnímat pachy. Pro člověka k tomu dochází prostřednictvím smyslových buněk v dutině nosní. Chuť (ochutnáním) je přímý chemický příjem sladkého, slaného, hořkého a kyselého pocitu prostřednictvím chuťových pohárků na jazyku a v dutině ústní.

Chuť je vjemový proces v mozku, kde se vyskytují smysly vůně a chutě a všech ostatních.

Ačkoliv čich a chuť jsou prakticky známé intuitivně pro všechny lidi – s jemností expertů – jsou méně srozumitelné než vizuální a sluchové smysly. Komplexní vůně a chutě mohou být vytvořeny z jednodušších elementů, ale percepční procesy zůstávají stále předmětem výzkumu.

Například klasifikační schémata byla vyvinuta pro konkrétní průmyslová odvětví (př. parfémy, víno), ale toto není zobecnění lidských zkušeností s jinými pachy a chutěmi. Zatímco lidé používají vůni a chuť neustále a bez námahy, tyto smysly nejsou obecně „cílem“.

Máme i pár příkladů v HCI. Brewster et al. (2006) studoval pach jako pomoc při hledání digitálních fotoalb. Uživatelé použili dvě značkovací metody – text a vůni – a pak později díky značkám odpověděli na otázky týkající se fotografií. Vzhledem k tomu, že vůně má vazby v paměti, tudíž se domníval, že pachové vjemy by mohly pomoci při jejich vyvolání. Na konci tohoto procesu s pachovými značkami byl výsledek horší než se slovními značkami. Související práce Bodnara et al. (2004) porovnává pachy, sluchové a zrakové postupy pro upozorňování uživatelů na přerušení pomocí příchozí zprávy. Také dospěli k výsledku, kde slabšího výsledku dosáhlo rozpoznávání pomocí pachu.

Pozoruhodné v obou případech je to, že byl použit empirický výzkum metodologie, aby se prozkoumal potenciál pachu v uživatelském rozhraní. Obě studie zahrnovaly všechny znaky experimentálního výzkumu, včetně nezávislé proměnné, závislých proměnných, testování statistické významnosti a vyvažování nezávislé proměnné.

6.5 Ostatní smysly

Slovo *smysl* se objevuje v mnoha kontextech na rozdíl od pěti smyslů zmíněných výše. Často se mluví o pocitu naléhavosti, smyslu pro směr, hudebním smyslu, intuitivním smyslu, smyslu pro morálku nebo i zdravý rozum. Hodnota těchto a příbuzných smyslů v HCI nelze přeceňovat. Přestože zjevně působí na vyšší úrovni než primárních pět smyslů, tyto další smysly se zapouzdřují, jak se lidé cítí ohledně jejich interakce s počítači.

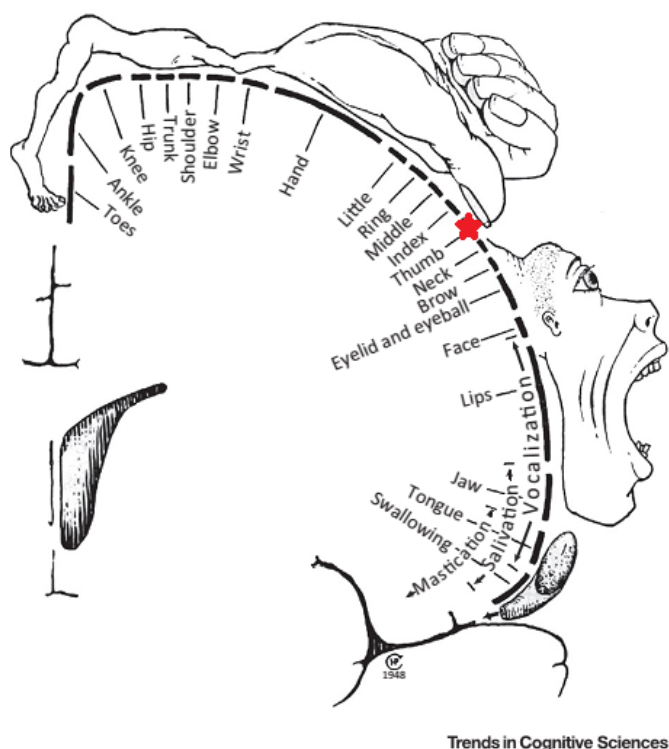
Spokojenost, důvěra, frustrace, jsou jasně uloženy v tom, jak uživatelé smýšlí o počítačových aplikacích. Na otázku, zda jsou receptory, které vyzvednou tyto smysly jsou experimentální důkazy, které potvrzují, že lidé mohou mít mravní smysl, který se podobá chuti (Green a Haidt, 2002).

Máme přírodní receptory, které nám pomáhají zvednout sladkost a slanosť. Stejným způsobem můžeme mít přirozené receptory, které nám pomáhají rozpoznat spravedlnost a krutost. Stejně jako pár univerzálních chutí, které se mohou rozrůst do mnoha různých kuchyní a pár morálních smyslů pro zlepšení morálních kultur našeho společenství.

7 Respondéry

Prostřednictvím pohybu nebo motoriky mají lidé oprávněný vliv na životní prostředí kolem sebe. Ovládání nastává prostřednictvím „respondérů“. Ať už použitím prstu pro sledování textu⁵, nohou k chůzi nebo běhu, obočí k mračení, hlasivkám k mluvení nebo trupu k náklonu, pohyb nám poskytuje moc se zapojit a ovlivňovat svět kolem sebe.

Penfieldův *motor Homunculus* je klasickým obrázkem respondérů (Penfield a Rasmussen, 1990).



Obrázek 5: Homunculus (Penfield a Rasmussen, 1990)

upozorněno, že „determinanty výkonnosti svalů jsou složitější, než jednoduchá kortikální oblast“ (Card et al. 1991, s. 111). (Viz také Hynek a MacKenzie, 1997).

Na obrázku jsou zmapované oblasti v mozkové kůře lidských respondérů. Délky podkladových pruhů ukazují relativní množství kortikální oblasti věnované každé svalové skupině. Jak je vidět, svaly ovládající ruku a prsty jsou hojně zastoupeny v porovnání se svaly odpovídnými za pohyb zápěstí, loktů a ramen. Na základě těchto částečných informací, Card et al. (1991) předpokládal, že „tyto skupiny svalů, které mají vyčleněný velký prostor, jsou heuristicky slibná místa pro připojení se vstupními snímači, pokud chceme pracovat na vysoký výkon“, i když je oprávněně

7.1 Končetiny

Lidská kontrola nad stroji je obvykle spojována s končetinami, zejména s horní částí těla. Totéž platí i v HCI. Prsty, rukama a pažemi píšeme na klávesnici, manévrujeme myši a

⁵ Slovo „text“ je nyní v angličtině přijato jako plnohodnotné sloveso. „Já ti textnu po práci“ bylo v roce 1980 poněkud nezvyklé, ale dnes se tím rozumí „pošlu ti textovou zprávu (SMS) na mobil“.

stlačujeme tlačítka, držíme mobilní telefony, tiskneme tlačítka, přejetím prstem po povrchu dotykového telefonu a na tabletu jednoduše tato zařízení ovládáme.

Samozřejmě nohy a chodidla mohou také působit jako respondéri a poskytovat vstupy do počítače. Pro uživatele s omezenou nebo žádnou schopností využívat paže, mohou ovládat kurzor na obrazovce pohybem hlavy.

Pohyb končetin je těsně spjat se somatosenzorickým systémem, zejména propriocepcí (což je koordinace pohybů končetin a jejího umístění prostřednictvím vnímání podnětů ve svalech a šlachách) k dosažení přesnosti a jemnosti jednotlivých částí těla jako jednoho velkého celku.

Zkuste například uchopit myš, aniž byste se na ni podívali a psát bez pohledu na klávesnici. Pro někoho to není jednoduché. Pokud se Vám to podaří, jste zřejmě praváci. Je zajímavé, že ruční dominance není podmínkou. Ačkoli 8 až 15 procent lidí se považují za leváky, na dominantnosti nezáleží, ať už jste pravák nebo levák. Obouruční lidé (ti, kteří dovedou psát pravou i levou rukou, tudíž žádná z nich není nijak dominantní či preferovaná na některou z činností), jsou tak naprosto lhostejní k preferenci jedné nebo druhé ruky.

Široce používaným nástrojem při hodnocení dominantní ruky, je Edinburgh Handedness Inventory, pocházející z roku 1971 (Oldfield, 1971). Edinburgh Handedness Inventory je

	Left	Right
1. Writing	☐	☐
2. Drawing	☐	☐
3. Throwing	☐	☐
4. Scissors	☐	☐
5. Toothbrush	☐	☐
6. Knife (without fork)	☐	☐
7. Spoon	☐	☐
8. Broom (upper hand)	☐	☐
9. Striking a match	☐	☐
10. Opening box (lid)	☐	☐
Total (count checks)		
Difference Cumulative Total RESULT		

Instructions
Mark boxes as follows:
x preference
xx strong preference
blank no preference

Scoring
Add up the number of checks in the "Left" and "Right" columns and enter in the "Total" row for each column. Add the left total and the right total and enter in the "Cumulative Total" cell. Subtract the left total from the right total and enter in the "Difference" cell. Divide the "Difference" cell by the "Cumulative Total" cell (round to 2 digits if necessary) and multiply by 100. Enter the result in the "RESULT" cell.

Interpretation of RESULT
-100 to -40 left-handed
-40 to +40 ambidextrous
+40 to 100 right-handed

Obrázek 6: Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971)

žováni za levoruké, zatímco ti, kteří byli obodováni od +40 do +100 jsou pravorucí. Lidé v intervalu od -40 do +40 se považují a obouruční.

Existuje několik příkladů v HCI, kde Edinburgh Handedness Inventory byl využit v dalších experimentech (Hancock a Booth, 2004; Hegel, Krach, Kircher, Wrede a Sagener, 2008;

série sebehodnocení stupně preference, jak to člověk cítí směrem k pravé či levé ruce u běžných úkolů, jako je například házení míčem spolu s instrukcemi, vyhodnocením a interpretací výsledků⁶. Lidé obodováni od -100 do -40 jsou pova-

⁶ Dragovic (2004) představil aktualizovanou verzi Edinburghského soupisu, s použitím současných a úkolů pro širší směr uvažování.

Kabbash, MacKenzie a Buxton, 1993; Mappus, Venkatesh, Shastry, Israeli a Jackson, 2009). V některých případech je ruční dominance reportována. Například Hinckley et al. (1997) prohlásili, že všichni dobrovolníci v jejich studii byli ‚silně pravorucí‘ s průměrným skóre 71,7b.

Dominance se často relevantní v situacích, které mají dotykový nebo tlakový snímač displeje. Okluze může vést ke zhoršení výkonu (Forlines a Balakrishnan, 2008) nebo k ‚pozici háku‘, kde dobrovolníci zkroutí rameno do polohy pro snadnější interakci (Vogel a Balakrishnan, 2010). Tomu lze zabránit umístěním prvků uživatelského rozhraní v jiné oblasti na displeji (Hancock a Booth, 2004; Vogel a Baudisch, 2007). Samozřejmě, že to vyžaduje snímání nebo určení dominantní ruky uživatele, protože okluze je jiná pro levoruké uživatele a jiná pro pravoruké.

7.2 Hlas

Lidské hlasivky jsou respondéry. Díky kombinaci pohybu v hrtanu nebo hlasivek a plicního tlaku v plicích, mohou lidé tvořit širokou škálu zvuků. Nejobvyklejší formou ozvučeného zvuku je řeč – primární kanál pro lidskou komunikaci. Jako vstupní modalita musí být řeč uznána algoritmy realizovaných v softwaru, jež běží na hostitelském počítači. Díky tomuto způsobu tak počítač interpretuje mluvená slova jako by tatáž slova byla zadána na systémové klávesnici.

Vertanen a Kristensson (2009) popisují systém pro zadávání mobilního textu pomocí automatického rozpoznávání řeči. Uvádějí, že vstupní rychlost zadávání je 18 slov za minutu při sezení, zatímco při chůzi je to 13 slov za minutu. U počítačového vstupu je možné použití neozvučených hlásek, tato modalita je známá jako neverbální hlasová interakce (non-verbal voice interaction – NVVI).

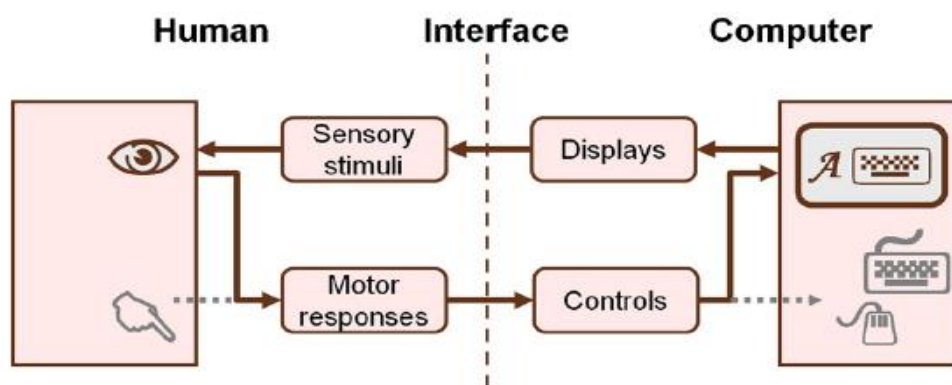
V tomto případě různé akustické parametry zvukového signálu, jako je stoupání, objem nebo zabarvení, se měří v průběhu času a datový proud je interpretován jako vstupní kanál. Tato technika je zvláště užitečná k určení analogových parametrů. Jako příklad si uveďme, že se uživatel vyjádří ve smyslu ‚zvyš hlasitost, aaah‘. V reakci na toto prohlášení tedy systém zvýší hlasitost z televizoru na tak dlouho, jak uživatel udržuje ‚aaah‘ (Igarashi a Hughes, 2001).

Harada et al. (2006) popisují vokální joystick (vocal joystick) – systém používající NVVI k simulaci joysticku a ovládání kurzoru na obrazovce (např. ‚eee‘ – posun kurzoru vlevo). Aplikace jsou užitečné především pro tvorbu přístupné výpočetní techniky pro uživatele bez manuální alternativy.

7.3 Oči

V normálním běhu událostí dostává lidské oko smyslové podněty ve formě světla ze svého okolí. Při sledování scény oči kombinují fixaci, zobrazení konkrétního místa a rychlé pohyby, aby se mohly přesouvat na jiná místa. To bylo uvedeno v době, kdy se zvažovalo, jestli je oko smyslový orgán. Oko je však také schopný pracující respondér – ovládá počítač pomocí fixace a rychlých pohybů (saccades). V tomto případě je oko nuceno dělat dvojitou povinnost, neboť působí jako čidlo a jako respondér. Myšlenka je znázorněna na obrázku 7, který ukazuje upravený výhled rozhraní člověk-počítač.

Normální cesta od člověka k počítači se mění. Místo ruky motorické funkce ovládá počítač prostřednictvím fyzických zařízení, oko poskytuje motorické funkce, které ovládají počítač pomocí měkkých prvků – virtuálních nebo grafických prvků, které se zobrazují na displeji systému.



Obrázek 7: Práce HCI a oči (MacKenzie, 2013)

Pro vstupní kontrolu počítače pomocí očí, je vyžadováno oční sledování zařízení pro snímání a digitalizaci polohy a pohybu očí. Dráha oka je obvykle nakonfigurována tak, aby napodobovala počítačovou myš. Podobně jako jednotlivé operace myši, i oko může vybírat pohledem a aktivovat tím měkké prvky, jako jsou tlačítka, ikony, odkazy nebo text (Zhang a MacKenzie, 2007).

Nejběžnějším způsobem výběru okem je pomocí fixací na volitelném cíli po předem stanovenou dobu, například 750 ms. Zadávání textu je jedna aplikace dráhy oka pro kontrolu vstupu. Takzvané ‚eye typing‘ využívá klávesnici na obrazovce. Uživatel se dívá na kontextová tlačítka a po stanovené době fixace učiní výběr.

7.4 Mozek

Mozek je nejsložitější známou biologickou strukturou vůbec. S miliardou neuronů, mozek poskytuje lidem neskutečné množství kapacit a zdrojů, včetně přemýšlení, zapamatování,

vzpomínání, uvažování, rozhodování a komunikaci. Zatímco senzory (lidské vstupy) a respondéry (lidské výstupy) jsou pěkně zrcadlové, je to právě mozek, který je spojuje. Bez snímání a prožívání okolí kolem sebe, by měl mozek málo co dočinění. Nicméně při prožívání okolí prostřednictvím senzorů, úkol mozku teprve začíná.

7.4.1 Mozek – vnímání

Vnímání dochází v první fázi zpracování v mozku, jakmile jsou smyslové signály přijaty jako vstup z okolního prostředí. To je percepční fáze, kdy se formují asociace a významy. Sluchový podnět je vnímán jako harmonický nebo disharmonický. Vůně je příjemná nebo odporná. Vizuální obrazy jsou známé nebo zvláštní. Dotknout se něčeho a cítit ten povrch hladký nebo drsný, teplý nebo studený.

S asociacemi a smysly připojenými ke smyslovým vjemům, jsou lidé nadřazenější strojům, s nimiž spolupracují:

Lidé vynikají vnímáním, kreativitou, schopností jít nad rámec informací, které vyplývají v jinak naprosto chaotických událostí. Často musíme interpretovat události daleko za dostupné informace a naše schopnost to udělat efektivně a bez námahy, aniž bychom si toho byli vědomi, že to děláme, významně přispívá k naší schopnosti fungovat.

(Norman, 1988, s. 136)

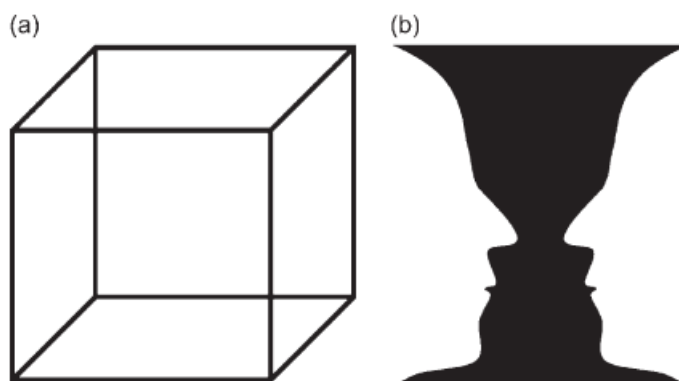
Od konce 19. století bylo vnímání zkoumáno ve specializované oblasti experimentální psychologie, známé jako psychofyziky. Psychofyzika zkoumá vztah mezi lidským vnímáním a fyzikálními jevy.

V experimentu zahrnujícím psychofyziku, byl lidem předkládán fyzický stimul a byli požádáni o popsání pocitu, který cítili nebo si ho všimli (vnímali ho). Souvislost je mezi měřitelnou vlastností jevu reálného světa, jež stimuluje lidský rozum a subjektivním výkladem tohoto jevu u každého jedince. Běžným experimentálním cílem je měřit *jen znatelný rozdíl* (*just noticeable difference* – JND) jako stimul.

Lidskému subjektu jsou nabídnuty dva podněty, jeden po druhém. Tyto podněty se liší svými fyzikálními vlastnostmi, jako je například četnost či intenzita, a předmět subjektu je požádán o názor, zda jsou podněty stejné nebo různé. Úkol se opakuje po sérii pokusů s náhodnými odchylkami v rozsahu rozdílu ve fyzických vlastnostech manipulovaného předmětu. Pod určitou prahovou hodnotou je rozdíl mezi těmito dvěma podněty tak malý, že subjektem není vnímána. Právě tento práh je JND.

