

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra managementu

Business dashboardy pracující s pozorností uživatele
Eye-tracking technologie jako nástroj pro podporu rozhodování
znalostních pracovníků

Disertační práce

Autor: Ing. Denis Šefara

Studijní program: P6209

Studijní obor: Informační a znalostní management

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

Prohlášení:

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

V Hradci Králové dne 21.10.2022

Denis Šefara

Poděkování:

Děkuji školiteli disertační práce prof. PhDr. Marku Fraňkovi, CSc., Ph.D., za metodické vedení práce.

Anotace

Efektivní rozhodování je důležité pro každý úspěšný podnik. Rozhodovací proces je z IT pohledu často podpořen Business Intelligence nástroji, např. dashboardy. Dnešní pracovní prostředí však nutí pracovníky zvládat simultánně vícero aktivit a plynule mezi nimi přesouvat pozornost. Tato přerušování činností mohou snižovat efektivitu práce, stimulovat neoptimální rozhodnutí manažerů a vyústit tak v pro podnik negativní ekonomické dopady. V literatuře lze rovněž spatřovat odklon od zaměření na technické aspekty práce s daty k těm kognitivním. Efektivita a kognitivní podpora práce s vizualizovanými daty je tak považována za atraktivní oblast výzkumu. Existují pilotní návrhy stimulů pracujících s pozorností uživatele, tyto by pomocí doplňkových vizualizací měly podpořit uživatele v navázání na dříve přerušenu činnost. Jedním ze způsobů, jak vyhodnocovat uživatelskou pozornost je eye-tracking. Disertační práce analyzuje a shrnuje současný stav výzkumu na pomezí HCI a BI a využívá eye-tracking technologii v ověření snížené efektivity práce s business dashboardy vlivem přerušování, v konstrukci dashboardu obohaceného o funkcionality práce s pozorností uživatele (dle návrhů z literatury i vlastních) a v ověření použitelnosti takového nástroje. Výsledky práce potvrzují negativní vliv externích přerušování na efektivitu práce s kognitivně náročnými stimuly typu business dashboardů pomocí konvenčních metrik jako je čas nutný ke splnění úkolu, ale i ve způsobu prohlížení reflektovaném skrze eye-tracking metriky a automatizovanou detekci výrazů v obličeji. Dále potvrzují vliv podpůrných vizualizací na způsob prohlížení reflektovaný eye-tracking daty. Na základě výstupů jsou formulovány přínosy a možné směry dalších výzkumných aktivit.

Annotation

Title: Attention-aware dashboards – Eye-tracking technology as a decision supporting tool for knowledge workers

Effective decision making is essential for every business. Decision making process IT support is often ensured by Business Intelligence tools, e.g., Dashboards. Today's working environment demands knowledge workers to multi-task and swiftly move their attention between activities. Such interruptions could lower working efficiency, stimulate suboptimal executives' decisions and lead to negative business economic impacts. The focus of literature seems to be shifting from technical aspects of working with data to cognitive ones. Working with visualised data efficiency and cognitive support thus seems to be promising research area. Pilot attention-aware stimuli drafts exists, such tools could help users with their visual feedback to continue with activity interrupted before. One way to evaluate users' attention is eye-tracking. Dissertation analyses and summarises current state of the art in the overlap of HCI and BI domains and utilizes eye-tracking technology in interrupted dashboard tasks lowered work efficiency, developing attention-aware dashboard (based both on literature proposal and own) and usability evaluation of such utility. Results confirm external interruptions negative impacts to work efficiency with cognitively complex stimuli such as business dashboards. Results are represented not only by usual metrics such as task completion time, but also with means of eye-tracking metrics and automated facial recognition algorithms. Moreover, the results confirm assistive visualizations impacts to user eye-movements. Based on the outputs, thesis benefits & ways of possible further research are formulated.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Popis současného stavu řešeného tématu.....	4
2.1	Eye-tracking.....	6
2.1.1	Eye-tracking metriky.....	8
2.1.2	Eye-tracking v business kontextu	9
2.2	Biometrická sensorika	9
2.2.1	GSR – Galvanický odpor kůže.....	10
2.2.2	Facial expression recognition – Rozpoznávání výrazu obličeje	10
2.3	Reprezentace dat a vizualizace informací.....	11
2.3.1	Práce s grafy, tabulkami.....	13
2.3.2	Dashboardy.....	14
2.4	Efektivita práce s nástroji pro podporu rozhodování	16
2.4.1	User interface a pozornost uživatele	17
2.4.2	Dashboard design.....	18
2.4.3	Eye-tracking a nástroje pro podporu rozhodování.....	20
2.4.4	Nucený multitasking a rozhodování	20
2.4.5	Uživatelská rozhraní pracující s pozorností.....	22
2.5	Shrnutí současného stavu problematiky, výzkumná motivace.....	26
2.6	Kvantifikace efektivity práce, způsobu prohlížení a řešení úkolu.....	28
2.6.1	Metriky založené na čase a úspěšnosti respondentů	28
2.6.2	Metriky založené na biometrických údajích	28
3	Cíle práce	30
4	Volba metodologie, popis řešení	31
4.1	Návrh experimentálního stimulu pro experiment 1	32
4.1.1	Vizuální aspekty dashboardu.....	32

4.1.2	Obsahové aspekty dashboardu	35
4.1.3	Testovací business dashboard.....	37
4.1.4	Simulované přerušení.....	40
4.2	Metodika Experimentu 1.....	44
4.2.1	Design studie a statistický aparát.....	45
4.2.2	Výběr souboru respondentů	46
4.2.3	Použité technologie.....	47
4.2.4	Procedura	48
4.3	Obohacení testovacího stimulu o práci s pozorností uživatele.....	51
4.3.1	Attention-aware dashboard dle Toreiniho a kol.	51
4.3.2	Attention-aware dashboard dle autora práce	54
4.4	Metodika Experimentu 2.....	58
4.4.1	Design studie a statistický aparát.....	59
4.4.2	Výběr souboru respondentů	59
4.4.3	Použité technologie.....	60
4.4.4	Procedura	60
5	Experiment 1 – výsledky výzkumu.....	61
5.1	Soubor	61
5.1.1	Validace dat.....	62
5.2	Hypotéza H1 ₀ : Čas nutný pro splnění zadaného úkolu je pro skupiny s a bez přerušení shodný	64
5.3	Hypotéza H2 ₀ : Počet odpovědí pro nalezení řešení je pro skupiny s a bez přerušení shodný.....	66
5.4	Hypotéza H3 ₀ : Průměrné počty fixací v čase jsou pro skupiny s a bez přerušení shodné	68
5.4.1	Průměrné počty fixací za prvních 90 s prohlížení	70

5.4.2	Průměrné počty fixací v prvních 15 s po návratu z přerušení.....	72
5.4.3	Průměrné počty fixací v prvních 10 s po návratu z přerušení – zjednodušený model.....	75
5.5	Hypotéza H4 ₀ : Projevy negativní emoční valence v čase jsou pro skupiny s a bez přerušení shodné	78
5.6	Shrnutí výsledků Experimentu 1	80
6	Experiment 2 – výsledky výzkumu.....	82
6.1	Soubor	82
6.1.1	Validace dat.....	83
6.2	Hypotéza H1 ₀ : Čas nutný pro splnění úkolu je pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodný.....	84
6.3	Hypotéza H2 ₀ : Počet odpovědí pro nalezení řešení je pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodný.....	86
6.4	Hypotéza H3 ₀ : Průměrné počty fixací v čase jsou pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodné.....	87
6.4.1	Průměrné počty fixací za prvních 90 s prohlížení	90
6.4.2	Průměrné počty fixací v prvních 15 s po návratu z přerušení.....	92
6.5	Hypotéza H4 ₀ : Projevy negativní emoční valence v čase jsou pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodné.....	97
6.6	Shrnutí výsledků Experimentu 2	99
7	Diskuse	102
7.1	Ověření snížené efektivity práce s business dashboardy vlivem externích přerušení.....	102
7.2	Návrh a vývoj prototypu attention-aware dashboardu.....	105
7.3	Ověření efektivity attention-aware dashboardu.....	106

8	Závěr.....	111
9	Seznam použité literatury.....	112
9.1	Vlastní publikace disertanta související s tématem	129
9.1.1	Výstupy typu J.....	129
9.1.2	Výstupy typu D	129