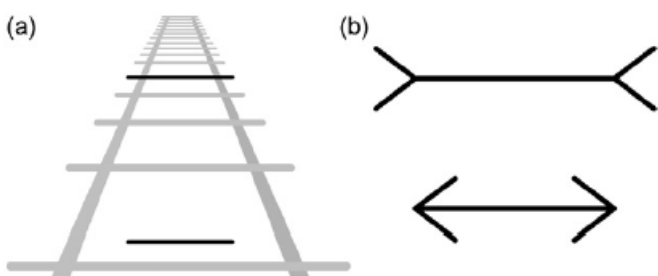
JND je vysoce zkoumán pro všechny lidské smysly a v různých kontextech. Otázky, které se pak dostávají na světlo, uvažují nad tím, zda JND závisí na absolutní velikosti podnětů (zda je rozdíl mezi vysokou intenzitou podnětu a nízkou intenzitou podnětu), nebo jestli JND jedné vlastnosti (třeba intenzity) závisí na absolutní hodnotě druhé vlastnosti, nebo dokonce, jestli JND má nějaký vztah k věku, pohlaví nebo jinému majetku člověka. Jsou to otázky, myšlenky, které se zdají být na hony vzdálené takovému výzkumu, že je téměř nemožné si uvědomit, že by mohly mít vliv na uživatelská rozhraní. Nicméně postupem času a novým výzkumem nové výsledky rozšiřují poznatky z těch minulých a dochází se k názoru je pro HCI je to potřebné. Pro příklad, základní výzkum psychofyziky používá algoritmu pro kompresi zvuku v kódování MP3 audio.

Další vlastností vnímání je nejednoznačnost – lidská schopnost rozvíjet několik interpretací smyslových vjemů. Nejednoznačný obraz poskytuje jasnou demonstraci této schopnosti pro vizuální smysl.



Obrázek 8: Nejednoznačné obrázky (MacKenzie, 2013)

Pokud se podíváme na obrázek 8a) vidíme na něm Neckerovu krychli. Otázka je, zdali pravý horní roh je vpředu zadní strany nebo až za ní. Podobný případ je i na obrázku 8b), kde je Rubinova váza. Opět se nabízí otázka, jestli vidíme vázu nebo dvě tváře. Samotný fakt, že cítíme (vnímáme) nejednoznačnost u těchto obrazů, odhaluje naši schopnost vnímání jít nad rámec poskytnutých informací.



Obrázek 9: Iluze: a) Ponzo lines. b) Müller-Lyerovy šipky (MacKenzie, 2013)

K nejednoznačnosti se vztahuje iluze, klam zdravého rozumu. Na obrázku 9a) vidíme, tzv. Ponzo lines. Jsou tam dvě černé čáry mající stejnou délku. Nicméně se ta bližší zdá kratší než ta uprostřed obrázku kvůli trojrozměrné perspektivě.

Na obrázku 9b) jsou Müller-Lyerovy šipky. Při porovnání úseček obou šipek, se nám horní zdá delší než ta pod ní. Faktem ale je, že jsou obě stejně dlouhé. Naše intuice nás zradila.

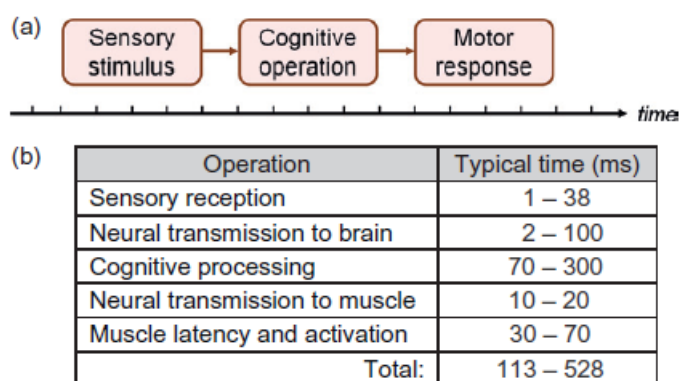
Jsou-li iluze možné ve vizuálních podnětech, je rozumné očekávat zmatení i ostatních smyslů. Příkladem sluchové iluze je Shepardova hudební stupnice. Lidé ji vnímají jako nepřetržitě stoupající a klesající, přitom zní pořád stejně. Variantou je kontinuální hudební tón známý jako Shepard-Risset glissando – tón, který neustále stoupá po příčné ose a zároveň nadále zůstává ve stejném stoupání. Příklady Shepard a Shepard-Risset glissanového tónu můžete slyšet na Youtube.

Existují také taktilní nebo haptické iluze. Dobře dokumentovaným příkladem jsou „*fantomové končetiny*“. Lidé, kteří přišli o končetinu po amputaci, často pokračují v tom smyslu, že končetina je pro ně stále přítomna, že se pohybuje společně s ostatními částmi těla, stejně jako před amputací (Halligan, Zemen a Berger, 1999).

Mimo vnímání, jsou smyslové podněty integrovány do nesčetně dalších zážitků pro získání představy, rozhodnutí, strategie, akce a tak dále. Schopnost vyniknout v těchto vyšších úrovních je to, co pohání lidi na nejvyšší úroveň v klasifikačním schématu pro živé organismy. Celkově vzato je to lidská schopnost myslet a rozhodovat se, co jim poskytuje zvláštní postavení.

7.4.2 Mozek – poznání

Mezi důležité schopnosti mozku patří poznání – proces lidského vědomí duševní činnosti, jako je myšlení, uvažování a rozhodování. Poznání pokrývá mnoho polí – z neurologie do lingvistiky a antropologie – a není divu, že existují protichůdné názory na obor poznání.



Obrázek 10: Schématický problém a Sekvence operace (Bailey, 1996, s.41)

Smyslové jevy, jako je zvuk a světlo, jsou snadno studovatelné, protože existují ve fyzickém světě. Přístroje oplývají nahráváním a měřením přítomnosti a velikosti senzoričkových (smyslových) signálů. K poznání dochází v lidském mozku, takže studium poznání představuje zvláštní problémy. Na-

příklad není možné přesně změřit čas potřebný pro člověka, aby učinil rozhodnutí. Samozřejmě, že se nabízí otázky typu, kdy by mělo měření začínat a končit, kde/kdy se měří, co je vstupem pro rozhodování nebo přes jaký výstup je rozhodnutí vedeno. Poslední dva body mluví o smyslovém podnětu a motorické odpovědi, patřící k poznávacím operacím.

Vzhledem k tomu, že smyslové podněty a motorické reakce jsou pozorovatelné a měřitelné, vyjadřuje toto číslo v hrubém smyslu slova, jak se kognitivní operace měří. Přesto existují problémy.

Jsou-li senzorické podněty vizuální, sítnice převádí světlo na nervové impulsy, které jsou přenášeny do mozku pro percepční zpracování. Zabere to čas. Tudiž začátek kognitivní operace není přesně znám. Stejně je to i v případě, že motorická odezva zahrnuje stisknutí tlačítka prstem, neurální asociace pro reakci jsou vyvinuty v mozku s nervovým signálem přenášeným do ruky, než se začne pohybovat. Což nám dokazuje, že přesné ukončení kognitivní operace je také neznámé.

Rozsah kognitivních operací je značný. Při jízdě autem se rozhodneme sešlápnout brzdový pedál v odezvě na měnící se signální světlo na semaforu. Podobnými scénáři HCI přímo oplývá. Při použití mobilního telefonu, se jeden může rozhodnout klávesou odmítnout přijmout hovor v reakci na příchozí volání. Při čtení ranních on-line zpráv se někdo rozhodne, že klepnutím na tlačítko Zavřít ukončí pop-up reklamy. Při úpravách dokumentu, přejdeme do emailu v reakci na upozornění o přijetí nové zprávy. Tyto příklady zahrnují senzorické stimuly, kognitivní operace a motorické odezvy.

Jiná rozhodnutí jsou více komplikovaná. Při hraní 21 (aka Blackjack), třeba online⁷, jakmile je vynesena karta a v ruce máme součet 16, se rozhodujeme, jestli si vezmeme další kartu, je pravděpodobné, že se právě nacházíme v kognitivní pauze. Není jisté, zda další karta bude pro nás výhodná. Nevíme ani, které karty už byly rozdány. V tomto případě je rozhodnutí nad rámec informací u smyslového podnětu. Samozřejmě, že jsou ke zvážení strategie, stejně jako lidská schopnost si pamatovat a připomínat si uplynulé události – dříve řešené akce. Což nás vede k další významné funkci mozku – paměti.

7.4.3 Mozek – paměť

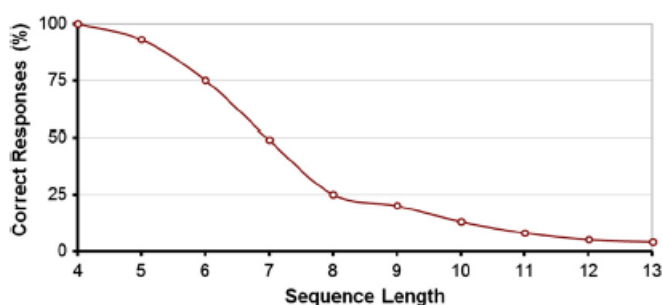
Paměť je lidská schopnost ukládat, uchovávat a vyvolat informace. Kapacita naší paměti je pozoruhodná. Zkušenosti, ať už z doby před několika dny nebo z posledních desetiletí, jsou společně shromažďovány v obrovském archivu v mozku známého také jako dlouhodobá paměť. Je zajímavé, že existuje podobnost mezi pamětí v mozku a pamětí v počítači. Počítačová paměť často zahrnuje samostatnou oblast dat a kódu. V mozku je paměť podobně uspořádaná. Deklarativní/explicitní oblast ukládá informace o událostech v čase a objektů ve vnějším světě. Je to podobné datovému prostoru. Implicitní/procesní oblast v paměti

⁷ V uvozovkách „třeba online“ je zahrnuta připomínka, že mnohé lidské činnosti fyzického světa mají svůj protějšek v oblasti výpočetní techniky, často hlavně na internetu.

mozku ukládá informace o tom, jak používat předměty nebo jak je vyrábět/tvořit. Je to stejné jako code space⁸.

V rámci dlouhodobé paměti je aktivní oblast pro *krátkodobou paměť* nebo *pracovní paměť*. Obsah pracovní paměti je aktivní a snadno dostupný. Množství takové paměti je malé, asi sedm jednotek, v závislosti na úkolu a metodice měření. Studii o krátkodobé paměti zveřejnil v roce 1956 v klasickém pojednání Miller, jenž ji příhodně nazval „Magické číslo sedm, plus nebo minus dvě: Některá omezení naší schopnosti zpracovávat informace“ (G. A. Miller, 1956)⁹. Miller přezkoumal velké množství studií podnětů absolutního úsudku, kam patří stoupání sluchové (auditivní) stimulace nebo koncentrace soli ve vodě, rozpoznání pomocí chuti. Lidé jsou totiž obvykle schopni rozlišit asi sedm úrovní jednodimenzionálního stimulu¹⁰.

Miller rozšířil tuto práci o lidskou paměť, a popisuje experiment, kde účastníkům byly prezentovány po určitou dobu obrázky a pak byli požádáni, aby si na ně vzpomněli a vyjmenovali je. Zjistil tak, že je v lidských silách u takovýchto úkolů pamatovat si asi sedm položek (± 2). Pro tento „mini-experiment“ byly studentům ve třídě zaměřené na HCI ($n \approx 60$) rozdány protokoly. Instruktor diktoval posloupnost náhodných čísel v sekvencích různé délky od čtyř do 13 číslic.



Obrázek 11: Test krátkodobé paměti (G. A. Miller, 1956)

Po každém diktátu, studenti přepsali diktovanou sekvenci z krátkodobé paměti na list protokolu. Procento správných odpovědí podle délky sekvence je znázorněno na obrázku 11. Při délce náhodného čísla, byl počet správných odpovědí kolem

⁸ Pamatujme na opatrný a volný pohled na analogii mezi lidskou pamětí a počítačovou pamětí. Pokusy formulovat analogii z počítačů na člověka nebo naopak se sebou nese problémy. Kognitivní vědci často hovoří o lidském poznání, pokud jde o subjekty, operandy, cykly a podobně, a budují a testují modely, které odpovídají jejich analogii. Takovýto reverzní antropomorfismus je lákavý, ale je nepravděpodobné, aby odrazil skutečné vnitřní fungování lidské biologie.

⁹ Millerovo klasické dílo je označováno jako esej než výzkumná práce. Eсей je náhodná ve stylu a psána v první osobě (G. A. Miller, 1956, s. 93). Výzkumná práce, na druhou stranu, je obvykle prostého stylu vyvarující se vyprávění v první osobě.

¹⁰ Lidská schopnost rozlišovat úrovně je větší v případě, že stimul je multidimenzionální; to znamená, že podnět obsahuje dva nebo více nezávislých atributů, jako je zvuk, který se mění v intenzitě.

50 %. U délky náhodného čísla mezi pěti a devíti místy se hodnoty správných odpovědí pohybují od 90 % do 20 %¹¹.

Miller rozšířil svou práci tím, že odhaloval a analyzoval jednoduchý, ale výkonný proces v mozku: naši schopnost spojovat více položek v jeden celek. Takzvaný ‚chunking‘ je proces, při němž si lidé skupinu čísel rozeberou na menší části, které se lépe pamatují. Ideálním příkladem jsou proto binární číslíce – sérii 16 bitů, jako je 1000101101110010, by bylo velmi obtížné si zapamatovat. Pokud si ale bitu shromáždíme do skupin po čtyřech a rozdělíme do desítkových číslic, je mnohem snazší si to zapamatovat:

$$1000101101110010 \rightarrow 1000, 1011, 0111, 0010 \rightarrow 8, 11, 7, 2.$$

Card et al. (1983, s. 36) udává jako příklad skupinu písmen BSCBMICRA. Tuto sekvenci devíti písmen bez větší souvislosti, je nad schopnosti většiny lidí si ji zapamatovat a znovu zopakovat. Ale sekvence, která je podobná té následující tří písmenné skupině, už je to snazší: CBS IBM RCA.

Takto znázorněná sekvence obsahující tři skupiny je relativně snadno zapamatovatelná za předpokladu, že osoba dovede provést takového ‚překódování‘ dostatečně rychle. Proces ‚chunking‘ je většinou neformální a nestrukturovaný. Lidé intuitivně budují takovéto struktury rekursivně a hierarchicky, což vede ke složité organizaci paměti v mozku.

7.5 Jazyk

Jazyk – mentální schopnost, která umožňuje lidem komunikovat, je všeobecně k dispozici všem lidem na světě. Pozoruhodné je, že jazyk jako projev je k dispozici bez námahy. Děti se učí mluvit a rozumět řeči bez vědomého úsilí jak rostou a vyvíjejí se.

Psaní, jako kodifikace jazyka, je mnohem více současný fenomén. Naučit se psát vyžaduje úsilí, značné úsilí, které zahrnuje léta studia a praxe. Daniels a Bright rozlišují jazyk a psaní takto: „Lidstvo je definováno jazykem, ale civilizace je definována psaním.“ (Daniels a Bright, 1996, s. 1).

Tato slova jsou připomínkou toho, že kulturní a technologický stav spojený s civilizací je umožněn díky psaní. Ve skutečnost termín *pravěk*, vymyšlený lidmi, se datuje od příchodu bytostí podobných lidem, před miliony let, až po vznik písma. Písmo slouží k zaznamenávání historie, počínající před pouhými šesti tisíci lety.

¹¹ Odpověď byla považována za správnou pouze tehdy, pokud všechny položky byly správně. U delších náhodných čísel, byla většina odpovědí „převážně správně“. Například u sedmi-místného čísla bylo pět nebo šest položek správně.

V HCI je v našem zájmu jazyk jako primární systém psaní a v technologii jazyk umožňuje komunikaci v písemné formě. Text je psaný materiál na listu papíru nebo na displeji. Jak se tam dostane, je téma, které zajímá a pro vědce HCI je výzvou, stejně jako pro návrháře a inženýry, kteří vytváří produkty, jež podporují vytváření textu nebo jeho zadávání. Ačkoliv je zadávání textu v HCI nesmírně důležité, hlavní zájem je o jazyk samotný ve své písemné podobě.

Jedním ze způsobů, jak charakterizovat a studovat jazyk v jeho psané formě, je prostřednictvím korpusu – velké sbírky textových vzorků získaných z různých zdrojů, jako jsou noviny, knihy, emaily a časopisy. Samozřejmě, že není možné, aby korpus přesně reprezentoval jazyk jako takový. Odběr vzorků přináší jistá omezení, jako je časový horizont, kdy byly vzorky napsány, země a její oblast, témata, na která jsou vzorky zaměřeny a hlavně, kdo je napsal.

Dobře známý je Britský národní korpus (British National Corpus, BNC), který zahrnuje vzorky ve velikosti 100 milionů slov¹². Zdroje jsou zapsány v britské angličtině a jsou z druhé poloviny 20. století. Takže analýzy shromážděné od BNC, ačkoliv se obecně vztahují k angličtině, nemusí platit přesně, například americká angličtina do dnešní angličtiny, nebo jazyk teenagerů posílajících si textové zprávy (SMS).

Pro usnadnění studia a analýzy, je korpus někdy redukován na seznam slovní frekvence, který obsahuje konstrukci jedinečných slov a jejich frekvence. Jedna taková redukce BNC zahrnuje asi 64.000 unikátních slov s frekvencí ve výši 90 milionů (Silfverberg, MacKenzie a Korhonen, 2000). Pouze slova, která se vyskytují třikrát nebo vícekrát v originálním korpusu jsou zahrnuta. Nejfrekventovanějším slovem je anglické *the*, představující zhruba okolo 6,8 procent všech slov.

Významný rys některých korpusů je označován jako součást řeči (*part-of-speech*, POS), kde jsou slova označena jejich kategorií, jako je podstatné jméno, sloveso nebo přídavné jméno. Důležité je, že část projevu je kontextová, vystihující použité slovo v původním textu. Pro příklad, malování je sloveso (Děti malují s vášní), někdy funguje jako podstatné jméno (Malba (nátěr) je suchý). POS značení může být důležité v predikčních systémech, kde víme, že POS aktuálně použitého slova omezí možnosti toho následujícího (Gong, Tarasewich a MacKenzie, 2008).

7.5.1 Redundance v jazyce

Rodilí mluvčí mají přirozeně obrovské pochopení ohledně statistik jazyka. Automaticky vkládáme slova, která jsou vynechána nebo skryta (šunka a _____ sendvič). Doplnujeme slova (obraz stojí tisíc _____), písmena (otázka_) nebo celé fráze (to be or ____). Jsme zvědaví: vzhledem k tomu, že jsou lidé schopni doplnit chybějící písmena nebo slova,

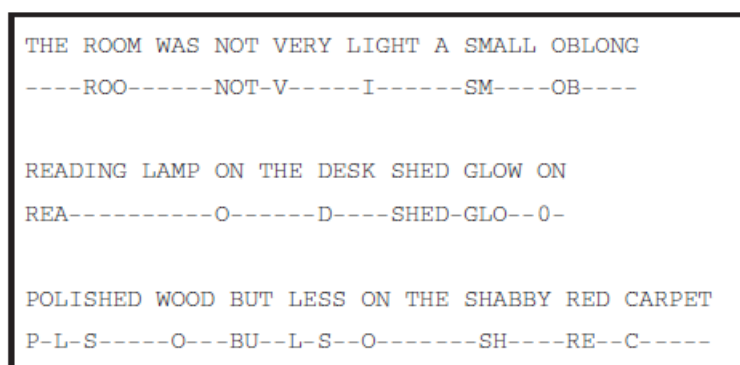
¹² www.natcorp.ox.ac.uk

možná mohou být nepotřebné části vynechány. Uvažujme dále. Existují i další příklady, jak je již uvedeno výše, ve kterých jsou odstraněny části textu, a přesto jim stále porozumíme. SMSky nám v tomto případě mohou být k užítu jako dobře zdokumentovaný příklad. Kromě odstranění znaků, se často používá jakýsi druh překódování. Existují četné techniky, například použití výslovnosti (z5 → zpět), nebo akronymy (bf → best friends, ASAP → as soon as possible (co nejdříve) (Grinter a Eldridge, 2003).

Jedna anekdota vypráví o 13letém studentovi, který předložil esej kompletně napsanou v SMS zkratkách. Je tady, bohužel, v psaném textu ještě zákeřnější postranní redundance. Běžnou chybou v psaném textu je přítomnost nadbytečných slov, jejich vymýcení je podporováno v mnoha titulech o stylu psaní (Strunk a White, 2000, s. 23).

7.5.2 Entropie v jazyce

Jestliže redundance v jazyce je to, co ve své podstatě víme, entropie je to, co nemáme vědět – nejistota ohledně nadcházejících písmen, slov, vět, myšlenek, konceptů a tak dále. Je zřejmé, že redundance a entropie spolu souvisí: Pokud odstraníme to, co víme, co zůstává jen to, co nevíme. Demonstrace redundance a entropie v psané angličtině byla poskytnuta v roce 1950 Shannonem v experimentu s hádáním písmen (Shannon, 1951).



Obrázek 12: Shannonův letter-guessing experiment (Shannon, 1951)

Experiment probíhal následujícím způsobem. Respondent byl požádán, aby uhodl písmena ve frázi začínající na ‚Jak‘ a typování pokračuje, fráze se odhaluje respondentovi, písmeno po písmenu. Výsledky jsou znázorněny na obrázku 12 pod každou jednotlivou větou. Pomlčka (,-“) je správný odhad, písmeno je nesprávný odhad.

Shannon nazývá druhý řádek „redukovaným textem“. Pokud jde o redundanci a entropii, pomlčka představuje redundanci (to, co je známé), zatímco písmeno představuje entropii (co není známé). Zajímavé je, že chyby jsou více běžné na začátku slov, méně obvyklé u pokročilejších slov. Statistická povaha jazyka a vlastní respondentovo pochopení jazyka

usnadňuje hádání uvnitř slov. Shannon byl motivován ke kvantifikaci entropie angličtiny v informačně teoretickém hledisku. Poukázal například na to, že oba řádky v každém páru fráze obsahují stejné informace, a tak je možné s dobrým statistickým modelem obnovit první řádek od druhého. Z důvodu redundance v tištěné angličtině (viz pomlčky), musí komunikační systém předávat pouze redukováný text. Původní text může být obnoven pomocí statistického modelu.

Shannon také demonstroval, jak spočítat entropii v tištěné angličtině. S ohledem na předchozí písmena, entropie je snižována, protože je tam menší nejistota ohledně nadcházejícího písmene. S ohledem k dlouhému dosahu statistických účinků (až 100 písmen), Shannon odhaduje entropii tištěné angličtiny na asi jeden bit pro jedno písmeno s odpovídající redundancí okolo 75 procent.

7.6 Lidská výkonnost

Lidé používají své snímače, mozek a respondéry pro to, aby mohli fungovat. Když tyto tři prvky spolu spolupracují na dosažení cíle, vzniká lidská výkonnost. Zda jde o činnost vázání tkanice, skládání oblečení, vyhledávání na internetu nebo psaní textové zprávy na mobilním telefonu, je lidská výkonnost přítomna. Lepší výkon je obvykle spojena s rychlejším a přesnějším chováním, a to má za následek základní vlastnost lidské výkonnosti – tzv. *speed-accuracy trade-off*: čím rychleji, vyšší riziko chyb; pomaleji a přesnost se zlepšuje.

Záznamy akademických prací se datují o více než jedno století zpět, všední a příslovečné („Práce kvapná...“) a bohaté na selský rozum (instinktivně zpomalíme, abychom maximálně zabránili chybám), je těžké si představit banální rys lidské výkonnosti. Je zřejmé, že výzkum nového rozhraní nebo technické interakce, která slouží k určení rychlosti v tomto úkolu, se musí stejně brát v úvahu i přesnost.

Lidé zaujali pozici ke *speed-accuracy trade-off* způsobem, který je zároveň pohodlný a zároveň v souladu s jejich cíli. Někdy jednáme ve spěchu, i z nedbalosti; jindy jednáme s velkým důrazem na detail. Kromě toho můžeme jednat v přítomnosti sekundární činnosti, jako je poslech rádia, konverzace s přáteli nebo řízení auta. Je jasné, že kontext hraje důležitou roli, stejně jako omezení a možnosti senzorů, mozku a respondérů.

S lidskou výkonností začneme vidět složitost a problémy v HCI, které chybí v tradičních vědách, jako je fyzika a chemie. Lidé přinášejí rozmanitost a variabilitu a tyto vlastnosti přinášejí nepřesnosti a neurčitost. Někteří lidé plní úkoly lépe než ostatní. Stejně tak konkrétní člověk může plnit úlohu lépe v jednom kontextu a prostředí, než při provádění stejného úkolu v jiném kontextu a prostředí. Kromě toho, v případě, že stejný člověk provádí stejný úkol opakovaně ve stejném kontextu a prostředí, výsledek se bude pravděpodobně lišit.

Lidská rozmanitost při vykonávání úloh je někdy znázorněna v distribuci. Tady distribuce ukazuje množství lidí vykonávajících úkol v závislosti na jejich způsobilosti v této oblasti. Předpokládá se, že uživatelé počítačů je populace a dokládá psaní na konvenční klávesnici počítače jako úkol. Většina lidí spadá někam do středu této distribuce. Rychlost psaní je v rozmezí, řekněme, od 30-70 slov za minutu. Někteří lidé jsou pomalejší, někteří rychlejší. Nicméně, je malý počet lidí, kteří píší mimořádně rychle, řekněme 150 slov za minutu nebo ještě rychleji. Jsou ale i tací, v malém měřítku, jež vykazují obtíže dosáhnout alespoň i skromné rychlosti, například pěti slov za minutu. Ekvivalentní je jedno slovo každých 12 sekund.

7.6.1 Reakční čas

Jedním z nejvíce primitivních projevů lidské výkonnosti je jednoduchá reakční doba, definovaná jak prodleva mezi výskytem jednoho pevného stimulu a zahájení reakce, který byla přiřazena (Fitts a Posner, 1968, s. 95). Příkladem je stisk tlačítka v závislosti na nástupu stimulačního světla. Úkol zahrnuje tři prvky člověka. Kognitivní operace je triviální, takže úkol je relativně snadné studovat. Zatímco přístroje v experimentálním nastavení jsou obvykle jednoduché, lidé reagují na složitější přístroje celou dobu, v každodenních aktivitách a v různých kontextech, jako je například zvonění telefonu, měnící se semafor nebo voda ve vodě (horká!).

Všechny tyto tři příklady zahrnují motorickou odezvu. Ale smyslové podněty se liší. Zvonění telefonu je zvukový stimul; měnící se semafor je vizuální podnět; horká voda dotýkající se kůže je hmatový podnět. Je známo, že jednoduché reakční časy se liší v závislosti na zdroji podnětu s přibližnými hodnotami 150 ms (sluchové), 200 ms (vizuální), 300 ms (vůně) a 700 ms (bolest) (Bailey, 1996, s. 41).

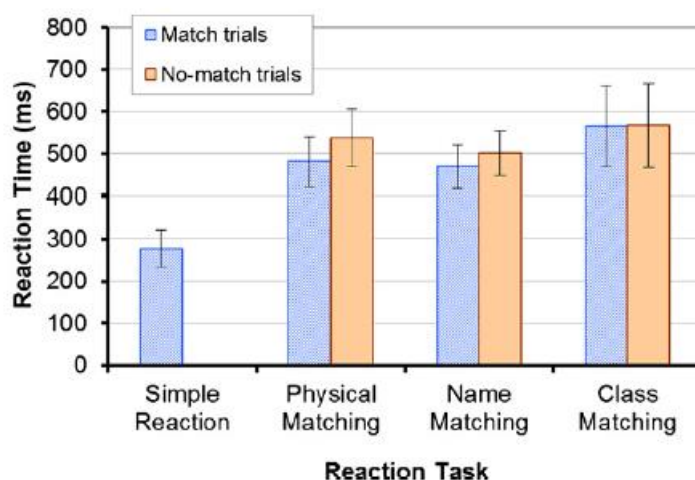
Software implementuje tři rozšíření jednoduchých reakčních úkolů: fyzické párování, párování jména a párování tříd. Každá přidaná vrstva komplexnosti na poznávací (kognitivní) operace. Úkoly byly modelovány po popisy od Carda et al. (1983, s. 65-71). Pro *fyzické párování*, je uživatel představeno pětímístné slovo jako počáteční stimul. Po prodlevě se objeví druhý stimul, také pětímístné slovo. Uživatel odpoví tak rychle, jak je to možné stiskem jednoho ze dvou tlačítek: klávesa „shoda“ v případě, že druhý stimul odpovídá prvnímu podnětu, nebo klávesa „neshoda“ v případě, že druhý stimul se liší od prvního podnětu. Shody se vyskytnou s 50procentní pravděpodobností.

Fyzické párování (physical matching) je samozřejmě mnohem složitější než jednoduché reakce, protože uživatel musí porovnat podnět ke kódu uloženého v pracovní paměti. Existuje mnoho příkladů podobných úloh v HCI, ku příkladu zadávání textu na mobilním telefonu za použití prediktivní metody (T9). Při zadávání slova má uživatel v mysli zamýšlené slovo. To je počáteční stimul. S posledním stisknutím tlačítka, systém ukáže slovo. To je druhý stimul. Odpovídá-li navrhnuté slovo slovu zamýšlenému, uživatel stiskne 0 pro

jeho přijetí. Pokud navržené slovo neodpovídá zamýšlenému slovu, uživatel stiskne * pro načtení dalšího alternativního slova odpovídající kombinací kláves.

Jmenné párování (name matching) je stejné jako fyzické párování s výjimkou, že podoba slova se liší: velká nebo malá písmena, rozložené, obyčejné, sans serif nebo tučné, 18 nebo 20bodů velké. Párování nastane v případě, že jsou slova stejná, bez ohledu na jejich podobu písma. Jmenné párování by nemělo trvat déle než fyzické párování, protože „uživatel musí teď čekat na vizuální kód, který bude uznán a abstraktní kód, který zastupuje název písmene, je k dispozici.“ (Card et al., 1983, s. 69).

Pro *párování dle tříd (class matching)*, počáteční podnět obsahuje písmeno nebo číslici. Po prodlevě se objeví druhý stimul, jež obsahuje písmeno nebo číslici. Font je sans serif, bezpatkový, prostý nebo kurzívou, 18 bodů nebo 20 bodů. Párování se považuje za ukončené, pokud jsou oba symboly stejné třídy; to znamená, že jsou oba písmena nebo číslice. Párování dle tříd trvá déle, protože „uživatel má pro vytvoření vícenásobného odkazu dlouhodobou paměť“ (Card et al. 1983, s. 70). Aby nedošlo k záměně či nejasnostem, 0 (číslice) a O (písmeno) nejsou zahrnuty, stejně jako 1 (číslice) a I (písmeno).



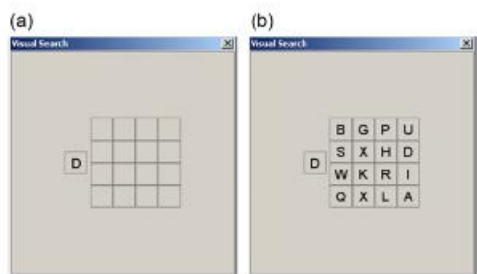
Obrázek 13: Výsledky experimentu párování (MacKenzie, 2013)

Výše popsaná rozhraní byla testována v laboratoři jako součást kurzu HCI. Čtrnáct studentů působilo jako účastníci a provedly se tři bloky deseti pokusů pro každou podmínku. První blok byl považován za cvičení a byl vyřazen. Aby bylo možné vyloučit účinky učení, účastníci byli rozděleni do dvou stejně velkých skupin. Jedna skupina předem vytvořila jednoduchou reakci na první úkol, následované za sebou jdoucí úkoly pro párování fyzické, jmenné a podle třídy. Ostatní skupiny prováděly úkony v opačném pořadí.

Volba reakce (choice reaction) je dalším typem reakční doby úkolu. V tomto případě má uživatel n podnětů, jako jsou světla, a n respondentů, například vypínače. K dispozici je jeden pro komunikaci mezi podnětem a reakcí.

7.6.2 Vizuální hledání

Obměnou na reakční dobu je *vizuální vyhledávání*. Zde uživatel prohledává kolekci předmětů a hledá požadovanou položku. Je jasné, že čas se zvyšuje s počtem kusů ke kontrole. Výše popsany software zahrnuje režim pro vizuální vyhledávání, ve vyhledávacím prostoru konfigurovatelného pro 1, 2, 4, 8, 16 nebo 32 předmětů.



Obrázek 14: Vizuální vyhledávání – příklad (MacKenzie, 2013)

Podívejme se na příklad u obrázku číslo 14. Prvotním podnětem je jedno písmeno. Po náhodném zpoždění dvou až pěti sekund, se čtverečky vpravo zaplní náhodně vybranými písmeny. Na pravé straně se s 50procentní pravděpodobností objeví počáteční podnět. A uživatel podle potřeby stiskává tlačítko „shoda“ nebo „neshoda“.

Je vidět, že existuje lineární vztah mezi

reakční dobou a úkolem ve vizuálním vyhledávání a počtem položek ke kontrole. Snižuje se tak úkol fyzického párování. Tento úkol je mírně odlišný než v experimentu s fyzickým párováním, protože uživatel porovnává spíše písmena, než slova takže k neshodám může docházet delší dobu. Důvod je jednoduchý. Pokud počáteční podnět není přítomen, vyčerpávajícím hledáním je třeba to ověřit, než se stiskne tlačítko „neshoda“. Pokud je počáteční podnět k dispozici, uživatel nachází shodu okamžitě, když je počáteční stimul nalezen na pravé straně. Před přesunem nastává zajímavá reakční situace, která přímo nese název celé této kapitoly – Lidská výkonnost.

Vezměme v úvahu sportovce, který závodí v běhu na 100 metrů a reaguje na zvuk výstřelu ze startovací pistole na olympijských hrách. Někde se stává, že na začátku závodu je tzv. „předčasný start“. Definice předčasného startu je poměrně zajímavá: předčasný start nastává, pokud sportovec reaguje na pistolí startéra ještě předtím, než zazní výstřel nebo během 100 ms poté, co se vystřelí¹³.

Je jisté, že sportovec, který reaguje před startérovým výstřelem z pistole předjímá, ale nereaguje. Zajímavé v definici je ovšem kritérium, že k předčasnému startu dojde i v případě, že sportovec reaguje během 100 ms *poté*, co zazní výstřel ze startovací pistole.

Světové rekordy jsou nastaveny, zlaté medaile vyhrány lidmi z extrémního konce normálního rozdělení. Je možné, že je občas předčasný start prohlášen, a stává se velmi ojediněle, že k němu nedojde. Existují malé rozdíly mezi spodním reakčním časem a reakčními dobami uvedenými výše včetně předčasného startu.

¹³ Pravidlo 161.2 Mezinárodní asociace atletických federací (IAAF) považuje za předčasný start chvíli „když je reakční doba menší než 100/1000 sekundy“. viz www.iaaf.org/mm/Document/imported/42192.pdf

Uváděné hodnoty jsou pro jedno stisknutí tlačítka prstem v reakci na vizuální podněty. Signály s motorickou odpovědí na 100 metrů běhu musí především dosáhnout nohou, které zrychlí běh. Což vede k prodloužení reakční doby. Také podnět na 100 metrů je sluchový, nikoli vizuální. Sluchová reakční doba je kratší než vizuální reakční doba, což vede ke zkracování reakční doby. Nicméně příklad ilustruje uplatňování nižší úrovně výzkumu v experimentální psychologii na lidskou výkonnost a návrh human-machine systémů.

7.7 Naučené chování

Doba odezvy úkolů v předchozí části je jednoduchá: smyslový podnět iniciuje jednoduché kognitivní operace, které následují jednoduché motorické reakce. Trvá to jen několik pokusů, které se mají seznámit s úkolem a s dalšími možnými postupy, jak případně zlepšit výkonnost. Nicméně, díky mnoho úkolům se lidská výkonnost značně a neustále zlepšuje s praxí. U takovýchto úkolů je fenomén učení a zlepšení tak výrazný, že nejvíce roztomilou vlastností úkolu je progres ve výkonu a dosažení úrovně výkonu podle kritérií, jako je rychlost, přesnost, stupeň úspěchu a tak dále.

Naučené chování je vlastnost lidského chování, kdy se lidská výkonnost nutně zvyšuje s praxí. Jako příklady lze uvést šipky, hraní šachů, hraní her na počítači nebo programování. Něčí schopnosti dělat tyto činnosti jsou pravděpodobně výsledkem výše vykonané praxe. Právě citované příklady byly vybrány z určitého důvodu. Vymezují totiž dvě kategorie naučeného chování: senzorycky motorické dovednosti a mentální dovednosti (Welford, 1968, s. 21). Zběhllost v šípkách či hraní her je pravděpodobně zdůrazněná smyslově-motorická dovednost, zatímco zběhllost v šachách nebo programování zase zdůrazňuje mentální dovednosti. Samozřejmě, neexistuje žádný protiklad. Veškeré kvalifikované chování vyžaduje duševní schopnosti, jako je vnímání, rozhodování a úsudek.

Podobně jako kontemplativní (hloubavé) kvalifikované úkoly vyžadují zjevně koordinovanou činnost rukou nebo jiných orgánů. Zatímco činnosti, jako hraní her a počítačové programování se mohou zaměřit na senzomotorické dovednosti nebo psychické dovednosti, jiné úkoly zahrnují výrazné prvky obojího. Vezměme si lékaře, provádějícího minimálně invazivní chirurgii, která je běžná u břišních procedur. Pro přístup do břicha, jsou na konci laparoskopu osazeny kamera a světlo, které se následně vloží do malého řezu a díky nainstalované kameře, můžeme obraz sledovat na monitoru. Nástroje jsou protaženy jinými řezi pro pohodlný přístup k vnitřním orgánům. Chirurg vše vidí na monitoru a manipuluje nástroji pro uchopení a vyjmutí tkáně.

Je zřejmé, že interakce člověk-stroj zahrnuje jak senzomotorické dovednosti (správně využít operačních nástrojů při sledování monitoru) tak mentální dovednosti (vědět, co dělat a mít strategii, jak to udělat). Jedním ze způsobů studia naučeného chování je zaznamenat a graficky znázornit progres dovedností v určité době.

Úroveň dovedností se měří na závislé proměnné, jako je například rychlost, přesnost nebo nějaké variace těchto dvou. Faktor času je obvykle vhodnou procesní jednotkou, jako je zkušební iterace, blok nebo číselná relace či časová jednotka, jako minuta, hodina, dny, měsíce nebo roky. Měření a modelování progresu dovedností je ve výzkumu HCI běžné, zejména pokud uživatelé čelí novému rozhraní nebo technické interakci.

7.7.1 Pozornost

Posílání SMS zpráv během řízení auta. Je těžké si představit více provokativní téma k otevření tématu a následné diskuzi o pozornosti. Ačkoli řízení automobilu je relativně snadné, i nejzkušenější řidič je potenciální vrah, pokud si on nebo ona rozhodne číst a odesílat textové zprávy během jízdy. Problém spočívá v neschopnosti účastnit se obou činností současně. Podobně jako kritický bod, který představuje pracovní paměť (7 ± 2 položky), je i lidská pozornost také omezená.

Podle jednoho názoru, je pozornost vlastnost lidského chování, která nastane, když osoba, která se soustředí na jednu věc, se nemůže soustředit na věc jinou (Keele, 1973, s. 4). Psaní, například, vyžaduje pozornost, protože při psaní se nelze zapojit do konverzace. Na druhou stranu, chůze vyžaduje jen velmi málo pozornosti, protože můžeme myslet, komunikovat a dělat jiné věci při chůzi. Jedním ze způsobů, jak studovat pozornost, je sledovat a poměřovat lidi provádějící dvě činnosti odděleně a potom opakovat postup se dvěma úkoly prováděnými současně. Činnost s výkonem, který snižuje souběžnou činnost, si říká o věnování pozornosti.

Pozornost se často dělí do dvou témat: *rozdělená pozornost* a *vybraná (selektovaná) pozornost* (B. H. Kantowitz a Sorkin, 1983, s. 179).

Rozdělená pozornost je proces soustředění se a provádění více než jedné činnosti najednou. Posílání SMS zpráv během řízení je jen příkladem, ale účinek je dostatečně zřejmý. V ostatních případech rozdělená pozornost nepředstavuje problém, ať už jde o chůzi nebo konverzaci.

Vybraná (selektivní) pozornost (aka *zaměřená pozornost*) je účast na jednom úkolu a vyloučení těch ostatních. Například hovoříme s přáteli v místnosti plné hluku a zároveň se snažíme blokovat cizí hovory kolem nás. Ale i tady existují limity. V tom stejném rozhovoru si občas nedokážeme vzpomenout na slova, která jsme právě slyšeli, nebo sami řekli, protože naše pozornost se zaměřila na něco jiného nebo jsme byli rozptýleni.

Selektivní pozornost je lidská schopnost ignorovat nadbytečné události a udržovat zaměřenou pozornost na prvořadě primární úkoly/činnosti. Jedna z teorií o selektivní pozornosti nám říká, že naše schopnost selektivně se starat o to nejdůležitější má pro jednotlivce význam. U člověka poslouchající řeč/hovor je pravděpodobné, že přestane poslouchat, pokud uslyší jmenovanou osobu mluvit z jiného místa (Keele, 1973, s. 140).