Seznam používaných symbolů a zkratek, popř. pojmů (řazených abecedně)

2D – dvoudimenzionální, dvourozměrný

ANOVA – Analysis of Variance, Analýza rozptylu, statistická metoda

AOI – Area Of Interest, dílčí sekce stimulu stanovená pro potřeby eye-tracking analýzy

API – Application Programming Interface, rozhraní pro programování aplikací

Attentional blindness – nezamýšlené přehlédnutí části stimulu

Attention-aware (UI) - uživatelská rozhraní podporují uživateli kognitivní procesy

BI – Business Intelligence, aktivity cílené na sběr, uchování, zpracování a analýzu dat relevantních pro podporu business rozhodování

BigData – Velká data, soubory dat, jejichž velikost je mimo schopnosti zachycovat, spravovat a zpracovávat data běžně používanými softwarovými prostředky v rozumném čase

BIV – Business Information Visualization, grafická rozhraní umožňující sběr, sumarizaci a prezentaci business informací z pro podporu rozhodovatelů

CI – Confidence interval, interval spolehlivosti

Cognitive fit theory – teorie reflektující důležitost formy reprezentace dat s ohledem na zadání řešeného úkolu

Customizovatelný - uživatelem nastavitelný, konfigurovatelný

Dashboard – Nástroj pro grafickou reprezentaci podnikových dat pro podporu rozhodování

Decision maker – osoba, která dělá rozhodnutí

Decision support system – systém pro podporu rozhodování

EDA – Electrodermal activity, vodivost pokožky a odezva sympatického nervového systému

EEG – Electroencephalography, metoda snímání mozkové aktivity

ERP – Enterprise resource planning, plánování podnikových zdrojů, informační systém pro podniky a organizace

Eye-tracker – Zařízení využívané k měření očních pohybů

Eye-tracking – Technologie umožňující detekovat uživatelské pohyby očí, objektivní metoda měření a kvantifikace očních pohybů

Facial expression recognition – Algoritmizované rozpoznávání výrazu obličeje

FACS – Facial Action Coding System, metoda klasifikace pohybů obličejových svalů

Fixace – zaměření oka pomocí jeho svalů na specifickou oblast zájmu po určitý čas

Fixation-map – fixační mapa, agregovaná vizualizace očních fixací

fNIRS – Functional near-infrared spectroscopy, metoda snímání mozkové aktivity

F-pattern – F-vzorec prohlížení stimulu vycházející s obvyklého postupu čtení, zleva doprava, svrchu dolů

Gaze plot – agregovaná vizualizace očních fixací reflektující jejich pořadí a doby

GSR – Galvanic skin response, galvanický odpor kůže

HCI – Human Computer Interaction, komunikace mezi člověkem a počítačem

Heat map – Teplotní mapa fixací, agregovaná vizualizace očních fixací reflektující nejčastěji fixovaná místa

HW – hardware

Change blindness – nezamýšlené přehlédnutí změn pozorovaného stimulu

Check-box – zaškrťovací pole, ovládací prvek grafického uživatelského rozhraní, který uživateli umožňuje provést binární volbu

Interface – rozhraní (uživatelské, grafické, komunikační)

Interruption lag – čas nutný k odklonu od primární činnosti k přerušujícímu úkolu

KPI - key performance indicator, klíčový ukazatel výkonosti

MANOVA – Multivariate analysis of variance, Multivariační analýza rozptylu, statistická metoda

Mind wandering – tvorba s činností nesouvisejících myšlenek

MIS systémy – Management Information Systems, informační systémy, které zpracovávají údaje za účelem zkvalitnění vedení organizace

Multitasking – zpracování více činností simultánně

Real-time analýza – analýza (dat) v reálném čase

Resumption lag – Čas nutný pro navázání na přerušenou činnost

Sakáda – rychlé pohyby oka mezi fixacemi

Salience – míra nápadnosti, respektive rychlost, s jakou podněty z okolí upoutávají pozornost

Scan path – viz Gaze-plot

SMA – Simple Moving Average, jednoduchý klouzavý průměr

Stand-alone aplikace – počítačový program (software), který lze spustit z přenosného zařízení bez nutnosti instalace

UI – User Interface, uživatelské rozhraní

UX – User Experience, sada technik, metod a pravidel, pro návrh uživatelského prostředí

1 Úvod

Dnešní ERP systémy generují obrovské množství business dat. Na tato data je v moderních organizacích často nahlíženo jako na prvek IT infrastruktury, který nejen že poskytnutými informacemi pomáhá business procesům a celé strategii podniku, ale přímo je formuje (Bačić a Fadlalla, 2016). Použití informačních systémů a dat k řízení podnikových rozhodnutí bylo vždy jednou z klíčových disciplín oboru informačních systémů (Calitz, Bosire a Lane, 2012). Za zastřešující pojem lze v tomto kontextu označit termín Business Intelligence (BI), souhrnně charakterizující aktivity cílené na sběr, uchování, zpracování a analýzu dat relevantních pro podporu rozhodování (Bačić a Fadlalla, 2016).

Efektivní rozhodování je důležitým požadavkem pro každý podnik, a právě nástroje patřící do skupiny BI jsou využíváným pomocníkem pro jeho podporu (Watson, 2009). Zájem o tyto nástroje dlouhodobě vzrůstá, mimo jiné i v souvislosti s novými technologickými možnostmi jako např. real-time analýza podnikových dat apod (Chen, Chiang a Storey, 2012). Existují samozřejmě výjimky (Wixom, Watson, Reynolds a Hoffer, 2008; Hannon, 2012), ale spousta firem zjišťuje, že dosažení konkurenční výhody, přesnějšího vhledu do jejich odvětví apod. skrze investice do IT nemá takovou návratnost, v jakou byly původně vkládány naděje (Bačić a Fadlalla, 2016). I tak však business intelligence a obdobné analytické nástroje často zůstávají investiční prioritou číslo jedna (Gartner, 2015).

Nejen díky neustálému technologickému vývoji, růstu výpočetního výkonu, kapacit úložišť apod. dochází v oblasti business intelligence k určité tranzici výzkumného zaměření. Od tradičního, zabývajícího se zmíněnými technickými aspekty práce s daty, k praktickému, soustředícímu se na způsob konzumace nasbíraných dat a proces tvorby znalostí z nich (Bačić a Fadlalla, 2016). Samostatnou kapitolu tohoto procesu jsou proto otázky, jak uživatelé data poskytovaná těmito nástroji vnímají nebo jaký tyto moderní technologie založené na agregaci dat a vizualizaci informací mohou mít vliv na business úsudek uživatelů a jejich rozhodování. Tyto a podobné aspekty se totiž zdají být stejně důležité, ne-li důležitější, než zpracování a uchování dat samotných (Bačić a Fadlalla, 2016).

Data a informace zpracovávaná BI nástroji bývají vizualizována pomocí tzv. BI dashboardů. Dashboards reprezentují informace z agregovaných podnikových dat graficky nebo pomocí klíčových ukazatelů výkonosti tzv. KPI (Scheps, 2011) a podporují tak manažerské rozhodování. Celá řada dodavatelů celopodnikových systémů zahrnuje tyto a obdobné nástroje pro podporu rozhodování do svých řešení (Calitz, Bosire a Lane, 2012). Díky jejich vlivu na manažery, jejich rozhodování a tím i na podniky samotné jsou tyto dashboardy, resp. jejich vizuální část často předmětem zkoumání (Howson, 2008; Dudycz, 2010).