Naše vlastní jméno je skutečně důležité a je pravděpodobné, že nám bude zasahovat do schopnosti účastnit se hovoru. Je jasné, že význam je subjektivní. Wickens uvádí příklad havárii letadla, kde byla letová posádka zaujatá závadou v kokpitu, která neměla žádný vliv na bezpečnost letu (Wickens, 1987, s. 249). Posádka se zaměřila na poruchu, zatímco upozornění dávalo znát, že naměřené hodnoty výškoměru jsou kritické, protože letadlo postupně sestupovalo (klesalo) k zemi. Závada měla pro posádku větší význam. Rozdíl mezi rozdělenou a selektivní pozorností je často vysvětlen v podmínkách kanálů (Wickens, 1987, s. 254). Události/činnosti na jednom kanálu (např. vizuální, sluchové a motorické), jsou zpracovávány paralelně, zatímco události na různých kanálech jsou zpracovány v sériích (sériově). Při zpracování činností paralelně (jedním kanálem), může jedna činnost zasahovat do schopnosti zaměřit pozornost na další činnost.

Při zpracování činností sériově (různými kanály), se snažíme soustředit na jednu činnost na úkor ostatních, nebo rozdělíme pozornost vhodným způsobem mezi kanály.

Analýza nehod je důležitým tématem ve všech činnostech, kde má vliv lidský faktor, jako je například výše uvedené letectví, a neexistuje žádný nedostatek incidentů. Nehody na silnici, ve vzduchu, na moři nebo v průmyslu jsou četné a v mnoha případech je příčina alespoň částečně na rozptýleném lidském prvku nebo se selektivně neúčastní nevhodné činnosti. K jedné takové nehodě kdysi došlo mezi řidičem a cyklistou, protože řidič byl rozptýlený hraním digitálního Tamagotchi¹⁴. Jeho digitální zvířátko mělo hlad a bylo zoufalé, takže vyluzovalo zvuky: píp, píp, píp. Jelikož byl řidič na takového pípání naučený a mělo pro něj význam, nechal se jím vyrušit, což mělo hrůzný až fatální následek (Casey, 2006, s. 255-259). Ovšem s největší pravděpodobností je dnes volání z mobilního telefonu, které přináší nebezpečí. Statistiky jsou šokující, ale nepřekvapující – 23násobné zvýšení rizika kolize během psaní SMS (Richtel, 2009).

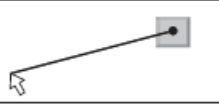
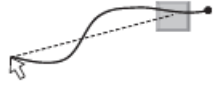
Pozornost má význam v HCI, například v kancelářském prostředí, kde vyrušení vyžaduje přepínání činností ovlivňující produktivitu (Czerwinski, Horvitz a Wilhite, 2004). Mobilní věk přinesl milion otázek, které mají vliv na pozornost. Zdroje pozornosti jsou nejen omezené, ale tyto prostředky jsou zapojeny, zatímco uživatel je v pohybu. Tam dochází k posunu okamžitě, krátké události vyžadují neustálou ostražitost a dostupnost uživatele se stále náročnějším očekáváním doby odezvy. Takzvané psychosociální činnosti soutěží a poškozují pozornost zdroje s důkazem směřujícím k případné poruše plynulosti v interakci (Oulasvirta, Tamminen, Roto a Kuorelahti, 2005).

¹⁴ Dostatek popisu k pojmu Tamagotchi se nachází na různých online zdrojích (stačí do vyhledávání zadat „Tamagotchi“).

7.7.2 Lidská chyba

Lidská chyba může být zkoumána z mnoha perspektiv. Při experimentech HCI se testují nová rozhraní nebo interaktivní techniky, kde jsou chyby důležitou metrikou pro výkon. Chyba je diskrétní událost v úkolu nebo pokus, kde výsledek není správně, protože se odchýlil od správného a požadovaného výsledku.

Události jsou zaznamenány a analyzovány jako součást lidské výkonnosti, spolu se včasným dokončením úkolu a dalšími měřitelnými vlastnostmi interakce. Obvykle jsou chyby

	Target Selection	Text Entry
Correct		quickly
Incorrect		qucehkly

Obrázek 15: Výpočetní úlohy (MacKenzie, 2013)

hlášeny jako poměr nesprávně dokončených zkoušek na všechny zkoušky, a často jsou označeny jako procento (x100). Někdy se uvádí přesnost – poměr správně dokončených zkoušek pro všechny pokusy.

K dispozici jsou dva příklady pro výpočetní úlohy. Na obrázku č. 15 je GUI, které ukazuje dvě rozdílné činnosti. Horní obrázek ukazuje cíl: pohybující se symbol z počáteční pozice do

cíle a končící s vybranou správnou operací. Spodní obrázek ukazuje chybu, protože konečný výběr je mimo cíl. Úloha zadávání textu je znázorněna na pravé straně. Cíl vstupu slova „rychle“ je zobrazeno v horní části správně. Spodní obrázek ukazuje chybu, protože slovo bylo zadáno nesprávně.

Nehod je v lidské výkonnosti mnoho. Často je jednoduché kategorizovat výsledek úkolu jako správný a nesprávný a plně nedosahuje zachycení chování. Vezmeme-li to z širší perspektivy, je lidská chyba často studována porovnáním, jak a proč k chybám dochází. Nabízí se otázka, jestli při chybném zadání výběru cíle, dochází k problému ve vstupním zařízení.

Vědci v oblasti lidských činitelů zkoumají lidskou chybu jako faktor průmyslových havárií, kdy výsledek způsobuje závažné škody nebo ztráty na životech. Takové události se objevují vzácně jen proto, že lidský operátor stiskne špatné tlačítko, nebo se dopustí chybné interakce se systémem nebo rozhraním. Obvykle jsou nedostatky systémové – výsledek je souhra událostí, z nichž jen velmi málo má něco společného s člověkem. Do jisté míry jsou významné havárie určeny jako důsledek *lidské chyby*, ovšem hlubší analýza toho odhaluje později více. Caseyho převyprávění desítek takovýchto nehod vede k závěru, že selhání jsou často *systémově vyvolané chyby* (Casey, 1998, s. 2006).

Tento bod je přepracován následovně: v případě, že lidský operátor omylem rychlým pohybem stiskne špatné tlačítko či zadá nesprávnou hodnotu, a výsledkem akce je tak vážná nehoda, jde o poruchu v důsledku lidské chyby? Částečně ano, ale je zřejmé, že nehoda je možná díky konstrukci, s čím on nebo ona pracuje. Design, který může vést ke katastrofálním výsledkům čistě na základě chyby interakce operátora, je vadná konstrukce/návrh. Pro bezpečnostně kritické systémy, pochybení operátora musí být vyhodnocová-

no a zahrnováno do jejich systému. Tyto chyby jsou nejen možné, ale jsou vysoce pravděpodobné. Návrhy bezpečnostních systémů musí zvládat veškeré rozměry lidského chování.

8 Prvky interakce

K interakci dochází, když člověk provádí nějaký druh činnosti pomocí počítačové technologie. „Provádí činnost“ je aspekt tvořící interakci. Úkol je často orientovaný na cíl, například posílání emailu, vypalování CD, programování termostatu nebo zadání cíle do Globálního polohovacího systému (GPS). Ale stává se, že žádný konkrétní cíl nemáme a žádný není. Třeba surfování na webu nebo chatování s přáteli na sociální síti je dostatečné, aby se mohlo kvalifikovat jako činnost. Pokud tedy uživatel vykonává činnost s výpočetní technikou, probíhá interakce.

V této kapitole budeme zkoumat prvky interakce člověka s počítačem. Témata nezahrnují komplexně oblasti HCI, jsou pouze selektivní a zaměřují se na aspekty nízké úrovně interakce.

Lidské systémy v práci jsou úmyslnými činy (≈ 100 ms), operace (≈ 1 s) a jednotkové úkoly (≈ 10 s). S dobou trvání od 100 ms do 10 ms, jsou činnosti vhodné pro empirický výzkum. Ovšem ve skutečnosti je většina experimentálních výzkumů v HCI zaměřena na úkoly/činnosti tohoto typu. Vzhledem ke krátkosti trvání činností, je jejich nepatřičné chování snadno ovladatelné. I když je možné experimentálně studovat činnosti na vyšší úrovni – ty v racionálně sociálních pásmech – potíže vznikají vzhledem k délce trvání úkolů/činností. Operace v těchto pásmech trvají od několika minut po měsíce, a proto často obsahují rušivé chování, jako je pozastavení, přepínání činností, rozmyšlení, rozhodování, sekundární a nesouvisející činnosti.

Ačkoli je takové chování relevantní ke zkušenosti HCI, představují i tak výzvu pro experimentální studie; což je důvod, proč se zaměřujeme na interakci prvků v kognitivním pásmu. Navození příjemné úrovně zahrnuje interakce člověka pomocí jeho senzorů a responderů k monitorování a ovládání zařízení, strojů a systémů, které obsahují výpočetní techniku. Vnitřní stav obou, člověka a stroje, pracuje v systému uzavřené smyčky prostřednictvím ovládacích a zobrazovacích prvků (na straně stroje) a motor-senzorického chování (lidská strana). Podle konvence jsou *vstupní* a *výstupní* podmínky v souvislosti se stroji; tak to také může být tak, že vstupní nebo vstupní zařízení jsou vstupy do strojů, které jsou řízeny nebo usměrňovány lidskými výstupy.

Nejčastějšími lidskými výstupy jsou naše končetiny – prsty, ruce, paže, nohy a chodidla – ale i řeč, kloubové zvuky, oční pohyby, mrkání, dýchání, elektrické signály těla, také mohou sloužit jako lidské výstupy. Některé z těchto komunikačních kanálů jsou nesmírně důležité pro zdravotně postižené uživatele.

Existuje dlouhá historie výzkumu lidského činitele následující klasický pohled, který se zaměřuje na „číselníky a knoflíky“ (Chapanis, 1965; Van Cott a Kinkade, 1972). Používáním responderů, lidský operátor manipuluje s ovládacími prvky nebo knoflíky, s jasným

cílem v mysli, zatímco se budou angažovat smysly pro vnímání stavu systému na displejích nebo číselnících¹⁵. Tato práce je pro HCI důležitá.

Relevantních příkladů je hodně, zejména od úkolů, když věci nejdou úplně podle plánů: ukončení aplikace na počítači, zatímco chceme pouze minimalizovat okno, ohřátí jídla v mikrovlnné troubě po dobu tří sekund namísto tří minut, nebo ukončení hovoru na mobilním telefonu, zatímco máme v úmyslu pouze nastavit hlasitost. To vše jsou tlačítkové problémy, které nás přivádí do rozpaků dnes a denně.

Začneme se základními vlastnostmi lidského vstupu do počítače (ovládací prvky) a reakcemi (číselníky). Konvenční pracovní plocha počítačového systému je vhodným vstupním/výstupním systémem k němuž se formují tyto diskuze. Ačkoli tyto problémy byly vysoce zkoumány v průběhu let, interakce práce s počítačem je v novějších oblastech relevantní, což jsou oblasti virtuálních prostředí, mobilní výpočetní techniky, povrchové, nositelné, herní výpočetní techniky a dalších.

8.1 Tvrdé a měkké ovládání

Dříve než počítače infiltrovaly každý aspekt našich domovů a pracovišť, zobrazení a ovládací prvky měly tendenci být fyzickými jednoúčelovými zařízeními. Ovládací prvky, mezi které patří joysticky, přepínače, tlačítka, klávesnice, myš, volant, klika, knoflíky, páky a další dorazily přes komplikovaný proces návrhu, strojírenství a výroby. Jakmile byly postaveny, začaly sloužit svému účelu. To znamenalo, že jejich chování bylo omezeno na malou skupinu vztahů se zobrazeními, které doprovázely. Vzhledem k tomu, že byli fyzické a jednoúčelové, měly omezený soubor vztahů, jež mezi nimi existovaly.

Nástupem počítačů se softwarem se grafické zobrazení a tzv. point-and-click změnilo na interakci. Prostřednictvím *měkkého rozhraní* se způsob, jakým lidé interagují s technologií změnil, a změnil se všude. Tvarovatelné zobrazení pomocí displeje přineslo neomezené možnosti na relativně malý fyzický prostor. Výsledkem bylo *měkké ovládání*. Měkké ovládání se může zrodit víceméně z rozmaru programátora – několika řádků počítačového kódu a rychlého kola nebo dvou kód-komplikačních testů – a vše je hotové mezi ranní kávou a obědem. Než se nadějete, máte na panelu nástrojů nová tlačítka, novou nabídku „Nástrojů...“ s popup dialogem, či nový režim kreslení spustitelný stisknutím Ctrl-*něco*.

Rozhraní člověk-počítač obsahuje velké množství ovládacích prvků. Většina z nich patří do kategorie měkkých prvků zpracovávaných fyzickou kontrolou (myš nebo klávesnice). Aplikace stolního počítače mají tisíce možností uspořádání ovládání displeje (monitoru). Všechny myslitelné akce by se daly udělat měkkými ovládacími prvky, které vytváří zob-

¹⁵ Displej je zde používán pro vyjádření jakékoli formy počítačového výstupu. Zahrnuje vizuální i sluchové a hmatové zobrazení.

rozenou odezvu systému. Ovládací prvky lze vyvolat různými reakcemi (indikacemi) v závislosti na kontextu, takže různé kombinace se rychle množí.

Rozdíl mezi ovládacími prvky a zobrazením je rozmazaná měkkými ovládacími prvky. Vzhledem k tomu, že měkký ovládací prvek je vykreslen na displeji pomocí softwaru, jeho velikost, tvar nebo vzhled se může dynamicky měnit zprostředkováním informací pro uživatele. Takže měkké ovládací prvky mají často vlastnosti displeje. Typickými příklady jsou tlačítka na panelu nástrojů a widgety.

Dalším příkladem může být posuvník nebo výtah¹⁶. Posuvník je obojí – ovládací i zobrazovací. Jako kontrola je přesunut do zobrazení a mění zobrazení v dokumentu. Jako zobrazení (displej), jeho velikost ukazuje velikost pohledu vzhledem k celému dokumentu a jeho poloha ukazuje pozici v dokumentu. Většina měkkých ovládacích prvků je rovněž zobrazena.

Měkké prvky potřebují jen málo místa. Každý z nich je světem sám pro sebe. Každý identifikuje nebo naznačuje svůj účel podle jeho tvaru, jeho polohy, etikety nebo symbolu. Každý z těchto měkkých ovládacích prvků je zpracováván tvrdým ovládním po kliknutí. A existují domněnky, že to všechno tak nějak dává smysl uživateli.

Každý ovládací prvek je také nebezpečně blízko souseda. Mnoho uživatelů, třeba aplikace Microsoft Word, bude investovat tisíce hodin práce do používání tohoto rozhraní velkého 30cm². Uživatelé jsou tudíž podle všechno experti. A přesto se ještě nejméně tisíc uživatelů, dokonce i těch zkušených, dopustí chyby, budou-li pracovat ve stejném prostředí. Někdy jednají ve spěchu. Jindy si jednoduše nejsme jisti, co máme dělat. Těchto 30cm² je komplexní prostor. A vše, co máme, je jeden uživatel, který stiskne klávesu nebo klikne a z těchto 30cm² promění ve zcela jiná rozhraní.

Rozdíl tvrdého/měkkého ovládní je podobný myšlence *prostorového multiplexování* oproti *časovému multiplexování* (Buxton, 1983). S prostorovým multiplexováním jsou vyhrazené fyzické kontroly pro každý parametr, který je zřízen nebo se jím ovládá. Každý ovládací prvek má samostatné fyzické umístění. S časovým multiplexováním, existuje méně kontrol než parametrů, a proto bude překonfigurováno jedno zařízení (např. malá oblast displeje) pro ovládní různých parametrů v různých stádiích příslušné operace. V další části budeme zkoumat ovládací prvky a zobrazení z hlediska jejich prostorových vztahů. Začneme s tvrdým ovládním, jako jsou počítačové myši, a typická zobrazení jako jsou k dispozici na stolních počítačích.

¹⁶ Posuvník má celou řadu jmen, v závislosti na platformě, včetně pojmů thumb, box, knob, scroller, wiper a grip.

8.2 Vztahy ovládání a zobrazení (Control-display relationships)

Když uživatel uchopí počítačovou myš a přesune ji doprava, kurzor na obrazovce systému se pohybuje směrem doprava (viz obr. 16). Právě toto je *vztah ovládání a zobrazení*. Je věc, o které uživatelé moc nepřemýšlejí. Je to interakce člověka s počítačem (HCI) tak, jak to má být – kde vztah mezi tím, co uživatel dělá a jaké má zkušenosti je přirozené, plynulé, intuitivní a efektivní. Vztahy ovládání a zobrazení se někdy nazývají *mapování*, jelikož jsou vztahu přisuzovány vlastnosti ovladače mapujícího vlastnosti zobrazování.

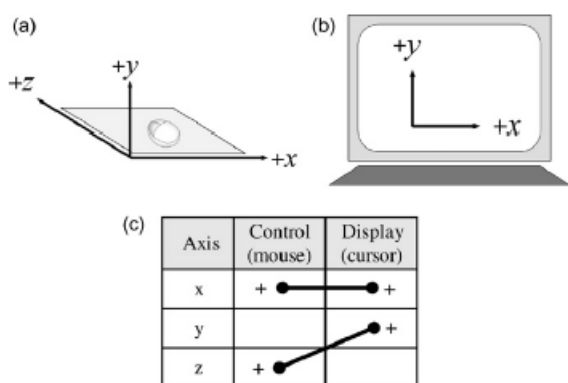


Obrázek 16: Prostorový vztah myši a kurzoru (MacKenzie, 2013)

Příklad myši a kurzoru popisuje *prostorový vztah*. Existují také *dynamické vztahy*, popisující, jak regulátor ovlivňuje rychlost odezvy, a *fyzické vztahy*, jež nám říkají, zda je odpověď na pohyb nebo jakoukoliv sílu v regulátoru.

8.2.1 Prostorové vztahy

První příklad prostorového vztahu je vidět na obrázku 16 výše, kde se mluvilo o koexistenci myši a kurzoru.



Obrázek 17: a) Ovládání prostoru, b) Zobrazení prostoru, c) zobrazení mapování (MacKenzie, 2013)

Mapování se *shoduje*, protože existuje přesná prostorová korespondence mezi vstupem regulátoru a zobrazení výstupu. Pohybem myši doprava se i kurzor bude pohybovat doprava. Jiný případ je na obrázku 17.

Když budeme pohybovat myší „vpřed“, kurzor se přesune „nahoru“. Jakmile s ní budeme jezdit ze strany na stranu, uživatelé o tom raději ani moc nepřemýšlí. Přesto je to poprvé, kdy se někdo setkává

s myší, a je pravděpodobné, že u něj převládá určitý druh nejistoty o tom, jak to funguje.

Není pochyb o tom, že se prostorové vztahy mezi myší a kurzorem naučí velmi rychle. Popisovat mapování kurzoru myši v trojrozměrném prostoru (3D), jak je uvedeno výše, vyzývá k hlubší analýze dalších ovládacích vztahů. Je to oprávněné přinejmenším proto, že HCI je víc než používání plochy. Ať už pomocí palcem ovládaného kolečka pro procháze-

ní kalendářem na osobním digitálním asistentovi (PDA) nebo pomocí ručního ovladače zničíme nepřitele ve střílečce jeden na jednoho, vztah mezi tím, co děláme a co dostaneme, je nanejvýš důležitý při navrhování rozhraní a interakce techniky, které jsou účinné a transparentní.

Ovládání zobrazení prostorové shody není možné, takže je zapotřebí kreativního mapování s cílem usnadnit interakci. Typickým řešením jsou režimy, které se budou zkoumat podrobněji později. Pro tuto chvíli nám bude jako příklad muset vystačit Street View na Google Maps, která poskytuje panoramatický pohled na ulice ve velkých městech po celém světě. Nejběžnější manipulací je *posouvání*, *zoom* (přiblížení/oddálení) a *umístění*. Posouvání zahrnuje otočení pohledu kamery zleva doprava a nahoru a dolů. Zoom zahrnuje změnu zvětšení pohledu. Polohování je změna polohy kamery.

V případě Google Street View je poloha kamery omezena na body podél ulice, ze které byly snímky pořízeny. Takže i když je možné „přizoomovat“ se k radnici, není možné k ní vykročit. Scény manipulace jsou podporovány prostřednictvím různých interakcí pomocí klávesnice nebo myši. Jeden způsob, jak posouvat obrázek je přetažením myši – přesunout ukazatel kamkoliv na obrázku, stisknout a podržet levé tlačítko myši a pak pohybovat kurzorem. Ačkoli se mapování zdá být spleť, interakce je poměrně jednoduchá (tj. rychle se učí).

8.2.2 Latence (zpoždění)

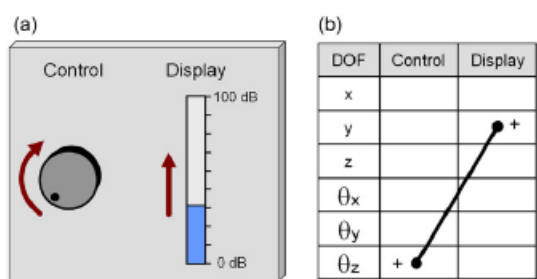
Lidská interakce s počítači je obousměrná struktura. Jako účastníci v systému uzavřené smyčky, budeme vydávat příkazy prostřednictvím vstupních regulátorů a dostáváme odpovědi na výstupu zobrazení. Následný vstup je závislý na posledním výstupu. Není tedy vidu, že lidská výkonnost a zkušenosti s interakcí jsou nepříznivě ovlivněny, když je zpětná vazba se zpožděním.

Zpoždění mezi vstupní akcí a odpovídající odpovědí na zobrazení, se nazývá *latence* (zpoždění) nebo *prodleva*. Naštěstí latence je zanedbatelná v mnoha interaktivních výpočetních úlohách, jako je například psaní nebo umístění kurzoru. Opačným extrémem je vzdálená manipulace, kde je lidský operátor fyzicky přemístěn ze zařízení pod kontrolu. Latence může být způsobena mechanickou vazbou nebo zpožděním přenosu komunikačních kanálů.

Například při sledování vesmírného vozidla na vzdálený měsíc či planetu, přenosové zpoždění – latence – je v řádu několika minut nebo i déle. Čekací doba se často vyskytuje i u připojení k internetu: kliknete na odkaz a čekáte několik sekund či déle, než se požadovaná stránka zobrazí. Otázky výzkumu jsou více o uživatelské zkušenosti a frustraci než o lidské výkonnosti. Frustrace se redukuje, například v případě, že rozhraní obsahuje zpětnou vazbu informující uživatele, že síť zpracovává požadavek (Bouch, Kuchinsky a Bhatti, 2000).

Virtuální realita do značné míry spoléhá na sledování pohybu rukou, hlavy nebo celého těla v simulovaném 3D prostředí. Předstírání skutečnosti vyžaduje těsnou vazbu mezi uživatelským rozhraním a akcí – obvykle pohyby ruky, hlavy nebo těla – které nastavují pohled. Když změny v prostředí zaostávají za vstupními pohyby, ztráta přesnosti je dramatická. Latence je důsledkem vlastností vstupního zařízení, výstupního zařízení a softwaru. Latence se dále zvyšuje v důsledku softwarové režie – volný výraz pro řadu faktorů týkajících se systému. Režimy komunikace, konfigurace sítě a aplikační software jsou přesně jednotky, které tomu všemu přispívají. Latence se výrazně zvyšuje, pokud výstup vyžaduje významné výpočty pro vykreslování grafiky.

8.3 Přirozené versus naučené vztahy



Obrázek 18: Přirozený nebo naučený vztah? (MacKenzie, 2013)

řízení pohybu ve směru hodinových ručiček produkující pohyb směrem nahoru. Na vedlejším obrázku pak vidíme prostorovou transformaci mezi ovládacím prvkem a zobrazením.

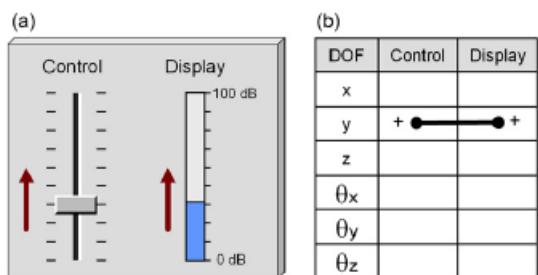
Při pohledu na oba obrázky se nabízejí otázky, zda je vztah přirozený, jestli je jednoduchý, intuitivní a snadný. Obě šipky na obrázku ukazují *nahoru*, takže vztah je přirozený. Nicméně v případě, že by zakřivená šipka byla umístěna na pravé straně ovládání než na levé, hlavní bod by směřoval směrem dolů. Tudíž by se vztah jevil zpětně.

Skutečná otázka se tedy netýká šipek, ale toho, zda se jedná o přirozený vztah mezi pohybem ve směru hodinových ručiček u ovládacího prvku a lineárního pohybu na displeji. Odpověď je samozřejmě ne. Je to naučený vztah. Mohlo by se to zdát jednoduché, intuitivní a snadné, ale je to naučený vztah.

Samozřejmě, že by se dalo namítnout, že otáčením rotačního ovladače „*po směru hodinových ručiček*“ by se měl správně produkovat „*nárůst*“ parametru. Ale to platí pouze v případě, že podporuje uživatelské „*očekávání*“. Pokud se tedy očekává vztah a většina lidí v populaci ho považuje za správný, především v kulturních, etnických a geografických skupinách obyvatel, pak vztah vydrží; je akceptován a považován za přirozený důsledek této populace. V tomto případě je přesněji řečeno *populace stereotypní* (B. H. Kantowitz a Sorkin, 1983, s. 325) nebo si zachovává svůj *kulturní standard* (Norman, 1988, s. 23). Vztah bere populace jako přirozený, ale stále spadá do kategorie naučeného vztahu.

Připomínky jsou nabízeny pro potřebu uživatele naučit se control-display relationship. (Potřeba vzniká, když je prostorová transformace mezi řízeným pohybem a reakcí zobrazení). Stojí za to tedy zkoumat, zda by některé vztahy byly přirozenější než ostatní. Vezměme si jako příklad obrázek 18. Rotační ovládací prvek vytváří lineární pohyb pro čtení na displeji. Šipky ukazují

S opětovným prohlédnutím obrázku 18, nás může napadnout, zda by se umístěním rotačního regulátoru na opačnou stranu displeje udál nějaký rozdíl. Podle ‚Warrickova principu‘, by se měl ukazatel displeje pohybovat ve stejném směru jako nejbližší ovládací bod (B. H. Kantowitz a Sorkin, 1983, s. 330). Takže v našem případě je mapování na obrázku 18 ve skutečnosti špatně. Warrickův princip je příkladem aplikované ergonomie, s malým základem v lidském smyslovém vnímání-poznání. Všude tam, kde je prostorová transformace, následuje vztah – bez ohledu na to, jak snadno ho přijmeme nebo se adaptuje – je naučený, ne přirozený.



Obrázek 19: Prostorová shoda (MacKenzie, 2013)

V případě Warrickova principu můžeme dále zkoumat, zda můžeme tento princip aplikovat i na praváky a leváky. Bez ohledu na to, že nejlepším možným scénářem je prostorová shoda, která je pro lineární zobrazení důležitá, zároveň také implikuje použití posuvných nebo lineárních prvků ovládání. Což je znázorněno na obrázku 19. Vzestupný pohyb

ovládací páky vytváří stejný vzestupný pohyb při načítání zobrazení. Dalším příkladem může být rozsvícení žárovky. Stisknutím vypínače se žárovka rozsvítí a jeho opětovným stisknutím dosáhneme jejího vypnutí.

Neexistuje žádný prostorový význam stavu žárovky (buď je zapnutá, nebo vypnutá), přesto zůstává otázka: existuje přirozený vztah mezi ovládáním a zobrazením? Spínač totiž žárovku rozsvítí i zhasne. A samozřejmě je naše odpověď ovlivněna tím, kde žijeme. Pokud je vaším bydlištěm Velká Británie, kontrolka nesvítí (máte-li takové ty ‚chytré‘ vypínače se světýlkem uprostřed, které je nejčastěji oranžové barvy). Pokud jsou vaší domovinou Spojené státy nebo Kanada, kontrolka svítí.

Únosnou fyzickou analogii je v některých situacích obtížné vytvořit. Neexistuje žádná fyzická analogie mezi polohou přepínače (nahoru, dolů) a stavem světla (zapnuté, vypnuté). Vzhledem k opakovanému konzistentnímu provádění tohoto pokusu v dané zeměpisné oblasti, populace objeví stereotyp i v nepřítomnosti fyzické analogie. A to je to, co se stane s interakcí spínače světla. Lidé v různých geografických oblastech to mají zažité a naučené jinak. Co je normální v jedné oblasti, se může lišit od toho, co je normální zase někde jinde.

Dojde-li k fyzickému rozporu, pak je situace naprosto odlišná. Vezměme si jako příklad výtahy v budovách. Prvotní výtahy neměly tlačítka pro upřesnění podlaží, na které se chcete dostat, jezdily jen nahoru a dolů. Pokud si ale představíme dva druhy tlačítek – na jednom je pokyn ‚nahoru‘ nahoře a pokyn ‚dolů‘ pod ním; na druhém je to obráceně – je jasné, že první uspořádání tlačítek je lepší. Po stisknutí tlačítka ‚nahoru‘, výtah se rozjede nahoru. Podnět (kontrola) a odezva (displej) jsou kompatibilní nade vší pochybnost.

V druhém jmenovaném případě, je poloha tlačítkem obrácena. Což způsobí nesoulad mezi podnětem a odezvou. Tento příklad se liší od příkladu s Google Street View, protože tady neexistuje žádná fyzická analogie, jež by pomohla (napověděla) uživateli. Kdyby všechny výtahové ovládací panely měly toto obrácené uspořádání tlačítek (pokyn „dolů“ nahore, pokyn „nahoru“ pod ním), objevila by teoreticky populace stereotyp, jako se spínačem u žárovky. Lidé by se tento vztah naučili, protože by museli. Ale zákonitě by se pak dopouštěli více chyb než v případě, kdy by byl tento vztah založen na správném fyzickém mapování.

Tento konkrétní bod byl předmětem značného experimentálního ověřování, sahajícího až do roku 1950 (Fitts a Seeger, 1953). Viz také Newell (1990, 276-278) a Kantowitz a Sorkin (1983, 323-331). Podstatou této práce je, že lidé potřebují delší dobu a dopouští se více chyb, pokud existuje vychýlení mezi zobrazovacími a ovládacími prvky, nebo mezi ovládacími prvky a odezvou.

Tato práce je pro HCI důležitá, protože upozorňuje na problémy v oblasti navrhování počítačových systémů člověkem. Fyzické analogie, kde lidští technici vyhledávají a využívají při vytváření lepších systémů je málo a daleko od rozhraní člověk-počítač. Samozřejmě, existují fyzické vztahy jako „myši doprava, kurzor doprava“, ale s ohledem na různorodost interakce lidí s počítači, jsou úkoly s fyzickými analogiemi spíše výjimkou. Třeba, co je fyzickou analogií pro „ukládání souborů“? Rozhraní člověk-počítač vyžaduje jiný způsob myšlení. Uživatelé někdy potřebují pomoc – hodně pomoci. A použití metafor je často užitečné.

8.4 Mentální modely a metafory

Je tu více k učení nebo přizpůsobení než jednoduchého prožívání. Jedním z nejčastějších způsobů, jak se učit a přizpůsobit je pomocí *fyzické analogie* (Norman, 1988, s. 23) nebo *metaforou* (Carroll a Thomas, 1982). Jakmile jsme si zvykli na fyzické chápání interakce založené na zkušenostech, všechno nám dává smysl. Už jsme to zažili, známe to, je to přirozené. Pomocí rolovacího panelu přetáhneme posuvník nahoru a současně se posune *pohled* nahoru. V případě, že byl vztah obrácen, posunutím jezdce nahoru by se vzhůru posouval *obsah*.

Mohli bychom snadno vyvinout fyzický dojem posunutí jezdce nahoru → obsah nahoru. Nahoru v každém výrazu ukazuje, že je důležité najít prostorově shodné fyzické porozumění. Tyto dvě analogie vyžadují opačný vztah, ale buď je to v pořádku a můžeme pracovat stejně snadno jako s implementacemi jinými, za předpokladu konzistentní realizace napříč aplikacemi a platformami.

Fyzické analogie a metafory jsou příklady obecnějšího pojetí mentálních modelů, také známých jako *koncepční modely*. Mentální modely jsou v HCI běžné. Je to jednoduchá

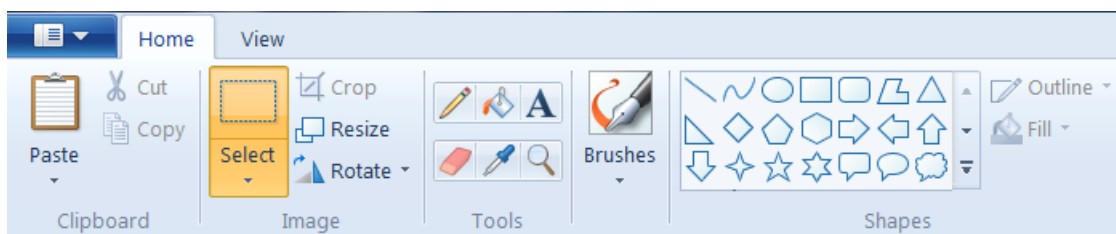
myšlenka: „Co je uživatelským mentálním modelem...?“ Asociace s lidskou zkušeností je přímo vyžadována. Mentální modely a jejich metody poznávání hrají úlohu při koncipování bází dat textových a obrazových a jejich vztahu k metodám vyhledávání. HCI tuto problematiku sleduje a prakticky se poznatky realizují při vývoji interaktivních multimediálních systémů.

První mentální model v HCI vznikl možná v kanceláři nebo na stole. Stolní metafora pomohla uživatelům pochopit grafické uživatelské rozhraní. Dnes je těžké si představit pre-GUI éru, ale v pozdních letech 1970 a 1980, bylo GUI něco divného. Vyžadovalo to nový způsob myšlení. Designéři využili metaforu kanceláře nebo stolu, čímž poskytli uživatelům potřebu rozhraní (Johnson et al. 1989). A fungovalo to. Než se něco nového a neznámého učít, uživatelé mohli pracovat s pojmy, které již znali a chápali je: dokumenty, složky, koš, v horní části plochy, ukazování, výběr a tak dále. To je podstata mentálních modelů.

Je třeba se vyhnout *implementačním modelům*. Jde o systémy, které ukládají uživatelské interakce, které sledují vnitřní fungování aplikace. Cooper a Reimann uvedli příklad faxu založeného na softwarové bázi, kde uživatel přecházel přes řadu mučivých detailů a dialogů (Cooper a Reimann, 2003, s. 25). Interakce sleduje implementaci modelu, nikoli uživatelům mentální model, jak poslat fax.

Uživatel je vyzván k zadání informací, pokud je to vhodné pro jejich přijetí do programu, ne, když to uživateli dává smysl. Uživatelé mají již často zkušenosti s artefakty, jako jsou faxy, kalendáře, přehrávače médií a další. Je žádoucí je využívat při každé příležitosti v projektování softwarových produktů na této bázi. Podívejme se společně ještě na několik dalších příkladů rozhraní člověk-počítač.

Panel nástrojů v GUI jsou živnou půdou pro mentální modely. Pro udržení tlačítek malých s konzistentní velikostí, jsou zobrazeny ikonou než štítkem s názvem. Ikona je schématické znázornění. V HCI vyvolávají ikony mentální obraz v mysli uživatele, klíč ke skutečným zkušenostem a znalostem, které jsou podobné a souvisejí s tlačítkem nebo nástrojem. Ikony v aplikaci Malování jsou dobrým příkladem.



Obrázek 20: Panel nástrojů v Malování (Windows 7, 2009)

Obrázek 20, jak již bylo řečeno, ukazuje panel nástrojů v aplikaci Malování. Je zde několik tlačítek a každé z nich představuje ikonu. Každé tlačítko je spojeno s funkcí a jeho ikona je pečlivě vybrána, aby vyvolávala asociaci v mysli uživatele. U některých z nich je jejich funkce jasná, jako je lupa nebo štětec. Některé jsou méně jasné. Jsme schopni přesně říct,

jaká funkce je spojená se kterým tlačítkem? Někteří asi ne. Ale uživatelé této aplikace pravděpodobně budou znát význam většiny z těchto tlačítek.

Význam některých tlačítek je nám jasný hned od pohledu, ale najdou se i takové, které nám absolutně nic neřeknou. V roce 1991 Apple představil způsob, jak pomoci uživatelům, kteří tápou nad významem tlačítek. Všichni tento způsob již známe, ale pro některé začátečníky mi dovozte připomenout, že jde o to, že umístíme ukazatel myši nad tlačítko GUI a zobrazí se nám štítek s názvem tohoto tlačítka s případným popisem jeho funkčnosti. Apple to nazval vyskakovacím balónem, ačkoliv v dnešní době je to známé především jako bublina nebo tooltip.

Dalším příkladem mentálního modelu je kompas a hodinový ciferník jako metafora pro určování směru. Většina z nás má hluboce zakořeněnou znalost kompasu a hodin už od raného dětství. Neodmyslitelné štítky mohou posloužit jako mentální modely pro určení směru. Jakmile dojde k pochopení, že metafora je k dispozici, uživatel má mentální model a používá jej efektivně pro určování směru: *sever* → rovně nebo nahoru, *západ* → vlevo a tak dál.



Obrázek 21: Hodiny jako mentální model (MacKenzie, 2013)

Jako příklad v HCI, Lindeman et al. (2005) použili mentální model kompasu, které pomáhal uživatelům virtuální reality navigaci v budově. Uživatelé, kteří ve virtuální realitě nosili vibro-taktilní pás s osmi válci umístěných v souladu se směry kompasu, byli schopni se orientovat virtuální budovou pomocí mentálního modelu kompasu. K dispozici je v HCI také dlouhá historie používání kompasu jako metafory pro speciální tahy tužkou s koláčovým menu (Callahan et al., 1988) a označení nabídek (G. P. Kurtenbach, Sellen a Buxton, 1993; Li, Hinckley, Guan a Landay, 2005).

S dvanácti oddíly, hodiny poskytují lepší rozlišování než kompas („Překážka před námi na dvou hodinách!“). Příklady v HCI zahrnují numerické znaky (Goldstein, Chincholle a Backstrom, 2000; Isokoski a Kaki, 2002) a lokalizaci osob a objektů v prostředí (Sáenz a Sánchez, 2009).

Použití hodin jako metafory číselného data je zobrazen na obrázku 21. Místo skriptovacích čísel můžeme použít klasické znaky latinky, čísla se zadají pomocí přímků. Ve studii McQueen a kol. (1995) bylo zjištěno, že číselná položka byla o 24 % zapsána rychleji pomocí lineárních tahů oproti ručně psaným číslicím. Poloha 12 hodin byla použita pro 0. Pozice 10 a 11 hodin byla vyhrazena pro příkazy systému. Sáenz a Sánchez popsali operační systém jako pomoc nevidomým (Sáenz a Sánchez, 2009) za použití hodinové metafory. Uživatelé provádí mobilní lokalizaci pomocí zařízení, které zprostředkovává mluvené slovo s informacemi o blízkosti umístěných objektů.

Pro práci s metaforou se předpokládá, že uživatel se nachází na pozici 12 hodin. Systém umožní uživatelům procházet budovou. Informace o poloze a orientaci mohou uživatelé požadovat z lokátoru, který budou mít při sobě. Poskytnou se tak sluchové odpovědi po-

mocí hodinové metaforu a řečového modulu (např. „Dveře na třech hodinách.“). Podobné rozhraní, které toto umožňuje, se nazývá *NaviRadar* (Rümelin, Rukzio a Hardy, 2012), jež využívá spíše taktilní zpětnou vazbu než zpětnou vazbu sluchovou. I když se výslovně nepoužívá hodinová metafora, *NaviRadar* využívá prostorového pocitu uživatelů a jejich okolí pro podporu navigace. Uživatel totiž obdrží kombinaci dlouhých a krátkých vibračních pulzů pro indikaci směru. Ačkoli je třeba se vzory naučit, je systém jednoduchý a předchází sluchové zpětné vazbě, což může být některých situacích nepraktické.