V dnešním business světě jsou ovšem na znalostní pracovníky kladeny čím dál náročnější požadavky, jedním z příkladů je např. multitasking, tedy potřeba zvládat několik aktivit na ráz a ideálně mezi nimi plynule dle potřeby pozornost přesouvat (Czerwinski, Horvitz a Wilhite, 2004; Mark, Gonzalez a Harris, 2005). Neustále přesouvání pozornosti mezi různými úkoly, zařízeními, udržování povědomí o činnostech kolegů, podřízených atd., tyto a další aspekty rychlé, moderní doby dělají z práce v pracovním prostředí současnosti činnost náročnou na zpracování velkého množství informací. Právě častá přerušování pracovního úkonu často vyústí v nezdar při snaze se efektivně vrátit k původní činnosti. Pracovník zapomene, kde myšlenkově skončil, nebo se k rozpracovanému úkonu již nevrátí a následně je nucen začít myšlenkový proces zcela znovu. O obecné neefektivitě práce zaměstnanců plynoucí z těchto jevů a s ní spojených ekonomických dopadech nemůže být pochyb (Altmann a Trafton, 2004). Manažeři, jakožto zaměstnanci na klíčových pozicích, jsou zpravidla multitaskingem vytíženi o poznání více než jejich podřízení. Právě tato skupina využívá BI a analytické dashboardy jako podpůrné nástroje pro jejich strategická rozhodnutí (Holzinger, 2013). Zde již ale nemusí jít pouze o sníženou efektivitu jejich práce, ale vlivem snížených možností soustředit se na daný rozhodovací problém, může vlivem neustálého přerušování jejich myšlenkového toku dojít ke zkreslenému úsudku a tím k neoptimálnímu rozhodnutí (Toreini, Langner a Maedche, 2018).

V průniku disciplín Human-computer interaction (HCI) a Business intelligence se skrývá potenciál právě pro podporu řídicích pracovníků (Holzinger, 2013), kdy literatura (Toreini a Morana, 2017) předkládá návrhy business dashboardů, které

pracují s pozorností uživatele. Takové dashboardy implementují funkce vyhodnocující uživatelskou pozornost při práci s nimi a na základě nich, pomocí doplňkových vizualizací pomáhají uživateli myšlenkově navázat na prvky dashboardu sledované před přerušением činnosti, čímž podporují a rozšiřují uživatelské kognitivní a percepční schopnosti (Bacic a Fadlalla, 2013). Popsané specifické vlastnosti těchto tzv. attention-aware dashboardů by pak mohly napomoci vyšší efektivitě a objektivitě manažerských rozhodnutí (Yigitbasioglu a Velcu, 2012).

Jedním ze způsobů, jak vyhodnocovat uživatelskou pozornost vůči pozorovanému stimulu je eye-tracking. Myšlenková pozornost souvisí s místy, které pozorujeme (Kowler, 2011), pomocí eye-trackeru lze také jednoduše detekovat, zda uživatel pozoruje stimul zobrazený na monitoru počítače, v tomto kontextu aplikaci, business dashboard. Data nasbíraná eye-tracking technologií při práci uživatele s dashboardem lze v reálném čase zpracovávat a následně a např. v momentě, kdy je uživatelská původní činnost přerušena externím vlivem, je použít ke konstrukci a zobrazení vizuálních vodítek ve stimulu. Tímto způsobem lze uživateli pomoci s rychlejším navázáním původní činnosti a stimulovat tak efektivitu jejího řešení (Toreini, Langner a Maedche, 2018). Pro zjednodušenou ilustraci obdobného nástroje pro každodenní použití lze zmínit *EyeBookmark* (Jo, Kim a Seo, 2015). Toto řešení využívá eye-tracking technologii při čtení elektronických knih. Pokud uživatel čtečku elektronické knihy odloží, po jeho návratu technologie zvýrazní řádku strany knihy, kterou uživatel četl naposled.

Díky technologickému pokroku nejsou dnešní eye-trackery pouze devízou vědeckých pracovišť, základní modely, které svojí přesností měření popsanému záměru plně vyhovují, jsou cenově dostupné, často již součástí notebooků. Jejich utilizace pro reálné využití na pracovišti není tedy pouze hudbou budoucnosti (Toreini, Langner a Maedche, 2018).

2 Popis současného stavu řešeného tématu

Důležitost nástrojů pro vizualizaci business dat a technologií pro podporu rozhodování lze ilustrovat marketingovými kampaněmi jejich výrobců, kdy pojmy jako reporting, ad-hoc analýza, dashboardy jsou často hlavními lákadly pro nákup daného BI systému (Bačić a Fadlalla, 2016). Jak již bylo zmíněno v úvodu, z akademických pramenů je v této doméně patrný nový proud s předmětem zájmu v interakci člověka a počítače (Holzinger, 2013), tedy při zpracování těchto dat nikoliv počítačem z pohledu technologie apod., ale lidským vědomím.

Úkolem business intelligence nástrojů je pomoci, nebo spíše umožnit uživatelům zpracovat rozsáhlá množství podnikových dat během jejich rozhodování ať již o operativních procesech, organizačních operacích nebo budoucnosti podniku jako takové. Cílem je tedy zlepšit smysluplnost, včasnost a celkovou kvalitu rozhodovacích vstupů (Negash, 2004), a dodat tak správné informace, správným lidem ve správný čas (Bačić a Fadlalla, 2016). Efektivní rozhodnutí se opírají efektivní BI nástroje obohacující uživateli rozhodovací schopnosti. V tomto ohledu je forma vizualizace dat dle mnohých klíčová (Cleveland, 1985; Kosslyn, 1989; Tufte, Goeler a Benson, 1990).

Při práci s business dashboardy a dalšími, na vizualizaci dat založenými BI aplikacemi, je vyžadováno zapojení mnohých kognitivních procesů a míra mentálního úsilí nutná pro zpracování jimi poskytovaných vjemů může být přímo úměrná jejich designu (Bacic, 2017). Takto vzniklé dopady na kognitivní zpracování informací nástroje mohou ovlivnit samotný rozhodovací proces (Bačić a Fadlalla, 2016).

Přestože literatura na tyto vlivy poukazuje, výzkum zabývající se měřením fyziologické odezvy uživatele při práci s těmito nástroji není příliš frekventovaný. Tím spíše, že z psychologického pohledu může hodnocení vizuálního provedení grafického rozhraní bez měření procesů jako kognitivní zátěže vést k nesprávným závěrům ohledně jeho použitelnosti (Causse a Hurter, 2009). Omezené množství výzkumu v této oblasti kognice, limitů lidské paměti a fyziologických odezev při práci s vizualizovanými business daty představuje vhodnou doménu výzkumu

s příslibem pro nalezení relativně nových zjištění (Bačić, 2018). Takové závěry by mohly napomoci formování základů nástrojů pro podporu rozhodování nové generace.

Aby totiž byla podpora uživatele při rozhodování ze strany BI co nejefektivnější, měly by tyto nástroje samy být svým způsobem inteligentní a pokud možno interagovat s vnímáním a myšlenkovými pochody uživatele, který s nimi pracuje (Bacic a Fadlalla, 2013; Card, 1999). V elementárním pojetí lze popisovanou interakci ilustrovat pomocí práce s pozorností uživatele.

Vyhodnocování pozornosti uživatele je klíčové právě pro exekutivní pracovníky podniku, nejčastěji s business dashboardy pracují právě manažeři. Dashboardy obsahují spoustu agregovaných informací a manažeři mají často jen limitované množství času pro vyhodnocení těchto informací a učinění příslušných rozhodnutí. Ke slovu tak přicházejí aspekty jako např. attentional blindness a change blindness, tedy nezamýšlené přehlédnutí a slepota vůči změnám a podobné, které by mohly snadno vést k neobjektivním rozhodnutím (Toreini a Morana, 2017).

Časová tíseň ale není jediným aspektem ovlivňujícím pozornost, nucený multitasking, ale i reálné pracovní prostředí samotné, tedy prostředí často plné rušivých elementů, je pro udržení dostatečné míry pozornosti nutné k validnímu rozhodování často nehostinné (Gupta, Li a Sharda, 2013; Ou a Davison, 2011).

Toreini a kol. (Toreini a Morana, 2017) proto tyto případy navrhují koncept tzv. attention-aware dashboardů, které s uživatelovou pozorností, jakožto zásadním prvkem při tvorbě rozhodnutí, pracují. Jak navrhuje Toreini a kol. (Toreini, Langner a Maedche, 2018) i v této disertační práci je stěžejní senzorkou pro vyhodnocení uživatelovi pozornosti eye-tracking technologie, tedy technologie umožňující detekovat uživatelovy pohyby očí a tím určit, na které části obrazového stimulu fixuje svůj zrak (Namahn, 2001).