Systémy popsané Sáenz a Sánchezem (2009) a Rümelinem a kol. (2012) mají podobné cíle, dosud byly prezentovány a vyhodnoceny různými způsoby. Sáenz a Sánchez zdůraznili a popsali systémovou architekturu do detailu. I když je to v zájmu některých z komunity HCI, z pohledu uživatele je systémová architektura irelevantní. Uživatelský test se nahlásil, ale hodnocení nebylo experimentální. Nebyly zjištěny žádné nezávislé nebo závislé proměnné. Uživatelé prováděli úlohy se systémem a poté reagovali na jednotlivé položky dotazníku, vyjadřující míru jejich souhlasu s tvrzením jako „Tento software byl motivující“ nebo „Líbí se mi zvuk softwaru“. Zatímco kvalitativní hodnocení jsou základním prvkem jakéhokoliv vyhodnocení, navigační a lokalizační pomocníci popsaní v této kapitole jsou vhodné pouze pro experimentální testování.

Alternativní implementace, i s drobnými úpravami rozhraní, jsou potenciálními nezávislými proměnnými. Rychlost (např. čas při plnění úkolů) a přesnost (počet špatných tahů, opakování, změny směru, kolize), jsou potenciální závislé proměnné. Rümelin a kol. (2012) trvali na empirickém přístupu k testování systému. Jejich výzkum zahrnoval jak technické detaily *NaviRadaru* a vyhodnocení formálního experimentu s nezávislými proměnnými, tak i se závislými proměnnými a dalšími. Hlavní nezávislé proměnné zahrnovaly různé intenzity, doby trvání a rytmy hmatových impulsů. Vzhledem k tomu, že jejich přístup byl empirický, byla možná hodnotná analýza. Například uvedli, že odchylka uvedených a hlášených směrů, se měnila podle směru a typu hmatem poskytnutých informací. Jejich přístup umožňuje ostatním vědcům studovat silné a slabé stránky v *NaviRadaru* z empirického hlediska a pomoci jim zvážit způsoby zlepšení.

8.5 Chyby interakce

Většina analýz v této kapitole je zaměřena na fyzické vlastnosti rozhraní mezi člověkem a strojem, jako jsou stupně volnosti ve 2D nebo 3D, či prostorových a časových vztazích mezi vstupními ovladači a zobrazovaným výstupem. Lidská výkonnost, o které se již mluvilo, nevstoupí do diskuze tady, pouze prostřednictvím sekundárního pozorování, že některé interakce jsou lepší, jiné horší, trapné nebo neintuitivní.

Na konci dne je to však lidský výkon, co se počítá. Fyzické vlastnosti, i když poučné a nezbytné, jsou sekundární. Jinak řečeno, lidská výkonnost je jako jídlo, přičemž fyzické vlastnosti jsou jako talíře a misky. Je to dobré a výživné jídlo, o které usilujeme. Empirický

výzkum v HCI je z velké části o hledání fyzických vlastností a jejich kombinace, které zlepšují a zvyšují výkonnost člověka.

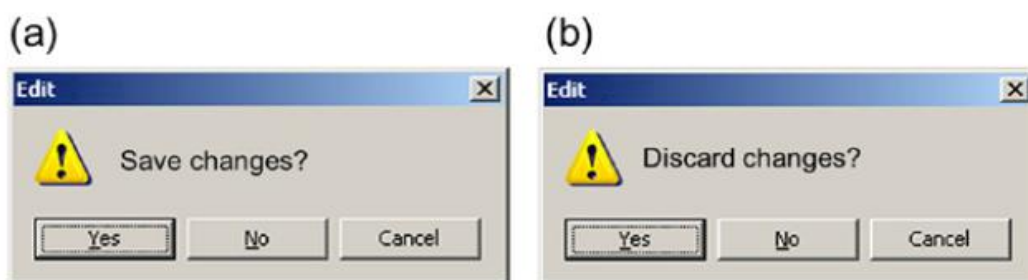
Na konci kapitoly jsme pak došli k závěru, že interakce prvků s poznámkami o dotírajícím aspektu lidské výkonnosti, který poškozuje uživatele, se nazývá *chyba interakce*. I když se čas na dokončení úkolu může zvýšit nebo brzdít podle stupně, chybám se dá pouze zabránovat. Absence chyb je z velké části neviditelná. Jak se ukázalo, chyby – chyby interakce – jsou relevantní zkušenosti HCI. Velké chyby jsou ty jednoduché – snadno se opraví. Jedná se o malé chybičky, které jsou zajímavé.

Během existence HCI, běžný názor, který se vynořuje je, že jsou vyřešeny obtížné problémy, a nyní by se vědci měli zaměřit na nové horizonty: mobilitu, povrchovou výpočetní techniku, všudypřítomnost výpočetní techniky, online sociální sítě, hry a ještě dál. Takovýto pohled je částečně správně. Ano, nově vznikající témata jsou vzrušující a živnou půdou pro výzkum HCI, a mnoho frustrujících UI problémů z dávných dob jsou pryč.

Ale desktop computing stále s sebou nese mnoho problémů. Podívejme se na některé z nich; níže uvedené příklady jsou od počítačů, protějšků mobilní výpočetní techniky. Čtyři příklady v následující diskuzi byly vybrány pro konkrétní důvod. Je mezi nimi pokrok. V závažnosti sahají od vážných problémů způsobujících ztrátu informací, po neškodné problémy, o kterých většina uživatelů jen zřídka přemýšlí a možná si jich ani nevšimne. V četnosti sahají od možností stávajících se jen zřídka, pokud vůbec, po vyskytující se víc, a nakonec vyskytující se každou minutu, zatímco uživatelé se zapojují do počítačových aktivit.

Velké, nepříjemné problémy se dost vyskytují v literatuře, v mnoha vynikajících zdrojích, které poskytují hluboké analýzy o tom, co se pokazilo a proč (např. Casey, 2006; Johnson, 2007). Zatímco velké problémy získávají spoustu pozornosti, a obecně jsou opravovány, malé mají tendenci přetrvávat. Účinek si popíšeme později. Nyní začneme jedním z velkých problémů.

Většina uživatelů v určitém okamžiku ztratí informace při své práci na počítači. Místo uložení nového souboru ho omylem vyhodí, přepíše nebo ztratí jiným způsobem. Existuje nějaký uživatel, který toto nezažil? Příklad je uveden na obrázku 22. Zobrazilo se dialogové okno a uživatel zareagoval příliš rychle. Stisknutím tlačítka Enter potvrdíte uložení



Obrázek 22: Oznamovací hláška pro ukládání (MacKenzie, 2013)

změn (obr. 22a)) a vše je v pořádku, ale stejně zareagujete i u ‚zahodit změny‘ (obr. 22b)) a dialogové okno vykouzlí katastrofu. Veškeré informace jsou ztraceny. Tento scénář, řekl Cooper (1999), je jasná a vážná konstrukční chyba návrhu uživatelského rozhraní. Na výstrahu čtenář rychle odsekne ‚Ano‘, ale v případě, že ‚Zahodit změny?‘ je lepší volbou ‚Ne‘, protože naše údaje jsou v bezpečí. Ale to postrádá smysl. Jde o to, že uživatelské očekávání je přerušeno. Nefunkční očekávání dříve či později způsobí chyby.

V dnešní době systémy a aplikace důsledně používají dialogové okno „Uložit změny?“ a očekávají ho, takže jednají bez váhání a vše je v pořádku. Ale noví uživatelé nemají žádné zkušenosti, žádná očekávání. Budou se rozvíjet, ale po cestě tam budou nějaké ty jízvy. Naštěstí jsou závažné nedostatky v podobných dialogových oknech v dnešních aplikacích vzácné.

Uvažujme o další chybě. Pokud se zobrazí výzva k zadání hesla a klávesa CapsLock je zapnutá, přihlášení se nezdaří a heslo musí být zadáno znovu. Uživatelé nemusí vědět, že CapsLock je zapnutý. Mohlo k tomu dojít během psaní přehmatem. Heslo se vypisuje znovu, pomalu a správně, s CapsLockem stále zapnutým. A hned tu máme stejnou chybu třikrát za sebou a naše další pokusy o přihlášení mohou být zablokovány. Není to tak vážné jako ztráta informací stisknutím položky dialogového okna, ale i přesto se jedná o chybu interakce. Nebo je to spíše konstrukční chyba? Je zbytečné to řešit, je to nepříjemnost, která zpomaluje naši interakci, ale je snadné ji opravit. Dnes mnoho systémů hlídá tento problém. CapsLock chyba není nijak závažná. Je to špatné, protože to ukazuje náš nedostatek pozornosti. Na druhou stranu, pokud se nám nyní náhodou stane, že tuto klávesu aktivujeme při zadávání hesla, okamžitě se objeví bublina, která nás o této skutečnosti informuje, takže máme čas svou chybu napravit.

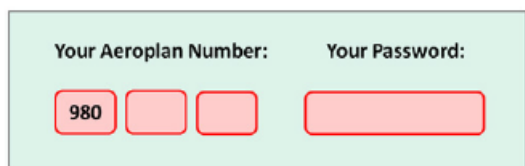
Pojďme se podívat na další malý problém. Při editaci dokumentu, předpokládejme, chce uživatel přesunout nějakou část textu na jiné místo v dokumentu. Úkol je jednoduchý. Ukazatele umístíme na začátek textu, stiskneme pravé tlačítko myši a táhneme. Jenže text zabírá několik řádků a sahá přes viditelnou oblast. Přetahováním rozsahu se přiblížíme k okraji viditelné oblasti, a dostáváme se do obtížné situace. Interakce se chystá dramaticky změnit. V rámci viditelné oblasti, interakce polohy ovládání posouvání myši má na starost polohu přetahování rozsahu. Jakmile se ukazatel myši pohybuje mimo viditelnou oblast, začíná rolování a interakce se stává rychlou a my stále držíme tlačítko pro označení textu. Můžeme jen odhadovat, co všechno se může stát. Jedná se ale o konstrukční chybu. Rychlá kontrola několika aplikací při práci na tomto příkladu odhalila dramaticky odlišné reakce na přechod z řídicího pracoviště na řízení rychlosti. V jednom případě se posouvá tak rychle, že se tažením oblast v krátké době rozšíří až na konec dokumentu, než uživatel stihne reagovat ($\approx 200\text{ms}$). V dalším případě je rychlost rolování ovladatelná, ale nepříjemně pomalu. Dokážeme si představit způsob, jak zlepšit tuto interakci? Jakákoliv technika, která dokáže svou práci a umožní uživateli vytvořit očekávanou interakci, představuje zlepšení.

Zda je ovládání rychlosti příliš citlivé nebo příliš pomalé, opravdu nezáleží. Na čem záleží, je to, že je uživatelské prostředí poškozeno nebo rozbité. Jakékoli předstírání interakce je povrchní nebo transparentní. Uživatel si vše obnoví, žádné informace nebudou ztraceny, ale interakce je snížena s výskytem chyby. Je to chyba konstrukce, nebo přinejmenším chyba indukované konstrukce. Podívejme se na další malé chyby.

Je-li aktivní aplikace nebo dialogové okno, jedna z komponent uživatelského rozhraní přijímá události z klávesnice, pokud je stisknuto tlačítko. Na tlačítka je důraz obvykle označen čárkovanou hranicí. U vstupních polí je obvykle uvedeno vkládání blikajícím barem („|“). „Cíl posunu“ se vztahuje k progresu zaměření z jednoho komponentu uživatelského rozhraní k druhému. K dispozici je rozšířený nesoulad v běžných aplikacích ve způsobu UI widgetů, získání a ztráty pozornosti a ve způsobu ostření záloh z jedné složky do druhé.

Uživatel má potíže po většinu času. Tady je rychlý příklad. Když se objeví dialogové okno pro přihlášení, můžeme hned začít zadávat své uživatelské jméno a heslo. Někdy ano, někdy ne. Ve druhém jmenovaném případě není vstupní pole přístupné. Uživatel musí klepnout do pole ukazatelem myši nebo si pomoci stisknutím klávesy Tab.

Zobrazí se pole pro uživatelské jméno s blikajícím barem a totéž pole se v jiné aplikaci objeví bez něj. Jde o to, že uživatelé někdy nevědí, že se toto děje. Jedná se o malý problém (nebo chybu interakce), ale je to zcela běžné. Ohnisko nejistoty je všude v dnešních uživatelských rozhraních. Tady je další, konkrétnější příklad: Hodně online aktivit, jako je třeba rezervace letenky nebo dovolené, vyžaduje od uživatele zadání dat do formuláře.



Obrázek 23: Jak udržet uživatele ve střehu (MacKenzie, 2013)

Vstupní pole často vyžadují velmi specifické informace, jako je například dvoumístný měsíc, sedmimístné číslo účtu a další. Obrázek 23 dává příklad typického dialogového okna. Uživatel byl nejprve vyzván k zadání čísla účtu.

Číslo účtu má celkem devět míst a je rozděleno do tří segmentů po třech číslicích. Poté, co uvidíme dialogové okno, se uživatel podívá na klávesnici a začne zadávat: 9, 8, 0 a dál? Je pravděpodobné, že uživatel sleduje klávesnici, a ne obrazovku při zadávání čísla účtu. I přesto, že uživatel může zadat celých devět míst najednou, interakce se zastavila po první trojmístné skupině, protože si není jistý, zda pokračování ve psaní automaticky postoupí do dalšího pole. Nevyskytuje se zde žádné očekávání, protože tento příklad interakce GUI se nevyvíjel a nestabilizoval do jednotného vzoru. Pole pro zadávání nedosáhla evolučního stavu, jako u dialogových oken pro ukládání změn. Je tu 50 % pravděpodobnost, že uživatel udělá chybu nebo se zastaví, aby se podíval na monitor, zda bude muset překliknout do dalšího pole nebo se tam dostane automaticky.

Přísně vzato, tady není žádné propastné hodnocení. I když není z obrázku jasné, jestli je kurzor přítomen. Po zadání 980 je kurzor buď za 0 v prvním poli a nikam dál nepostupo-

val, nebo je na začátku dalšího pole, pokud je pokročilý. Takže systém skutečně „poskytuje fyzickou reprezentaci, která může být vnímána a je přímo interpretována z hlediska záměrů a očekávání osoby“ (Norman, 1988, s. 51). Ale není to dobré. Uživatelská pozornost je buď na klávesnici, zatímco fyzická prezentace je na monitoru. Odpojení je malé, ale přesto je zapotřebí posunu v pozornosti uživatele. Absence očekávání udržuje uživatele ve střehu. Uživatel si často není úplně jistý, co má dělat, nebo co má očekávat. Výsledkem je mírné zvýšení pozornosti požadované během interakce, která produkuje mírný pokles transparentnosti. Namísto zapojení do úkolu, je pozornost odkloněna na potřeby počítače.

Uživatel je jako řezbář, který brousí nástroje, než vytváří umělecká díla. Tam, kde jsou důsledky chyb malé, jako například klepnutím na tlačítko Další nebo posun pohledu, chyby mají tendenci přetrvávat. Ve většině případů, jsou tyto chyby něčí starost. Programátoři, kteří sestavili aplikace, mají větší problémy se soustředit na práci na jejich kontrolním seznamu nových funkcí, které přidávají do verze 2.0 před blížícím se termínem¹⁷. Malé chyby přetrvávají. O jejich řešení rozhodují dle uvážení jejich důležitosti programátoři (Cooper, 1999, s. 47).

Scénář interakce, který má smysl pro programátora, bude pravděpodobně přecházet do konečného produktu, zvláště když je to jednoduchá věc, jako je posun směru. Pokaždé, když uživatel posouvá svou pozornost (například z klávesnice na monitor a zpět), je cenou za to čas strávený dvěma změnami zaměření pohledu. Každý pohled trvá 70 až 700ms (Card et al. 1983, s. 28)¹⁸. Tyto malé kousky interakce se sčítají. Jsou podrobné detaily – mikrostruktury a mikrostrategie používané nebo uložené uživatelem. „Mikrostrategie se zaměřuje na to, co návrháři považují za světské aspekty návrhu rozhraní; způsoby, jimiž jemné rysy interaktivní technologie ovlivňují způsob, jaký uživatelé provádí úkony“ (W. D. Gray a Boehm-Davis, 2000, s. 322).

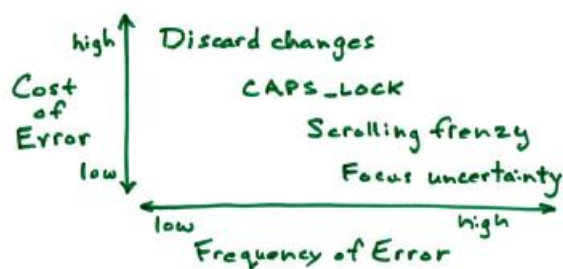
Designéři si mohou zobrazit tyto podrobné detaily jako postranní panel. Podrobnosti jsou všechno. Uživatelské zkušenosti existují jako sbírka mikrostrategií. Zda si rezervujeme dovolenou online nebo jen půjdeme ven s přáteli na sociální síti; velké akce jsou kolekce malých akcí. V nejvyšší možné míře, uživatelské akce tvoří zkušenosti, naše zkušenosti. Je politováníhodné, že často slouží jen pro potřeby počítače nebo aplikace.

Dalším důvodem, proč mají malé chyby tendenci přetrvávat je, že jsou často považovány za chyby uživatele, ne designéra, chyby programátora, nebo jako systémové chyby. Tyto chyby, stejně jako většina, se víceméně správně nazývají indukovaný chyby návrhu

¹⁷ Čtenář, který zde detekoval špetku sarkasmu, se odvolává na Coopera (1999, 47-48 a jinde) za plný frontální útok na zákeřnou povahu nadměrné námahy na softwarových aplikacích. Odkaz na verzi 2.0 bezjemenné aplikace je ve vztahu k Johnsonově druhé edici jeho úspěšné knihy, kde se v názvu objevuje stejný tón: GUI Bloopers 2.0. Pro strážlivější a akademičtější pohled viz McGreener a Moore (2000).

¹⁸ Hnutí oka zahrnuje jak tzv. „saccade“ tak fixaci. Saccade – skutečný pohyb oka – je velmi rychlý, asi 30ms. Fixace trvá déle, protože je zapotřebí vnímat nový impuls a kognitivní zpracování podnětů.

(Casey, 2006, s. 12). Vyskytují se „když projektanti výrobků, systémů a služeb nedokážou vysvětlit charakteristiku a schopnosti lidí, a rozměry lidského chování“ (Casey, 1998, s. 11).



Obrázek 24: Kompromis mezi cenou chyby a její četností (MacKenzie, 2013)

Obrázek 24 ukazuje kompromis mezi cenou chyby a četností chyb. Je to jen skica, není to nic pevně daného. Jsou tu zobrazeny všechny čtyři chyby, o kterých se mluvilo výše. Tvrdí, že k chybám s vysokou cenou dojde při nízké četnosti. Dostávají ale hodně pozornosti a hodně se jimi ostatní zabývají. Vyspělé systémy a velké chyby jsou opraveny, designéři se posouvají ve svém úsilí o opravení méně cenných chyb, jako jsou chyby CapsLock. Postupem času stále více a více systémy zahrnují přiměřené a odpovídající implementace z těchto interakcí.

Rozdíl mezi implementacemi se zmenšuje a jako celek, v celém odvětví splývá k témuž důslednému provádění (např. vyskakovací upozornění na CapsLock). Půda je nastavena pro uchopení uživatelského očekávání. Chyby zjištěné na obrázku 24, z počítačového hlediska jsou dávnou historií, CapsLock je stále problémem, ale zlepšuje se to, u rolování máme mnohem větší kontrolu v nových aplikacích a dobře se zaměřujeme na nejistoty. Chyby se už nestávají tak často.

V mnoha ohledech jsou malé chyby nejzajímavější, protože proklouznou designérům a programátorům. Malé sebepozorování a reflexe jsou zde na místě. Musíme pozorovat drobné chybičky, na které narazíme. Jestli se stalo to, co se stát mělo a co jsme očekávali. Jestli byla naše interakce rychlá a přirozená, nebo v ní byly zbytečné či nevhodné kroky. Malé možnosti vylepšení se sčítají. Je třeba je chápat jako na příležitost pro empirický výzkum v HCI.

9 Modelování interakce

Model je zjednodušením reality. Vezměme si zmenšený architektonický model budovy nebo fyzikální rovnici pro trajektorii hodu koule. Oba případy jsou redukcí nebo zjednodušením složitějších jevů. Jsou užitečné, protože nám umožňují zkoumat jevy, přemýšlet o nich, provádět změny a tak dále, aniž bychom skutečně konstruovali budovu nebo házeli koulí. Velmi mnoho problémů je v HCI takto zkoumáno.