Přestože je eye-tracking používán pro analýzu vizuálních stimulů v mnoha různých odvětvích, v oblasti BI je zatím stále nepříliš používanou metodou (Kurzhal a kol., 2016). Navíc k tradičnímu využití eye-tracking technologie pro usuzování na

použitelnost počítačového software, resp. jeho prezentační vrstvy (Preece, Rogers a Sharp, 2015) nebo vizuálního stimulu obecně, jsou v rámci této práce data z této technologie využita zejména jako nástroj pro podporu uživatele a jeho kognitivních kapacit. Díky neinvazivní povaze měření (Pretorius, van Biljon a de Kock, 2010) a ceně (Toreini, Langner a Maedche, 2018) dnešních eye-trackerů může tak tato architektura inteligentních BI aplikací, jak navrhuje Toreini a kol. (Toreini a Morana, 2017), být rentabilní pro komerční použití již dnes.

V kontextu nástrojů pro vizualizaci business dat často méně reflektované aspekty kognitivních procesů (Causse a Hurter, 2009) jsou obvykle analyzovány pouze subjektivním popisem např. z dotazníkového šetření nebo rozhovoru. Použití sofistikovanějších metod pro posouzení těchto procesů skrze fyziologické reakce jedince tak není v této doméně časté. Aktuální stav výzkumu tedy přímo nabádá k zapojení technologií jako jsou biometrické senzory do analýzy chování uživatele při práci s těmito nástroji pro podporu rozhodování (Bačić, 2018). Z tohoto důvodu jsou experimentální metody této disertační práce doplněny o sběr biometrických dat ve snaze podpořit závěry plynoucí z primárních metrik.

Následující kapitoly poskytují základní vhled do použitých technologií, které jsou za účelem dosažení vytyčených cílů práce využity a aspektů, které je s ohledem na objektivitu výzkumných metod nutno reflektovat.

2.1 Eye-tracking

Eye-tracking je objektivní metoda měření a kvantifikace očních pohybů nacházející využití zejména v oblasti výzkumu lidského chování. Jednou z hlavních devíz eye-trackingu je povaha a kvalita sbíraných dat, která reflektují momentální chování a reakce respondentů (Nesterak, 2018).

Přidanou hodnotu přináší využití eye-trackingu v například oblasti výzkumu trhu. Mnoho společností aktivně využívá eye-tracking k posouzení pozornosti jejich zákazníků vůči klíčovým poselstvím, reklamním sdělením, stejně jako k vyhodnocení designu produktu, balení a celkového customer experience. Kapitola sama o sobě je oblast human-computer interaction (HCI). Ve světě plném laptopů,

tabletů, smart zařízení na každodenní bázi přicházíme do styku s webovými stránkami, mobilními aplikacemi atd. Pro testování jejich použitelnosti, uživatelské přívětivosti a UX je eye-tracking příkladnou metodologií.

Eye-tracking přináší odpovědi na následující otázky ohledně zkoumaných osob:

- Kam a kdy se dívají? Které prvky okamžitě upoutají pozornost?
- Jak dlouho se dívají? Které prvky upoutávají pozornost v porovnání s ostatními?
- Jak postupují při prohlížení? V jakém pořadí si jednotlivých prvků všimají?
- Jakým způsobem se na stránce orientují?
- Které prvky jejich pozornosti unikají?

To vše včetně nezkreslených, podvědomých reakcí. Díky vysokorychlostnímu snímání nezůstane nic skryto.

Pohyby oka se skládají ze sáád a fixací, kdy fixací rozumíme zaměření oka pomocí jeho svalů na specifickou oblast zájmu po určitý čas. Zatímco sáády jsou rychlé pohyby oka mezi fixacemi, tedy mezi jednotlivými body, kde je zrakem zaostřeno (Cowen, Ball a Delin, 2011).

Zařízení využívané k měření očních pohybů se nazývá eye-tracker. Většina dnešních eye-trackerů jsou fotoelektrická zařízení používající infračervené záření. Pohyby očí jsou díky této technologii zaznamenávány skrze změny odrazu infračerveného paprsku směřovaného proti oku respondenta. Odrazy od oční sítnice jsou zaznamenávány specializovanou kamerou nebo jiným optickým senzorem, a zasílány do počítače pro další zpracování. Výhodou tohoto pojetí je absence nutnosti přímého fyzického kontaktu senzoru s respondentem, tím je docíleno neinvazivního měření umožňující do jisté míry i volnosti pohybů hlavy analyzovaného respondenta. Toto řešení umožňuje realizaci experimentů za takřka přirozených podmínek. Tyto fotoelektrické eye-trackery mohou být mobilního typu (připevněny na speciálních brýlích, mobilním telefonu, tabletu apod.) nebo stacionární obvykle pro použití ve spojení s notebookem, PC, případně živou scénérií, kdy je eye-tracker tohoto typu umístěn obvykle nad nebo pod monitorem počítače, případně před respondentem mimo zorné pole vlastní sledované scény (Nesterak, 2018).

Pomocí eye-trackeru jsou získávána data reprezentující, v jakém okamžiku byl který zkoumaný element analyzovaného stimulu respondentem spatřen, okem fixován (Orlov, Laptev a Ivanov, 2014). Tato data lze na úrovni analytických nástrojů dodaných dodávaných přímo s eye-trackignovým hardwarem agregovat a různými způsoby vizualizovat a vytvořit tak např. fixační mapu (gaze plot, fixation map) zobrazující cestu respondentových očí, ilustrující postup při orientace v prezentovaném stimulu. Nasbíraná data mohou být dále agregována a vizualizována např. do podoby teplotních map (heat maps), které znázorňují dobu, kterou uživatel svým pohledem strávil na jednotlivých oblastech stimulu, případně rozdělení intenzity fixací respondenta na stimulu ve zvoleném časovém úseku (Nesterak, 2018).

2.1.1 Eye-tracking metriky

Jak již bylo zmíněno, lidské oko prohlíží okolí díky rychlým pohybům zvaným sakády, momenty zastavení očního pohybu a zaostření jsou nazývány fixacemi. Během sakád je zrakový vjem de facto potlačen, jedinec prakticky nevnímá objekty na trase sakadického pohybu. Během fixací jsou naopak oči takřka bez pohybu a zrak je soustředěn na blízké okolí bodu fixace (Jacob a Karn, 2003; Duchowski A. , 2017).

Typická fixace trvá něco mezi 200 ms až 300 ms (Yarbus, 2013) a je považována za reflexi pozorovateli pozornosti, zájmu (Rayner, 2009), jako ostatně pohyby očí obecně (Rayner, 1998; Kowler, 2011). Z počtu fixací (Bridgeman, Van der Heijden a Velichkovsky, 1994; Jacob a Karn, 2003) v oblasti, nebo z míry rozšíření zorniček (Granholm a Steinhauer, 2004; Beatty, 1982) lze usuzovat na náročnost kognitivního zpracování podnětu (Smuc, 2016; Klingner, Tversky a Hanrahan, 2011).

Eye-tracking metriky lze dělit do následujících kategorií (Kurzahls a kol., 2016):

- Založené na fixacích – počty a doby fixací, časy do první fixace na dané oblasti zájmu (AOI – Areas of interest)
- Odvozené ze sakád
- Založené na mrkání a rozšiřování zorniček (Granholm a Steinhauer, 2004)

- Odvozené z fixačních map (gaze plot) – sekvence fixací a sakád, počty znovu navštívení definovaných AOI

2.1.2 Eye-tracking v business kontextu

Oční pohyby tedy lze do určité míry považovat za aproximaci kognitivních pochodů uživatele obecně (Rayner, 1998) a usuzovat z nich na co zkoumané osoby aktuálně myslí a jaké jsou jejich úmysly (Majaranta a Bulling, 2014). Eye-tracking je proto celosvětově používanou technologií již několik desítek let jak v moderní vědě, tak v komerční sféře (Nesterak, 2018). Studie využívající eye-tracking jsou obvykle zaměřeny na analýzu vzorců chování a práci s pozorností při plnění všedních úkolů jako např. čtení, psaní, hledání informací, prohlížení obrázků, řízení vozidla, apod. (Tobii, 2010), přes marketingově zaměřené use cases týkající se nákupního chování a preferencí, vnímání obalového designu (Gomes, Fischer a Ouzts, 2010), až po oblasti úzce spjaté s informačními technologiemi, jako je UX analýza webových stránek (Nielsen a Pernice, 2010; Bojko, 2006; Cowen, Ball a Delin, 2011), online gaming (eSporty) (Tobii, 2010; Bacic, 2017) a posouzení UX při práci s ERP systémy, jejichž transakční data po agregaci tvoří základ finančních a dalších reportů a pro prezentaci v nejrůznějších formátech prostřednictvím reportingových nástrojů (Calitz, Bosire a Lane, 2012). Díky širokému záběru použití a objektivitě získaných dat se tak eye-tracking stává stále žádanější metodou (Poole a Ball, 2005; Goldberg a Kotval, 1999).

Další příklady využití eye-tracking technologie v předmětné oblasti disertační práce jsou postupně charakterizovány dále v rámci příslušných kapitol.

2.2 Biometrická senzorka

Jak již bylo několikrát zmíněno, způsob, jakým jsou data vizuálně reprezentována v business intelligence aplikacích jako jsou dashboardy hraje klíčovou roli (Bacic, 2017).

Při práci s BI nástroji probíhají na straně uživatele nejrůznější kognitivní procesy, které mohou být celkovým pojetím nástroje pro podporu rozhodování ovlivněny (Bačić a Fadlalla, 2016). Stres, emoce, kognitivní zátěž, tyto a další jevy jsou spojeny

s prací s BI nástroji, neboť úlohy řešené s jejich pomocí, resp. tvorba rozhodnutí a jejich případný dopad není vždy rutinní bezrizikovou situací (Bacic, 2017).

Literatura zabývající se těmito aspekty práce s BI systémy, zejména jejich prezentační vrstvou, zatím čeká na svůj výraznější rozmach (Bačić a Fadlalla, 2016), zatímco nástroje pro zachycení fyziologických reakcí uživatelů jsou čím dál dostupnější a sofistikovanější, interpretace dat z těchto senzorů představuje stále značnou výzvu (Riche, 2010). Mezi efektivněji měřitelné, neinvazivní metriky fyziologických odezev lze mimo již zmíněného eye-trackingu zařadit analýzu pohybů obličejových svalů pro usuzování na afektivitu a emoční zainteresovanost (Bačić, 2018) nebo galvanický odpor kůže (GSR), díky kterému je možno měřit mentální vybuzení (anglicky arousal).

2.2.1 GSR – Galvanický odpor kůže

Měření galvanického odporu kůže (GSR), neboli elektro dermální aktivity (EDA), je proces měření vodivosti pokožky a odezvy sympatického nervového systému jakožto indikátoru míry mentálního vybuzení jedince. Při zaujetí, vzrušení či úzkosti analyzovaného subjektu se díky potním žlázám člověka nepatrně, ale měřitelně mění vodivost pokožky. GSR senzory lze proto využít pro detekci emočního vzrušení, vybuzení (Nakasone, Prendinger a Ishizuka, 2005; Boucsein, 2012), stresu (Villarejo, Zapirain a Zorrilla, 2012) a kognitivní zátěže (Shi a kol., 2007).

Dostupná literatura dokládá využití této sensoriky v nejen oblastech marketingu (LaBarbera a Tucciarone, 1995), odezvy na hudební podněty (VanderArk a Ely, 1992) ale v kontextu této práce také v oblasti emoční odezvy na práci s celopodnikovými systémy (Leger, Riedl a vom Brocke, 2014), HCI doméně (Hu a kol., 2016) a oblasti vizualizace informací (Causse a Hurter, 2009; Bertin, 2011).

2.2.2 Facial expression recognition – Rozpoznávání výrazu obličeje

Základem moderních metod pro rozpoznávání výrazu v obličeji je Facial Action Coding System (FACS). Tato metoda klasifikace pohybů obličejových svalů (Hjortsjö, 1969; Ekman, Friesen a Hager, 2002) je implementována do dnešních softwarových nástrojů, kdy je záznam z webkamery v reálném čase analyzován a pomocí metod

strojového učení, jsou rozpoznávány nejen jednotlivé rysy a pohyby v obličeji, ale také celková emoční valence (pozitivní, negativní) a základní emoce (radost, znechucení, opovržení, zmatení, frustrace, překvapení, vztek) dané kombinací identifikovaných rysů (Bacic, 2017). Tato technologie byla v odborné literatuře již použita při analýze webových stránek (Quintanar, 2016) nebo v oblasti počítačové bezpečnosti (Dong, Li a Sun, 2014). Např. negativní emoční valence použitá v této práci je kalkulována na základě výskytu souboru následující mimiky v obličeji respondenta: pozvednutí obočí, zamračení obočí, pokrčení nosu, pokrčení ústy, zvednutí brady, vzájemný stisk rtů.

Zjednodušeně řečeno, díky rozpoznávání výrazu v obličeji lze usuzovat jaké emoce zkoumaná osoba cítí, GSR pak pomáhá kvantifikovat míru těchto emocí.

Další prostor nabízí snímání mozkové aktivity (EEG (Müller-Putz, Riedl a Wriessnegger, 2015) a fNIRS (Lee a Tan, 2006) a další).

S ohledem na komplexitu kognitivních procesů a percepce má význam tato data během experimentu sbírat (Bačić, 2018), neboť mohou napomoci při interpretaci dat z eye-trackeru. Nicméně, v rovině řešení efektivity zpracování znalostních business úkonů na simulovaném pracovišti, je pro prováděné experimenty zachovat co nejrealističtější podmínky testování (Bačić, 2018). Z tohoto důvodu jsou pro účely této práce uvažovány pouze neinvazivní a činnost respondenta neomezující senzory. Snímání mozkové aktivity respondenta s ohledem na expertní znalosti nutné k relevantní interpretaci dat z této sensoriky nebylo pro účely této práce uvažováno.

2.3 Re prezentace dat a vizualizace informací

Pojem vizualizace dat se začíná objevovat v 50 letech 20. století s příchodem počítačové grafiky (Post, Nielson a Bonneau, 2002). Vizualizaci dat lze definovat jako vědu zabývající se vizuální reprezentací dat (Bačić a Fadlalla, 2016). Původně byl tento pojem používán zejména v kontextu vědeckých výpočtů a soustředil se na aspekty zacházení s datovým souborem tak, aby umožnil detekovat očekávané a objevit původně skryté souvislosti (Zhang, 2001).

Vizualizací informací je pak myšlen odklon od exaktních vědeckých dat k interaktivní, vizuální komunikaci dat abstraktní povahy (Keim a kol., 2006). Příklady těchto dat mohou být např. obrat na zaměstnance, růst depozit pobočky banky, plnění prodejních cílů obchodního zástupce apod., tedy i data, která nejsou nutně numerické povahy (Chen, 2005). Někteří autoři (Purchase a kol., 2008) tento pojem svazují pevněji s rozhodovacím procesem, kdy ji charakterizují jako využití počítačové grafiky k podpoře při řešení problémů.

Počátek vývoje této disciplíny byl spojen s vnitřní bezpečností státu, nyní je již aplikován v celé řadě dalších odvětvích od bezpečnosti obecně, přes zdravotnictví, obchod, dopravu, energetiku a další (Thomas a Kielman, 2009).

Grafická reprezentace informací byla intenzivně zkoumána zejména z pohledu samotného reprezentačního formátu, tabulky vs. grafy, drobné obměny v rámci jednoho prezentačního formátu, např. různé barvy, layouty, popisky, ikony apod. (Ware, 2012). Design uvedených prvků je tažen dosavadními znalostmi o lidské percepci nebo procesu interpretace a rozpoznávání smyslových vjemů (Ashcraft, 1998). Za vizuální analytiku považujeme vědní obor zabývající se analytickými úvahami založenými na interaktivních vizuálních rozhraních (Thomas a Kielman, 2009).