Tato kapitola pojednává o interakci modelování – stavební modely, testování modelů s využitím modelů a uvažování o interakci prostřednictvím modelů.

Termín *model* se často používá volně, bez jasné a jednoduché definice. Matematický model je daleko od modelu psychologa nebo sociologa. Matematický model je formální kalkul testovaný prostřednictvím počítačové simulace. Pro psychologa nebo sociologa je to často verbálně-analytický popis chování. Pew a Baron (1983) toto téma rozpracovali: „Je tu kontinuum, jehož modely se liší, má volnou verbální analogii a metaforu na jednom konci, a uzavřený formulář matematické rovnice na druhém“ (s. 664).

Modely využívající „volné slovní analogie a metafory“ popisují jevy. Říkejme jim *popisné (deskriptivní) modely*. Modely používající „uzavřené formuláře matematických rovnic“ předpovídají jevy. Říkejme jim *prediktivní modely*. V této kapitole se budeme bavit o nich obou. Architektonický model budovy je popisný model. Fyzikální rovnice pro trajektorii hodu koule je předpovědním modelem.

Existuje mnoho příkladů deskriptivních a prediktivních modelů v HCI. Zbytek této kapitoly je rozdělen do dvou částí. V té první jsou prezentovány deskriptivní modely. Příklady, jež jsou zde uvedeny, poskytují pohled na problém konstrukce nebo interakce. V návaznosti na to se představí i několik příkladů prediktivních modelů s podobnou organizací.

9.1 Popisné (deskriptivní) modely

Popisné modely jsou všude. Vyšli z procesu tak přirozeně, že se jeví jako modelování. Podívejme se na jakýkoli papír HCI s titulem či oddílem s použitými slovy jako *konstrukční prostor*, *rámec*, *taxonomie* nebo *klasifikace* a tady je dobrá šance, že najdeme deskriptivní model, aniž bychom o tom věděli. V mnoha případech se slovo *model* ani nepoužívá.

Deskriptivní model může být stejně jednoduchý jako rozdělování prostoru. Posuzovaný jako celek bez rozdělování, je prostor obrovský a nezmapovaný, velký fuzzy oblak. Nicméně s trochou myšlení a organizování se stane rozdělenou doménou. Jako dělené domény jsme oprávněni myslet jinak o problémech prostoru, dostat se dovnitř a vidět jednotlivé součásti nebo procesy. Můžeme se zaměřit na určité části problému prostoru,

zvážit, jak se jedna část liší od druhé, nebo se vztahuje k jiné, a uvažovat o slabých a silných stránkách, výhodách a nevýhodách některých částí oproti jiným.

Dostali jsme se k prvnímu ne-HCI příkladu. Vezměme v úvahu *politiku*, předmět, o kterém všichni něco víme. Samozřejmě, že to není žádný model, je to jen věc bez vymezení. Pokud bychom opravdu chtěli studovat politiku, bylo by užitečné si ji rozebrat, nakreslit, kategorizovat nebo cokoliv, takže bychom se mohli dostat do jádra problému, definovat a pochopit jeho podstatné části, a zahájit proces mapování problému politiky.

Jedná se o popisný model politiky. Otevřeme-li jakoukoliv učebnici o jakémkoli tématu, narazíme na diagramy, které téma popisují a rozvádí do detailů. Může být organizovaný jako půlkruhové paprskové kolo s hlavním tématem ve středu. Popisné modely dávají obrovský vhled do řešeného problému. S ním můžeme nejen jinak přemýšlet o problému, ale i kriticky myslet. S každým vyladěním, zdokonalením a zlepšením dostaneme lepší model, a co je ještě důležitější, budeme problém samotný i lépe chápat. Taková je síla deskriptivních modelů.

V HCI, výzkumníci často přistupují k problémům podobným způsobem. Pojdme se podívat na pár příkladů popisných modelů v HCI a zkoumejme, jak jsou používány k analýze problému a informují interakční design.

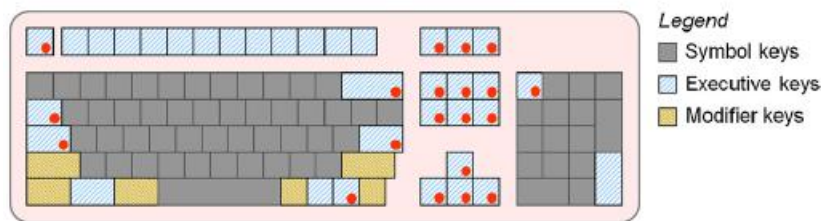
9.1.1 Key-action model (KAM)

Máme tu první deskriptivní model, který by mohl být v HCI užitečný. Počítačové klávesnice dnes obsahují obrovské množství tlačítek. Většina stolních systémů používá klávesnici s řadou funkčních kláves nahoře a s numerickou klávesnicí na pravé straně. Uvažovali jste už někdy o fungování a organizace kláves na klávesnici? Od toho je tu tento deskriptivní model. Jmenuje se *Key-action model* (KAM).

S KAM, jsou klávesy na klávesnici klasifikovány buď jako *klíčový symbol*, *výkonný klíč* nebo *modifikační klíč*. Klíčové symboly poskytují grafické značky k aplikaci, jako je například textový editor. Jedná se typicky o písmena, číslice nebo interpunkční znaménka. Výkonné klíče vyvolají akci v aplikaci nebo na úrovni systému. Jako příklady můžeme uvést tlačítko Enter, F1 a Esc. Modifikační klíče negenerují symboly ani nevyvolají akci. Namísto toho nastaví podmínku, která mění účinek následně stisknuté klávesy. Jako příklad uvedeme Shift a Alt. To byl by ke KAMu vše. Je to jednoduchý model. Má název, vymezuje místo problému a identifikuje tři kategorie klíčů. Pro každou kategorii má název, definici a příklady.

Pokud v nás nakreslený model vyvolává otázky zaměřené na jeho potenciální správnost a další, je to jasný důkaz síly deskriptivního modelu, jakým je třeba KAM. Model vzbuzuje náš zájem a navrhuje aspekty fungování klávesnice, které si zasluhují pozornost, a to zejména v případě, že je zamýšlen nový design. Nejdůležitější otázkou ovšem zůstává, zda

je model použitelný. Neexistuje žádná větší míra zásluh modelu než jeho schopnost vyhledat kritické argumenty, schopnosti a omezení v doméně interakce.



Obrázek 25: Ilustrovaný model KAM. (MacKenzie, 2013)

Obrázek 25 znázorňuje klávesnici s klávesami zdůrazněnými podle KAM. To je typický model klávesnice s širokým mezerníkem dole, funkčními klávesami podél horní části, numerické klávesnice na pravé straně.

Podívejme se na organizaci tlačítek na klávesnici, pokud jde o použití pravé nebo levé strany. Za prvé, vezměme v úvahu výkonný klíč (př. Enter) a modifikační klíč (Shift). Na levé straně klávesnice najdeme těchto sedm kláves: Shift, Alt, Ctrl, tab, CapsLock, Esc a Windows¹⁹. Na pravé straně najdeme více téměř 22 kláves: Shift, Alt, Ctrl, Enter (2x), Windows, right_click, backspace, insert, delete, home, end, page_up, page_down, ←, ↑, →, ↓, prtScr, scroll_lock, pause, a num_lock. Vzhledem k tomu, že Shift, Ctrl, Alt a windows se zrcadí, nepředstavují pro nás nic zajímavého, takže je prozatím vypustíme. Pouze tři tlačítka na levé straně (Esc, tab, CapsLock) jsou bez svých protějšků na pravé straně, takže na levé straně zůstávají tyto tři a 18 vpravo. Na obrázku jsou označeny červenými tečkami.

Než budeme pokračovat, pojďme si připomenout náš cíl. Nechceme poskytnout návod na klávesnici, ale vytvořit popisný model, který bude demonstrovat schopnost modelu a potenciálně odhalí problémy a navrhne příležitosti. Analýza v předchozím odstavci je dobrým příkladem. Použitím KAM, jsme identifikovali zvláštní zkrácení stolní klávesnice.

S poměrem 3:18 levé strany proti pravé, je klávesnice jasně zakotvena na pravou stranu. Jednoduše řečeno, pravá ruka je zaneprázdněna. Kromě toho, se vznikem myši v roce 1980, je pravá ruka ještě zaneprázdněnější. Je tedy možné, že by byla pravá ruka přetížená? Interakce, které srovnávají výkonný klíč a point-click operace jsou pro praváky problematické. Pravá ruka je prostě příliš zaneprázdněná. V případě, že pravá ruka svírá myš a je potřeba stisknout tlačítka na pravé straně, můžeme si „zpřelámat“ levou ruku nebo pustíme myš a použijeme pravou ruku. Pro uživatele, kteří manipulují s myší svou levou rukou, je situace zcela jiná. Ve skutečnosti, úkol analyzovat běžné GUI činnosti odhaluje zajímavý jev: rozhraní neobjektivně upřednostňuje použití myši v levé ruce. (MacKenzie, 2003).

¹⁹ Vědomě ignorujeme 12 kláves v horní části klávesnice (F1-F12).

Key-action model zachycuje pouze jeden aspekt klávesnic, konkrétně akce přiřazené ke každému tlačítku. Dalším způsobem, jak přemýšlet o klávesnicích je v nejednoznačnosti stisknutí kláves. Pokud stiskneme klávesu se symbolem, vždycky se zobrazí stejný symbol, pak je situace jednoduchá. Ale v případě, že klíč je schopen produkovat dva nebo více symbolů, pak to stojí za přemýšlení. Pro tento „key-ambiguity“ (nejednoznačný klíč), by mohl být popisný model velmi užitečný (MacKenzie a Soukoreff, 2002). Key-action model vymezuje konstrukční prostor pro klávesnice a umožňuje analýzy pro vyhledávání problémů návrhu.

9.2 Prediktivní modely

Prediktivní model je rovnice. Rovnice předpovídá výsledek proměnné na základě hodnoty jedné nebo více dalších proměnných (prediktory). Výsledkem proměnné je závislá proměnná, obvykle na času nebo rychlosti v úkolu. Může to být také přesnost, reprezentovaná jako prostorová variabilita, míra chyb nebo jiné měřítko lidského chování. Jediným požadavkem je, že proměnná použije kontinuální nebo poměrný rozsah dat.

Většina statistik zdrojů nazývá prediktivní proměnné *nezávislými proměnnými*. Zatímco správná terminologie je zde problematická. Experimentální výzkum nezávislé proměnné má zvláštní význam: je to okolnost nebo charakteristika, se kterou je manipulováno. Drtivá většina nezávislých proměnných jsou atributy nominálního měřítka (např. typ zobrazení, pohlaví, modalita zpětné vazby). To představuje problém, protože proměnná nominálního rozsahu nemůže sloužit jako prediktor v predikční rovnici. Samozřejmě, nezávislé proměnné v experimentálním výzkumu mohou být také atributy poměrného měřítka.

Tyto proměnné mohou sloužit jako predikce v prediktivní rovnici. Příklady zahrnují vzdálenost k cíli, velikost cíle, počet cílů, úhel pohledu, systém zpoždění, úhel naklonění, decibel (dB) úroveň šumu v pozadí, velikost slova, počet možností a tak dále.

Prediktivní proměnná může být také atribut poměru měřítka uživatelů, jako je věk, roky zkušeností práce s počítačem, počet emailů za den, počet hodin denně strávených hraním videoher, geografickou vzdálenost od přítele, a tak můžeme pokračovat dál²⁰.

Prediktivní modely jsou použitelné v HCI. Stejně jako u popisných modelů, které umožňují zkoumání problému. Nicméně v prediktivním modelu máme co do činění s čísly, nikoli koncepty. V roce 1978 Card, English a Burr (1978) uvedli něco, co byl pravděpodobně první předpovědní model v HCI. Provedli experiment porovnávající účinek čtyř vstupních

²⁰ „Geografická vzdálenost od přítele“ je vynikajícím příkladem rozmanitého a multidisciplinárního charakteru výzkumu HCI. Tento poměr měřítka okolností byl použit i jako nezávislá proměnná a jako prediktor v predikční rovnici pro výzkum na udržení online přátelství, když se lidé pohybují od sebe (Shklovski, Kraut a Cummings, 2006).

zařízení (myš, joystick, step keys a text keys) na uživatelskou rychlost a přesnost při výběru textu na CRT monitoru. V mnoha ohledech je jejich práce jednoduchá; metodologie je podle očekávání pro experiment s lidskými účastníky. Nicméně, Card et al. šli nad rámec studie typického uživatele:

Zatímco tyto empirické výsledky jsou přímo použity při výběru polohovacího zařízení, by měly zřejmě větší přínos, pokud by mohly být jejich výsledky brány teoreticky v úvahu. Za prvé, potřeba odstranění některých experimentů; jako další způsoby lze navrhnout zlepšení bodování výkonu.

(s. 608)

Toto je inspirováno preambulí k této diskuzi o stavebních modelech – modelech interakce, které a) vkládají teoretickou úvahu základních lidských procesů a b) slouží jako predikční nástroje pro zpracování analýzy alternativ návrhu. Zbývající část jejich práce je o modelování pomocí Fittsova zákona.

9.2.1 Fittsův zákon (Fitts' law)

Jedním z nejpoužívanějších modelů v HCI je Fittsův zákon (Fitt's law). Pokud interakce zahrnuje rapid-aimed movement, jako je například přesunutí prstu nebo kurzoru k cíli a výběr cíle, je tu dobrá šance, že někdo experimentující s interakcí, používá Fittsův zákon pro modelování. Fittsův zákon je v podstatě empirický model vysvětlující rychlost přesnosti kompromisu vlastností lidského svalového pohybu s nějakou analogií Shannonova kanálu kapacit.

A co říká Fittsův zákon? Jeho znění je takovéto:

Čas potřebný k dosažení cíle je funkcí podílu vzdálenosti a velikosti cíle.

Fittsův zákon má tři použití v HCI:

- zjišťuje, zda zařízení nebo interakční technika odpovídá modelu budování predikční rovnice a zkoumá vztah pro „dobrou shodu“,
- pro použití v predikční rovnici v analýze alternativy návrhu nebo
- použití Fittsova indexu výkonnosti (nyní propustnosti) jako závislé proměnné ve srovnávacím hodnocení.

Rané pokusy směřující pohyby na cílené úkoly, které mohly být spojeny s pracovníkovou efektivitou, jak je například výrobní linka nebo montáž. Nebyly ještě zaměřeny na oblast HCI, protože ještě nebylo žádné GUI. Téměř veškerý výzkum, jež následuje po Fittsově původním experimentu, empiricky určená konstanta A je vždy považována za konstantní čas, jak například stlačení tlačítka myši v závislosti na experimentu. Fitts definoval termín

Index obtížnosti (*Index of Difficulty, ID*), jako míru obtížnosti úkolu následujícím vzorcem:

$$ID = \log_2(2A/W)$$

MacKenzie (MacKenzie, 1992) navrhl stabilnější model Fittsova zákona, který funguje lépe pro malé hodnoty i Indexu obtížnosti. Takto upravený model obtížnosti se měří z „kousků“, které pochází z analogie s Shannonovou informační větou. Kromě indexu obtížnosti, Fitts také definoval míru pro výkon, s názvem Index výkonu (*Index of Performance, IP*).

$$IP = 1/b$$

Index výkonu se měří v bitech za sekundu (bit/sec), podobně jako výkon indexů elektronických komunikačních zařízení (například modemů). Nicméně, později bylo jinými výzkumníky dokázáno, že konstanta se ukázala jako významný faktor zdůrazňující potřebu podrobnější analýzy.

Jakmile Fittsův zákon přišel do HCI v podobě základního výzkumu v experimentální psychologii, začneme s nějakým zázemím. Detailní hodnocení je k dispozici jinde (MacKenzie, 1992; Meyer, Smith, Kornblum, Abrams a Wright, 1990; Soukoreff a Mackenzie, 2004; Welford, 1968).

A byl to právě Welford, kdo navrhl lepší model oddělením šířky W (popsáno níže) do dvou podmínek. Ukázal, že účinek na cílové šířce a vzdálenosti cíle není proporciální a jeho model poskytuje lepší korelační koeficient. Pozdější badatelé navrhli stejný postup. Nicméně se tam už nenachází žádný jednoduchý index výkonnosti spojený s Welfordovým modelem.

Fitts byl experimentální psycholog zajímající se o použití teorie informace v lidském chování. Bylo to společným tématem výzkumu v roce 1950, protože spojil myšlenku lidské výkonnosti s moderní a rozvíjející se matematickou představou „informací“ v oblasti elektronické komunikaci. Fitts argumentoval, že amplituda zaměřeného pohybu nebyla byla analogická k informacím v elektronickém *signálu*, a že prostorová přesnost pohybu byla analogická elektronickému *šumu*.

Dále navrhnul, že lidský motorický systém je jako komunikační kanál, kde jsou pohyby stejné jako přenos signálů. Fitts představil svou analogii – svůj zákon – ve dvou oslavovaných dokumentech, jeden v roce 1954 (Fitts, 1954) a druhý v roce 1964 (Fitts, 1964).

Dokument z roku 1954 popisoval sériový nebo reciproční, cílový akvizitní task, kde účastníci střídavě pronikali do cílové šířky W oddělené amplitudou A .

Dokument z roku 1964 popisuje podobný pokus s použitím diskretního úkolu, kde předměty vybrané jedním ze dvou bodů reagovaly na světelný stimul. Je snadné si představit, jak

Fitts aktualizoval přístroje s počítačovými vstupními zařízeními a cíle se vykreslily na monitoru počítače.

Vztah zkoumaný Fittsem je mezi amplitudou pohybového úkolu, potřebnou dobou a šířkou nebo tolerancí, oblastí bez ukončených pohybů. A co může být nejvíce podhodnoceným závěrem celé experimentální psychologie, shrnul Fitts své poznaty následovně: „Výsledky jsou dostatečně jednotné, aby ukázaly, že předpokládaný vztah mezi rychlostí, amplitudou a tolerancí může být obecný.“ (Fitts, 1954, s. 389). Ve skutečnosti je Fittsův zákon mimořádný. V desetiletích, které uběhly od Fittsovy práce, byl tento vztah ověřen nesčetněkrát a v pozoruhodně rozmanitém prostředí, ať už pod mikroskopem nebo pod vodou.

9.2.2 Prediktivní model – Skill acquisition (akviziční dovednosti)

Není divu, že existuje vztah mezi dovednostmi a praxí. Ať už se učíme hrát na hudební nástroj, létat letadlem, hledání v databázi, procházení systémového menu nebo psaní na klávesnici, začínáme jako nováčci (začátečníci).

Počáteční výkon je nízký, ale s praxí získáváme dovednost. S pokračující praxí se stáváme zdatnými, téměř *experty*. V případě, že zkušené chování je dostatečně zastoupeno v poměru proměnných, pak přechod ze začátečníka na odborníka se výborně hodí pro prediktivní modelování²¹.

V modelu, předpokládané nebo závislé proměnné je výkon nebo dovednost, typicky čas k tomu určený a specifický úkol nebo rychlost splnění úkolu. Nezávislá proměnná je množství praxe, typicky v hodinách, dnech, letech, zkouškách, blocích nebo relacích. Vztah mezi dovednostmi a praxí je nelineární. Na začátku, malé množství praxe přináší podstatné zlepšení. Po větším množství praxe, stejné „malé množství“ produkuje jen mírné zlepšení.

Reprezentovány v této podobě, je vztah mezi dovednostmi a praxí často nazýván silou zákona učení nebo síla praxe (Card et al. 1983, Newell a Rosenbloom, 1981).

²¹ Obecně toto neplatí pro hraní na hudební nástroj nebo létání letadlem. Nicméně, si můžeme představit jednotkové úkoly v rámci těchto dovedností, které jsou měřitelné proměnnou a vhodné pro prediktivní modelování.

10 Závěr

Cílem práce bylo přiblížit problematiku málo známého oboru Human-computer Interaction a ukázat, jak je důležitý ve vztahu k procesům nejen vyhledávání a vylepšování uživatelského rozhraní.