Zvýšené pozornosti se této problematice začíná dostávat v druhé polovině 20. století, Tukey poukazuje na nutnost zabývat se data analytikou jako samostatnou disciplínou (Tukey, 1962), Bertin (Bertin, 2011) klasifikuje data reprezentující grafické prvky příchozí s érou prvních počítačů. Následně se objevují výzkumy formy prezentace dat MIS systémy (Management Information Systems) (Dickson, Senn a Chervany, 1977; Benbasat a Schroeder, 1977), práce zabývající se kognitivní rovinou vizualizace informací (Kosslyn, 1989; Tufte, Goeler a Benson, 1990) a informačními systémy s důrazem na analýzu jejich grafické stránky a jejího vlivu na rozhodování (Ives, 1982; Benbasat, Dexter a Todd, 1986; DeSanctis, 1984). Směr těchto prací vedl k představení tzv. Cognitive fit theory (Vessey, 1991; Vessey a Galletta, 1991), poukazující na důležitost formy reprezentace dat s ohledem na zadání řešeného úkolu. V průniku obecné Information Visualization a Business

Intelligence pak vzniká specializovaná disciplína označována jako Business Information Visualization (BIV), soustředující se přímo na UI rozhraní počítačových aplikací pro reporting a podporu rozhodování (Bačič, 2018). Pod pojmem BIV jsou tak chápány souhrnně vizualizační technologie použité k zobrazení business dat a informací, na jejichž uchopitelnou vizualizaci konvenční metody jako tabulky a grafy často nestačí, ale je nutné použití vícerozměrné grafiky (Tegarden, 1999). BIV je spojena s reprezentací manažerských dat za účelem řešení problému (Zhang, 2001), chápána jako počítačem podpořená reprezentace abstraktních business dat za účelem stimulovat kognitivní schopnosti uživatele (Card, 1999).

Díky technologickému pokroku ve sběru a uchování roste množství dostupných dat pro potenciálně přínosné business analýzy exponenciálně. Tato tzv. BigData sebou ovšem díky jejich rozsahu a komplexitě nesou úskalí spojená se selekcí jejich relevantní množiny, hledání souvislostí, opakujících se vzorů i formy jejich reprezentace obecně (Venrooij, Toet a van Erp, 2016).

2.3.1 Práce s grafy, tabulkami

Grafy lze považovat za nejčastější způsob reprezentace agregovaných dat zobrazovaných v business aplikacích. Právě na zkoumání způsobu vnímání grafů se někteří autoři zaměřují.

Na té nejzákladnější úrovni práce s grafy byly prokázány např. rozdíly ve vnímání spojnicových a paprskových grafů, kdy byla pro úkol hledání hodnot prokázána vyšší efektivita v případě spojnicových grafů (Goldberg a Helfman, 2011). Autoři Goldberg a Helfman rovněž v této studii identifikovali opakující se vzor při zpracování zadaného úkolu. Formou třístupňového zpracování informací respondenti obvykle hledají specifikovanou dimenzi grafu, následně příslušný vrchol a k němu v třetím kroku dohledají jemu odpovídající hodnotu. Postupné zpracování informací v grafech potvrzuje i Körner (Körner, 2004), jeho další studie shodně popisuje postupné kognitivní zpracování, nejprve vrcholy grafu a až následně spojnice mezi nimi (Körner, 2011).

Pro posouzení souvislosti typu grafu a čtení v něm existují přímo studie využívající eye-tracking (Goldberg a Helfman, 2010; Peebles a Cheng, 2003), podobně pak při práci s daty reprezentovanými tabulkami (Hur a Yi, 2009; Hur a kol., 2013). Vcelku robustní výzkum očních pohybů lze nelézt v oblasti síťových grafů v problematice projektového řízení, i zde (Burch a kol, 2013; Burch a kol., 2011; Huang a Eades, 2005; Jianu a kol., 2014; Huang, Eades a Hong, 2009) lze spatřovat zmíněné sekvenční charakteristiky zpracování jimi reprezentovaných dat, což jen podtrhuje vhodnost zapojení z těchto studií vyvstalých úvah do designu a konstrukce efektivních BI dashboardů.

V užším spojení s tématem disertační práce zabývající se efektivitou práce s vizualizovanými daty lze mínit např. studii v níž Toker a kol. (Toker a kol. , 2013) mezi respondenty zkoumají rychlost zpracování informací reprezentovanými sloupcovými nebo koláčovými grafy. S ohledem na business dashboardy zobrazující často více grafů na jednu lze využít závěry Orlova a kol. (Orlov a kol., 2016), jejichž eye-tracking studie se zaměřuje na změny ve vnímání s přibývajícím počtem grafů zobrazených na jedné obrazovce, rozdíly ve vnímání trendů zobrazených spojnicovými grafy nebo celkovou plochou kterou zobrazené grafy na obrazovce zabírají.

2.3.2 Dashboardy

Pojem Business Intelligence se pojí s technikami, technologiemi, systémy, postupy, metodikami a aplikacemi, které analyzují podniková data za účelem poskytnout lepší a hlubší vhled do jejich business odvětví a umožnit tak včasné a relevantní obchodní rozhodnutí (Chen, Chiang a Storey, 2012). Pod pojmem BI často rozumíme i samotnou kategorii nástrojů pro podporu rozhodování. Jedním ze způsobů, jak mohou být datové výstupy z těchto systémů vizualizovány jsou dashboardy (Yigitbasioglu a Velcu, 2012).

Dashboardy jsou tedy grafická rozhraní, která umožňují sběr, sumarizaci a prezentaci business informací z různých zdrojů pro podporu rozhodovatelů (Yigitbasioglu a Velcu, 2012; Toreini, Langner a Maedche, 2018). Jedná se o manažerské nástroje umožňující organizaci měřit, monitorovat a řídit podnikové

aktivity skrze zpracování finančních i nefinančních ukazatelů společnosti (Eckerson, 2010). Dashboardy vyhodnocují minulost, monitorují současnost a mohou pomoci predikovat budoucnost, tím umožňují organizaci přizpůsobovat svoje strategie a dosáhnout tak lepších výsledků (Calitz, Bosire a Lane, 2012).

Idea těchto digitálních „přístrojových desek“, jak by se anglické slovo dashboard dalo přeložit, sahá do 70. let 20. století. Hlavní popularitu však získali s přelomem milénia, kdy si jednotlivé společnosti vytvářely a spravovaly své dashboardy sami. Rozvoj webových technologií následně umožnil nákup těchto nástrojů od společností třetích stran, které se na vývoj těchto aplikací zaměřují (Orlov a kol., 2016).

Cílem dashboardu je účinně, efektivně a intuitivně zobrazovat informace, často složené z různých komponent s cílem dodat potřebné informace pro řešení konkrétního úkolu (Venrooij, Toet a van Erp, 2016). Dashboard je komunikační médium, zobrazitelné na jedné obrazovce sloužící k dosažení specifického cíle (Few, 2006), monitorovací nástroj, který pomáhá identifikovat trendy, opakující se vzory a anomálie pro efektivní rozhodování (Brath a Peters, 2004).

Dashboardy se tedy nejčastěji používají pro grafickou reprezentaci podnikových dat (Few a Edge, 2007), přes nejčastější využití v oblasti financí, nalézají své uplatnění i v zobrazení prodejů, lidských zdrojů nebo ukazatelů z výroby, nákupu nebo řešení stížností (Hurwitz, Halper a Kaufman, 2005). Tyto informace jsou často reprezentovány právě formou zmíněných klíčových ukazatelů výkonosti, tzv. KPI (Key Performance Indicators) (Calitz, Bosire a Lane, 2012).

Znalostní pracovníci a manažeři mají v dnešní době pro jejich rozhodování k dispozici stále rostoucí množství dat, pro adekvátní a včasné rozhodnutí ovšem potřebují adekvátně tato data zobrazit (Calitz, Bosire a Lane, 2012) i proto firmy do BI aplikací často investují nezanedbatelné částky (Chen, Chiang a Storey, 2012).

Existují různé typy dashboardů, rozličných provedení, zobrazující jednotlivé ukazatele všemožnými způsoby, základem použitelnosti je však důraz na

interaktivní použití a customizovatelný interface, tak aby z nich uživatelé mohli nabýt potřebné informace o aktuálním stavu organizace, procesu atd. co možná nejefektivněji (Howson, 2008; Scheps, 2011).

2.4 Efektivita práce s nástroji pro podporu rozhodování

Zmíněné dashboardy jsou v dnešní datové době poměrně obvyklým, frekventovaně používaným nástrojem pro podporu rozhodování (Chen, Chiang a Storey, 2012). Technologicky není problém data pro tyto vizualizační nástroje z podnikových systémů extrahovat a zpracovat, ten ovšem může nastávat ve filtraci jejich relevantní množiny (Bačić, 2018), zahlcení nesouvisejícími informacemi činí rozhodovací problém složitějším a může tak schopnost manažera učinit optimální rozhodnutí redukovat. Vliv je způsobený i volbou formátu reprezentace dat vzhledem k jejich povaze (Tractinsky a Meyer, 1999). Pokud k tomu přidáme až stereotypní časovou vytíženost pracovníků na manažerských postech, časový přes může být pro rozhodnutí více limitující než manažerovy znalosti (Korczak a kol., 2016).

Na efektivitu práce s business dashboardy, nebo vizualizacemi dat obecně, lze nahlížet několika pohledy. Efektivita dashboardu může být posuzována skrze dopad na uživatelskou kognitivní zátěž, dominantním teoretickým aparátem v tomto ohledu je tzv. Cognitive Fit Theory (Vessey, 1991). Dle ní je soulad formátu prezentace s řešeným úkolem pro efektivitu rozhodovacího procesu esenciální, neboť obsahuje-li stimul přebytečné informace s realizovaným úkolem nesouvisející, stává se pro pozorovatele kognitivně náročnějším na zpracování.

Za druhý protipól lze považovat efektivitu dashboardu s ohledem na použití v reálném pracovním prostředí, plném externích vlivů apod. Dostupná literatura zabývající se BIV v kontextu kognitivní zátěže je poměrně limitována, přitom jak navrhuje Bačić (Bačić a Fadlalla, 2016; Bacic a Fadlalla, 2013), kognitivní zátěž lze poměrně objektivně měřit pomocí již zmíněné soudobé fyziologické sensoriky (Bačić, 2018).

Byť primární zaměření této práce není soustředěno na posouzení kognitivní zátěže vzniklé designem stimulu, sensorika literaturou (Bačić a Fadlalla, 2016; Bacic a Fadlalla, 2013) navrhovaná může posloužit jako sekundární metrika, tedy metrika míry dodatečné kognitivní zátěže vzniklé přerušením primární činnosti, tak i efektivity navrhovaného dashboardu pracujícího s pozorností uživatele.

Na možné přínosy zapojení fyziologických sensorů do výzkumu vizualizace dat je upozorňováno mnohými autory (Riche, 2010; Anderson, 2012), přičemž právě díky zpracování těchto vjemů zrakem, je často skloňován právě eye tracking (Kurzahls a kol., 2016). Toto samozřejmě platí i v případě měření efektivity dashboardu.

2.4.1 User interface a pozornost uživatele

Analytické a Business Intelligence systémy (někdy souhrnně označované zkratkou BI&A) slouží k podpoře rozhodování formou grafického UI, pomocí kterého zobrazují klíčové ukazatele chodu podniku, agregované výstupy analýz apod. (Yigitbasioglu a Velcu, 2012). Právě design uživatelského rozhraní (UI) je tak nepochybně důležitým aspektem ovlivňujícím uživatelovo chování, vnímání a tím i jeho pozornost při práci s aplikacemi tohoto druhu (Lee a Benbasat, 2003).

Interakce uživatele a těchto BI nástrojů je zkoumána zejména s ohledem na formu vizualizace informací (Tegarden, 1999). Existuje mnoho způsobů, jak zobrazit stejné informace, vizualizace všech potřebných dat daného rozhodovacího problému na jedné obrazovce je výzvou pro designéry a vývojáře těchto softwarových nástrojů (Orlov a kol., 2016). Otázka samotného design dashboardu je předmětem diskusí vědecké komunity (Yigitbasioglu a Velcu, 2012), existují snahy (Venrooij, Toet a van Erp, 2016) o vypracování obecného frameworku k vyhodnocení a optimalizaci efektivity dashboardů. Základní měření efektivity dashboardů je pro testovacích účely posuzováno dle schopnosti a přesnosti plnit zadaný úkol, literatura však poukazuje na nutnost zapojení sofistikovanějších metod (Goldberg a Helfman, 2011). Zmíněný eye-tracking je jedním ze způsobů, jak objektivně posuzovat uživatelovo vnímání při práci s dashboardy (Orlov a kol., 2016).

2.4.2 Dashboard design

Podobně jako v případě marketingových účelů, lze tedy eye-tracking využít i pro vyhodnocování designových aspektů BI dashboardů. Právě z důvodu využití dashboardů zejména pro interní potřeby firem nemusí být vždy kladen dostatečný důraz na optimalizaci jejich designu pro příslušné rozhodovací problémy (Calitz, Bosire a Lane, 2012). Tím spíše, když moderní BI dodavatelé umožňují zákazníkům úpravy jejich nástrojů a tvorbu vlastních dashboardů. Tento transfer designerské kompetence na koncové uživatele může vyústit v neplánované konsekvence z hlediska práce s takto vzniklým dashboardem. Aspekty jako kognitivní náročnost stimulu, ergonomie práce, způsob zobrazení klíčových ukazatelů atd. mohou v konečném důsledku ovlivnit rozhodovací proces (Bacic, 2017).

Např. nepřiměřené použití barev sice nevede přímo k ovlivnění úsudku, ale takto navržený dashboard je zbytečně náročnější na kognitivní zpracování a rozhodovací proces pak trvá delší dobu (Bera, 2016). Obdobně působí i snaha vměstnat do jednoho dashboardu vícero ukazatelů, tedy snaha vytvářet přehnaně univerzální dashboard není z hlediska kognitivní zátěže optimální (Bera, 2014). Borking a kol. (Borkin, a další, 2016) se v rámci dashboard designu zabývali posouzením obecných prvků jako nadpisy a průvodní texty, užitím piktogramů a vlivem zapamatovatelnosti dashboardu. Není překvapením, že mezi jejich doporučení patří použití textových popisů výhradně pokud jsou relevantní k vizualizovaným datům. Shodně dle jejich závěrů platí i pro použití piktogramů, které, pokud jsou použity vhodně ve správném kontextu, mohou práci s dashboardem zefektivnit.

Stanovení celkové kvality dashboardů je tedy pro jejich komplexitu a širší záběr ve smyslu využití pro podporu rozhodování v nejrůznějších procesech složité. Nedostatek informací zobrazených dashboardem jej může dělat nepoužitelným pro podporu rozhodování (Dilla, Janvrin a Raschke, 2010) na druhou stranu přílišné množství informací je pro člověka kognitivně náročné na zpracování (Carrasco, 2011). V tomto případě rozhodovatelé zpracovávají nadměrná množství informací po částech. Díky této selektivě vizuální pozornosti jsou jednotlivé prvky informačně náročného stimulu uživatelem analyzovány odděleně, bez jejich

vzájemných vazeb tvořících celek objektivního pochopení (Bundesen, 1990). Dashboardy by tedy měly být designovány takovým způsobem, aby kognitivní procesy stimulovaly nikoliv zatěžovaly (Yigitbasioglu a Velcu, 2012). Stimuly překypující informacemi mohou z tohoto pohledu být kontraproduktivní, neboť má lidský uživatel z hlediska pozornosti obtíže je efektivně zpracovat (Simon, 1971).

Pozornost uživatele je navíc selektivní (Treisman a Gelade, 1980), naráz může zpracovat pouze limitované množství informací (Johnston a Dark, 1986). Na pozornost vůči stimulu lze nahlížet jako na soubor procesů umožňujících a řídících selekci zpracování příchozích informací (Roda a Thomas, 2006). Z tohoto pohledu lze pro práci s UI identifikovat dva základní způsoby orientace uživatele ve stimulu. Pozornost hnaná povahou stimulu (stimulus driven selection) a pozornost orientovaná na cíl úkolu (goal-directed selection). První z jmenovaných postupů prohlížení je ovlivněn tzv. saliencí jednotlivých elementů, tedy měrou, jakou daný prvek stimulu v grafickém slova smyslu vyčnívá mezi ostatními a tím přitahuje pozornost. V případě pozorování orientovaném na cíl prohlížení se uživatel vědomě soustředí na prvky, u kterých očekává souvislost s plněním daného úkolu (Masciocchi a Still, 2013).

A právě pozornost hraje důležitou roli při tvorbě rozhodnutí (Orquin a Loose, 2013), práce UI s pozorností uživatelů jednou z nejpálčivějších, ale zároveň také nejsložitějších výzev HCI domény (Bulling, 2016). S potřebou zpracovávat a vyhodnocovat stále větší a větší objemy dat se tato problematika ale dostává do předmětu zájmu i v rámci vizualizace business dat (Chen, Chiang a Storey, 2012), neboť kdy jindy, než v době informačního přesycení (Gupta, Li a Sharda, 2013; Ou a Davison, 2011) je nutné se zabývat způsoby jak tato kvanta dat uživateli prezentovat s co možná nejvyšší efektivitou (Holzinger, 2013; Toreini a Morana, 2017).