Právě Human-computer Interaction, jako multidisciplinární oblast, se nejvíce zajímá o problematiku uživatelských rozhraní. Souvislost se světem informační vědy je patrná. I v dnešní době moderních technologií, stále lepších počítačů a mobilních telefonů víme, či alespoň tušíme, že je stále co zlepšovat. Nechceme se stát počítači, ani nechceme, aby se počítače chovaly jako lidé. Naším cílem je co nejlépe zprostředkovat komunikaci mezi člověkem a počítačem tak, aby byla co nejintuitivnější a nejpřirozenější.

V první části byla popsána kognitivní věda jako obor využívající výsledků výzkumu z mnoha specializovaných oborů (př. filozofie, lingvistika, psychologie, informatika a další), věnující se studiu procesů získávání a využívání znalostí, myšlení, učení a rozhodování u lidí i uměle vytvořených systémů. Tento obor ovlivnilo hned několik významných osobností jako Alan Turing, John McCarthy či Noam Chomsky.

Další nedílnou součástí Human-computer interaction je kognitivní psychologie. Zdůrazňuje důležitost poznávacích procesů v lidské psychice a chování a zaměřuje se na jejich studium, tedy procesy, jimiž člověk poznává sám sebe a své okolí. Těmito poznávacími procesy je míněno myšlení, zapamatování, vnímání a komunikace. Dalšími pojmy, se kterými se v kognitivní psychologii setkáváme, jsou teorie učení a percepce. Teorie učení je základní formou činnosti organismů, vedoucí ke změnám chování a prožívání v důsledku zkušenosti. Percepce je proces, jenž umožňuje přijímat senzorická data a organizuje je do určitých psychicky významných struktur a schémat, které si vyvíjíme v procesu učení.

V druhé části jsme se zabývali přímo HCI. Samotné Human-computer interaction vzniklo ze starších disciplín, z nichž tou nejdůležitější byla oblast human factors and ergonomics (HF&E). Jedním z důvodů, proč je HCI tak důležité, je jeho vznik a vývoj, který má za následek dramatický posun ve výpočetních postupech a tvorbě uživatelských rozhraní. Je to základ pokroku přesouvající se do produktů a procesů, které využívají lidé pro práci nebo zábavu.

Největším problémem pro HCI jsou lidské faktory (a činitelé). Lidé jsou složití, přesněji řečeno jsou variabilní. A právě variabilita dokazuje, že naše práce není nikdy úplně přesná, je jen orientační. Pro počítače je vše jednodušší. Jsou vyrobeny k fungování v poměrně přísných podmínkách podle jejich naprogramovaných funkcí a s lidmi nemají žádnou paralelu. Přesto by se dalo říct, že jsou lepší v tom, že jsou „méně chyboví“. Na druhou stranu, počítače naprosto dokonalé nikdy nebudou, protože jsou vytvářeny lidmi. Senzory, neboli základní lidské smysly – zrak, sluch, chuť, čich a hmat – přenáší odlišné

fyzikální vlastnosti prostředí na člověka. Sdílí vlastnost percepce a přeměnu elektrických nervových signálů a jevů, jako jsou zvukové vlny, světelné paprsky, chutě, pachy a fyzický kontakt. Zrakem přijímáme informace z prostředí formou viditelného světla vnímaného okem. Sluch je detekce zvuku přenášeného prostředím jako zvuková vlna, ovlivněná hlasitostí, výškou či zabarvením. Hmat je jednou ze složek somatosenzorického systému se smyslovými receptory v kůži, svalech, kostech, kloubech a orgánech. Čich je schopnost vnímat pachy (dutina nosní). Chuť je přímý příjem sladkého, slaného, hořkého a kyselého pocitu prostřednictvím chuťových pohárků na jazyku. Všechny tyto smysly jsou vjemovým procesem v mozku. Mozek je vůbec nejsložitější strukturou, kterou známe. Poskytuje lidem neskutečné množství kapacit a zdrojů (přemýšlení, vzpomínání, uvažování, rozhodování).

Naučené chování je vlastnost lidského chování, kdy se lidská výkonnost nutně zvyšuje s praxí (hraní šachů, programování...), vyžadující koordinovanou činnost. Pozornost je definovaná jako vlastnost lidského chování, která nastane, když se člověk soustředí na jednu věc a nemůže se soustředit na další.

Mnoho problémů HCI je zkoumáno pomocí modelování interakce, kde je základem model zjednodušující realitu. Termín „model“ se používá volně, bez jasné a jednoduché definice. Modely, které popisují jevy, se nazývají deskriptivní modely. Modely předpovídající jevy jsou prediktivní modely. V HCI existuje mnoho příkladů modelů, ale nejznámější je tzv. Key-action model, uvažující o fungování a organizaci například tlačítek na klávesnici. Prediktivní modely jsou známy tím, že jsou to rovnice předpovídající výsledek proměnné na základě hodnoty jedné nebo více proměnných. Proto se v těchto modelech setkáme s Fittsovým zákonem – empirickým modelem vysvětlujícím rychlost přesnosti. V prediktivních modelech se také setkáme s tzv. „Skill acquisition“ modelem (volný překlad do češtiny ‚model akviziční dovednosti‘), který popisuje vztah mezi dovednostmi a praxí.

Když tyto jednotlivé prvky spojíme, vzniká Human-computer interaction – interakce člověka a počítače, jejich vzájemná spolupráce.

Použité informační zdroje

1. Asakawa, C., & Takagi, H. (2007). Text entry for people with visual impairments. In I. S.
2. Bailey, R. W. (1996). *Human Performance Engineering: Designing High Quality, Professional User Interfaces for Computer Products, Applications, and Systems* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
3. Bodnar, A., Corbett, R., & Nekrasovski, D. (2004). AROMA: Ambient awareness through olfaction in a messaging application. *Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces*. New York: ACM. 183–190.
4. Bouch, A., Kuchinsky, A., & Bhatti, N. (2000). Quality is in the eye of the beholder: Meeting users' requirements for internet quality of service. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI 2000*. New York: ACM. 297–304.
5. 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 2006*. New York: ACM. 653–662.
6. Buxton, W. (1983, January). Lexical and pragmatic considerations of input structures. *Computer Graphics*, 31–37.
7. Callahan, J., Hopkins, D., Weiser, M., & Shneiderman, B. (1988). An empirical comparison of pie vs. linear menus. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI '88*. New York: ACM. 95–100.
8. Card, S. K., Mackinlay, J. D., & Robertson, G. G. (1991). A morphological analysis of the design space of input devices. *ACM Transactions on Office Information Systems*, 9, 99–122.
9. Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
10. Carroll, J. M., & Thomas, J. C. (1982). Metaphor and the cognitive representation of computing systems. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, 12, 107–116.

11. Casey, S. M. (1998). *Set Phasers on Stun: And Other True Tales of Design, Technology, and Human Error* (2nd ed.). Santa Barbara, CA: Aegean Publishing Company.
12. Casey, S. M. (2006). *The Atomic Chef: And Other True Tales of Design, Technology, and Human Error*. Santa Barbara, CA: Aegean Publishing Company.
13. Cooper, A., & Riemann, R. (2003). *About face 2.0: The Essentials of Interaction Design*. Indianapolis: Wiley.
14. Czerwinski, M., Horvitz, E., & Wilhite, S. (2004). A diary study of task switching and interruptions. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI 2004*. New York: ACM. 175–182.
15. Časopis pro humanitní a společenské vědy: Souvislosti a aspekty vztahu informační a kognitivní vědy [online]. Mgr. Věra Pilecká, 2007, 12(2008121602) [cit. 2017-02-19]. ISSN 1801-8785. Dostupné z: <http://clovek.ff.cuni.cz/view.php?cisloclanku=2008121602>
16. Daniels, P. T., & Bright, W. (Eds.). (1996). *The World's Writing Systems*. New York: Oxford University Press.
17. English, W. K., Engelbart, D. C., & Berman, M. S. (1967). Display selection techniques for text manipulation. *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics*, HFE-8(1), 5–15.
18. Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2008). *Kognitivní psychologie*. Praha: Portál.
19. Fitts, P. M., & Posner, M. I. (1968). *Human Performance*. Belmont, CA: Brooks/Cole Publishing Company.
20. Fitts, P. M., & Seeger, C. M. (1953). S-R compatibility: Spatial characteristics of stimulus and response codes. *Journal of Experimental Psychology*, 46, 199–210.
21. Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381–391.
22. Forlines, C., & Balakrishnan, R. (2008). Evaluating tactile feedback and direct vs. Indirect stylus input in pointing and crossing selection tasks. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI*

2009. New York: ACM. 1563–1572.
23. FRIEDENBERG, Jay. a Gordon. SILVERMAN. *Cognitive science: an introduction to the study of mind*. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications, c2006. ISBN 14-129-2568-1.
24. Goldstein, M., Chincholle, D., & Backström, M. (2000). Assessing two new wearable input paradigms: The finger-joint-gesture palm-keypad glove and the invisible phone clock. *Personal and Ubiquitous Computing*, 4, 123–133.
25. Gong, J., Tarasewich, P., & MacKenzie, I. S. (2008). Improved word list ordering for text entry on ambiguous keyboards. *Proceedings of the Fifth Nordic Conference on Human-Computer Interaction—NordiCHI 2008*. New York: ACM. 152–161.
26. Gray, W. D., & Boehm-Davis, D. A. (2000). Milliseconds matter: An introduction to microstrategies and to their use in describing and predicting interactive behaviour. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6, 322–335.
27. Greene, J., & Haidt, J. (2002). How (and where) does moral judgment work? *Trends in Cognitive Science*, 6(1), 517–523.
28. Grinter, R., & Eldridge, M. (2003). Wan2tlk? Everyday text messaging. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI 2003*. New York: ACM. 441–448.
29. Halligan, P. W., Zemen, A., & Berger, A. (1999). Phantoms in the brain: Question and assumption that the adult brain is “hard wired.”. *British Medical Journal*, 4, 587–588.
30. Hancock, M. S., & Booth, K. S. (2004). Improving menu placement strategies for pen input. *Proceedings of Graphics Interface 2004*. Toronto: Canadian Information Processing Society. 221–230.
31. Harada, S., Landay, J. A., Malkin, J., Li, X., & Bilmes, J. A. (2006). The vocal joystick: Evaluation of voice-based cursor control techniques. *Proceedings of the ACM Conference on Computers and Accessibility—ACCESS 2006*. New York: ACM. 187–204.
32. HCI, Obor. Vyhledávání informací II. Uživatelské rozhraní a vlivy oboru “hu-

- man-computer interaction”. 2001, dostupné z:
<http://full.nkp.cz/nkkr/NKKR0102/0102081.html>
33. Hegel, R., Krach, S., Kircher, T., Wrede, B., & Sagerer, G. (2008). Theory of mind (TMD) on robots: A functional neuroimaging study. Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction—HRI 2008. New York: ACM. 335–342.
 34. Hodgson, G. M., & Ruth, S. R. (1985, July). The use of menus in the design of on-line systems: A retrospective view. SIGCHI Bulletin, 16–22.
 35. Howes, A., & Payne, S. J. (1990). Display-based competence: Towards user models for menu-driven interfaces. International Journal of Man-Machine Studies, 33, 637–655.
 36. *Human-computer interaction: an empirical research perspective*. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications, c2006. ISBN 978-012-4058-651.
 37. CHALUPA, B. *Studie z kognitivní psychologie*. Brno: Litera, 2011. 1. vyd. 199s. ISBN 978-80-85763-65-2
 38. Chapanis, A. (1965). Man-machine engineering. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
 39. Igarashi, T., & Hughes, J. F. (2001). Voice as sound: Using non-verbal voice input for interactive control. Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology—UIST 2001. New York: ACM. 155–156.
 40. Isokoski, P., & Käki, M. (2002). Comparison of two touchpad-based methods for numeric entry. Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI 2002. New York: ACM. 25–32.
 41. Johnson, J. (2007). GUI bloopers 2.0. San Francisco: Morgan Kaufmann.
 42. Johnson, J., Roberts, T. L., Verplank, W., Smith, D. C., Irby, C., & Beard, M., et al. (1989, Sept.). The xerox star: A retrospective. IEEE Computer, 22, 11–29.
 43. Kabbash, P., MacKenzie, I. S., & Buxton, W. (1993). Human performance using computer input devices in the preferred and non-preferred hands. Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems—INTERCHI '93. New York: ACM. 474–481.

44. Kantowitz, B. H., & Sorkin, R. D. (1983). *Human factors: Understanding People-System Relationships*. New York: Wiley.
45. Kantowitz, B. H., & Sorkin, R. D. (1983). *Human factors: Understanding People-System Relationships*. New York: Wiley.
46. Keele, S. W. (1973). *Attention and Human Performance*. Pacific Palisades, CA: Goodyear Publishing Company, Inc.
47. Kurtenbach, G. P., Sellen, A. J., & Buxton, W. A. S. (1993). An empirical evaluation of some articulatory and cognitive aspects of marking menus. *Human-Computer Interaction*, 8, 1–23.
48. Li, Y., Hinckley, K., Guan, Z., & Landay, J. A. (2005). Experimental analysis of mode switching techniques in pen-based user interfaces. *Proceedings of the ACM SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems—CHI 2005*. New York: ACM. 461–470.
49. Lindeman, R. W., Sibert, J. L., Mendez-Mendez, E., Patil, S., & Phifer, D. (2005). Effectiveness of directional vibrotactile cuing on a building-clearing task. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI 2005*. New York: ACM. 271–280.
50. MacKenzie & K. Tanaka-Ishii (Eds.), *Text entry systems: Mobility, accessibility, universality* (pp. 304–318). San Francisco: Morgan Kaufmann.
51. MacKenzie, I. S. (1992). Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction. *Human-Computer Interaction*, 7, 91–139.
52. MacKenzie, I. S. (2003). Motor behaviour models for human computer interaction. In J. M. Carroll (Ed.), *HCI Models, Theories, and Frameworks: Toward a Multidisciplinary Science* (pp. 27–54). San Francisco: Morgan Kaufmann.
53. MacKenzie, I. S., & Soukoreff, R. W. (2002). Text entry for mobile computing: Models and methods, theory and practice. *Human-Computer Interaction*, 17, 147–198.
54. Mappus, R. L., Venkatesh, G. R., Shastry, C., Israeli, A., & Jackson, M. M. (2009). An fNIR based BMI for letter construction using continuous control. *Extended Abstracts of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI 2009*. New York: ACM. 1001–1002.

- ting Systems—CHI 2009. New York: ACM. 3571–3576.
55. MCCULLOCH, WARREN S. a WALTER PITTS. A LOGICAL CALCULUS OF THE IDEAS IMMANENT IN NERVOUS ACTIVITY. *Bulletin of Mathematical Biophysics* [online]. 1943, 1943(Vol. 5), 17 [cit. 2017-02-20]. Dostupné z:
<http://www.cs.cmu.edu/~./epxing/Class/10715/reading/McCulloch.and.Pitts.pdf>
56. McQueen, C., MacKenzie, I. S., & Zhang, S. X. (1995). An extended study of numeric entry on pen-based computers. *Proceedings of Graphics Interface'95*. Toronto: Canadian Information Processing Society. 215–222.
57. Meyer, D. E., Smith, J. E. K., Kornblum, S., Abrams, R. A., & Wright, C. E. (1990). Speedaccuracy tradeoffs in aimed movements: Toward a theory of rapid voluntary action. In M. Jeannerod (Ed.), *Attention and Performance XIII*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
58. Miller, G. A. (1956). The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81–97.
59. Newell, A. (1990). *Unified Theories of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
60. Newell, A., & Rosenbloom, P. S. (1981). Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive Skills and their Acquisition* (pp. 1–55). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
61. Norman, D. A. (1988). *The Design of Everyday Things*. New York: Basic Books.
62. Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97–113.
63. Oulasvirta, A., Tamminen, S., Roto, V., & Kuorelahti, J. (2005). Interaction in 4-second bursts: The fragmented nature of attentional resources in mobile HCI. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI 2005*. New York: ACM. 919–928.
64. Pan, B., Hembrooke, H. A., Gay, G. K., Granka, L. A., Feusner, M. K., & Newman, J. K. (2004). The determinants of web page viewing behavior: An

- eye-tracking study. Proceedings of the ACM Symposium on Eye Tracking Research and Applications—ETRA 2004. New York: ACM. 147–154.
65. PECINOVSKÝ, Rudolf. 2016. Instrukce pro tvorbu semestrálních a závěrečných prací. VŠE FIS KIT.
66. Penfield, W., & Rasmussen, T. (1990). The Cerebral Cortex of Man: A Clinical Study of Localization of Function. New York: Macmillan.
67. Pew, R. W., & Baron, S. (1983). Perspectives on human performance modelling. *Automatica*, 19, 663–676.
68. PILECKÁ, Věra. Kognitivní aspekty procesu vyhledávání informací. Ikaros [online]. 2006, roč. 10, č. 9 [cit. 2007-07-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.ikaros.cz/node/3592>>. URN-NBN:cz-ik3592. ISSN 1212-5075.
69. Richtel, M. (2009, July 28). In study, texting lifts crash risk by large margin, The New York Times, A1, Retrieved 21/23/11 from <<http://www.nytimes.com/2009/2007/2028/technology/2028texting.html>>.
70. Rümelin, S., Rukzio, E., & Hardy, R. (2012). NaviRadar: A tactile information display for pedestrian navigation. Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology—UIST 2012. New York: ACM. 293–302.
71. Sáenz, M., & Sánchez, J. (2009). Indoor position and orientation for the blind. Proceedings of HCI International 2007. Berlin: Springer. 236–245.
72. SEDLÁKOVÁ, Miluše. *Vybrané kapitoly z kognitivní psychologie*, Praha: GRADA Publishing, a.s., 2004. ISBN 80-247-0375-0
73. Shannon, C. E. (1951). Prediction and entropy of printed English. *Bell System Technical Journal*, 30, 50–64.
74. Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2005). Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction (4th ed.). New York: Pearson.
75. Silfverberg, M., MacKenzie, I. S., & Korhonen, P. (2000). Predicting text entry speed on mobile phones. Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI 2000. New York: ACM. 9–16.
76. STERNBERG, R. *Kognitivní psychologie*. Praha: Portál, 2009. 2 vyd. 640s. ISBN 978-80-7367-638-4

77. Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The Elements of Style* (4th ed.). Needham Heights, MA: Pearson.
78. Talbot, M., & Cowan, W. (2009). On the audio representation of distance for blind users. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI 2009*. New York: ACM. 1839–1848.
79. Tatler, B. W., Wade, N. J., Kwan, H., Findlay, J. M., & Velichkovsky, B. M. (2010). Yabus, eye movements, and vision. *i-Perception*, 1, 7–27.
80. TDKIV - Česká terminologická databáze z oblasti knihovnictví a informační vědy (báze KTD) [online]. 2002. Praha: Národní knihovna České republiky, Odbor knihovnictví, c2002- [cit. 2005-11-06]. Dostupný z WWW: <http://www.nkp.cz/o_knihovnach/Slovník/index.htm>.
81. Turing, A. M. Computing machinery and Intelligence. Loebner.net [online]. Oxford University: Mind, 1950 [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: <http://loebner.net/Prize/TuringArticle.html>
82. Van Cott, H. P., & Kinkade, R. G. (Eds.). (1972). *Human Engineering Guide to Equipment Design*. U.S. Government Printing Office.
83. Vertanen, K., & Kristensson, P. O. (2009). Parakeet: A continuous speech recognition system for mobile touch-screen devices. *Proceedings of the ACM Conference on Intelligent User Interfaces—IUI 2009*. New York: ACM. 237–246.
84. Vogel, D., & Balakrishnan, R. (2010). Direct pen interaction with a conventional graphical user interface. *Human-Computer Interaction*, 25, 324–388.
85. Vogel, D., & Baudisch, P. (2007). Shift: A technique for operating pen-based interfaces using touch. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems—CHI 2007*. New York: ACM. 657–666.
86. von Neumann, John The general and logical theory of automata. *Cerebral Mechanisms in Behavior. The Hixon Symposium*, pp. 1–31; discussion, pp. 32–41. John Wiley & Sons, Inc., New York, N. Y.; Chapman & Hall, Ltd., London, 1951.
87. Welford, A. T. (1968). *Fundamentals of Skill*. London: Methuen.
88. Wickens, C. D. (1987). *Engineering Psychology and Human Performance*. New

York: HarperCollins.

89. Zhang, X., & MacKenzie, I. S. (2007). Evaluating eye tracking with ISO 9241—Part 9. Proceedings of HCI International 2007. Heidelberg: Springer. 779–788.