Pro účely této disertační práce je ovšem samotný dashboard design částečně upozaděn, tomuto tématu se již věnuje četná řada výzkumníků, nicméně i tak pro experimentální ověření hypotéz stanovených v této práci je testovací dashboard konstruován pomocí ustálených prvků, pravidel a doporučení plynoucích z již publikovaných prací.

2.4.3 Eye-tracking a nástroje pro podporu rozhodování

Snad jen s výjimkou Bery (Bera, 2016) se odborná literatura příliš nezabývá chováním uživatele, resp. měřením jeho pozornosti eye-trackerem v kontextu business orientovaných rozhodovacích úkolů. Ve zmíněném případě byl vyhodnocován vliv barev použitých v business dashboardu na efektivitu plnění zadaného úkolu. Dalším z příkladů může být studie Kim a kol. (Kim a kol., 2012), kteří ve své studii měřili rychlost a kvalitu rozhodování při použití podpůrných dat reprezentovaných konvenční tabulkou a tabulkou obohacenou o speciální sortovací funkce.

Koczak a kol. (Korczak a kol., 2016) v jejich studii navrhují obohatit BI nástroje o inteligentní funkci rozpoznání úrovně znalostí manažera. Na tu chtějí usuzovat z dat nasbíraných eye-trackerem a analýzou způsobu prohlížení vizualizačního nástroje. Méně zkušeným manažerům by pak při interpretaci zobrazených ekonomických a finančních ukazatelů byly pomocí vestavěných ontologií zvýrazňovány důležité ukazatele a souvislosti mezi nimi. Podobné úvahy o využití (Pirolli, Card a Van Der Wege, 2001), nebo porovnání efektivity (Griffin a Robinson, 2015) kontextuálních vizuálních vodítek lze nalézt i v dalších pracích.

Nicméně i v případě sebelepšího designu UI, je chování uživatele na daném stimulu silně individuální, způsob vnímání, v kontextu této práce, BI aplikace je pochopitelně závislý nejen na uživateli samotném, ale i na okolních vlivech prostředí, ve kterém s takovou aplikací pracuje (Egeth, 1975).

2.4.4 Nucený multitasking a rozhodování

Současná kancelářská práce vyžaduje, aby pracovníci často pracovali na několika úkolech naráz. Tento fakt je tak doprovázen častými přerušováními zpracovávaných úloh, stejně jako neustálým přepínáním myšlenek (Czerwinski, Horvitz a Wilhite, 2004). V makro měřítku vztah efektivity práce závislý na počtu přidělených projektů pracovníka příznačně popisuje Weinberg (Weinberg, 1992), čím více projektů zaměstnanec řeší, tím více času je alokováno neefektivně souviseje s nutností neustálého přepínání mezi různými kontexty.

Ovšem i v mikro měřítku dochází na pracovišti ke kontraproduktivnímu, často nezamýšlenému multitaskingu. Právě tato přerušování pozornosti a toku myšlenek ať již externí např. vlivem kolegů, příchozích telefonátů apod., nebo interní povahy, tedy přerušování vlastními, s plněným úkolem nesouvisejícími, myšlenkovými pochody (Miyata a Norman, 1986), se mohou významně podílet na pracovní neefektivitě.

Konfrontace s těmito přerušováními během plnění úloh náročných na pozornost může mít za následek tvorbu s úkolem nesouvisejících myšlenek tzv. mind wandering, zvyšovat kognitivní zátěž nebo podněcovat chybovost (Stothart, Mitchum a Yehnert, 2015). Zmíněné aspekty pak negativně ovlivňují pracovníkův výkon (Bailey a Konstan, 2006; Bailey, Konstan a Carlis, 2000). S rozhodovacími problémy spojená kognitivní zátěž byla již několika studiemi (Djamasbi, Samani a Mehta, 2012; Ikehara a Crosby, 2005; Rayner, 1998) prokázána jako faktor ovlivňující oční pohyby. Tento jev lze ilustrovat pomocí metrik počtu a dob očních fixací, opakujícími se vzory v jejich posloupnosti (Djamasbi a kol., 2011) nebo skrze velikost zorniček, které jsou s větší kognitivní zátěží širší (Beatty, 1982).

Vzrůstající počty přerušování navíc mají vliv na to, jakým způsobem lidé rozvrhují svoje limitované pozornostní kapacity (Franke, Daniels a McFarlane, 2002; Chun, Golomb a Turk-Browne, 2011). V krajním případě se tak vlivem přehnaného multitaskingu nemusí uživatelé dařit na rozpracované úkoly opětovně navázat (Roda, 2011). Popsaná fragmentace zásoby práce pak vede k jevu, kdy se k mnohým rozpracovaným úkolům pracovníci nevrátí bezprostředně (O'Conaill a Frohlich, 1995; Mark, Gonzalez a Harris, 2005), to má za následek neefektivitu, vyšší čas nutný ke splnění úkolu (Bailey a Konstan, 2006) a dlouhodobě může vést k snižování celkového rozsahu pozornosti zaměstnance (Gausby, 2015).

Práce s IT technologiemi ovšem přináší další kategorii externích přerušování, v digitálním prostředí všudypřítomné notifikace, připomenutí apod. Přesto, že některé z těchto IT přerušování mohou mít pozitivní vliv na efektivitu plnění úkolu, obvykle se projevují negativně (Addas a Pinsonneault, 2015). Např. vlivem

příchozích emailů dochází k přerušení primární pracovní činnosti v průměru každých 5 minut (Jackson, Dawson a Wilson, 2001).

O obecné neefektivitě práce zaměstnanců plynoucí z těchto jevů a s nimi spojených ekonomických dopadech nemůže být pochyb (Altmann a Trafton, 2004).

Snaha eliminovat tyto všudypřítomné rušivé elementy by pravděpodobně byla bojem s větrnými mlýny, proto se tato práce se zaměřuje na to, jak se, tedy alespoň s těmi externími efektivně vypořádat a jak podpořit uživatele v navázání na přerušovaný úkol.

2.4.5 Uživatelská rozhraní pracující s pozorností

Navázat na původní činnost znamená nejen si vzpomenout, že je nutné se k ní vrátit, ale také si obnovit příslušný myšlenkový kontext (Bailey a Konstan, 2006). Čas nutný pro tyto kroky je nazýván resumption lag, zatímco čas nutný k odklonu od primární činnosti k přerušujícímu úkolu je označován jako interruption lag (Altmann a Trafton, 2004).

Tradičně byly tyto metriky měřeny skrze uživatelské akce na klávesnici a myši (Adamczyk a Bailey, 2004; Altmann a Trafton, 2004; Iqbal a Horvitz, 2007), z těchto vstupních zařízení bylo usuzováno i na task resumption strategie (Dragunov a kol., 2005). Později se začaly zapojovat fyziologické senzory (Züger a Fritz, 2015). Vizuální percepční procesy lze ovšem posuzovat analýzou očních pohybů (Kowler, 2011), aktuálně jsou proto interruption a resumption lag často měřeny pomocí eye-tracking technologie (Cane, Cauchard a Weger, 2012).

Využití již tolikrát zmíněného eye-trackingu ale nekončí pouze u analytické metody, jelikož je současná komunikace člověka s počítačem založena primárně na vizuální bázi (Roda a Thomas, 2006), lze z technologického pohledu eye-tracker resp. data z něj taktéž použít jako podpůrný prvek pro inteligentní uživatelská rozhraní pracujících s pozorností (Henderson a kol., 2013; Hummel, Toreini a Maedche, 2018), neboť tu lze právě pomocí očních pohybů aproximovat (Kowler, 2011).

Historicky využití eye-trackeru v pracovním prostředí brzdila nejprve zejména jejich invazivní povaha a následně pořizovací náklady. Zatímco první ze zmíněných aspektů již nějakou dobu není překážkou, druhý začíná být překonáván až v posledních letech. Technologický pokrok, který zajistil dostupnost nízkonákladových zařízení, svojí přesností měření plně dostačují pro zmíněné interaktivní využití, tak otevírá prostor aplikovanému výzkumu v této oblasti s vidinou brzkého uplatnění v praxi (Toreini, Langner a Maedche, 2018).

Při práci s počítačem lze díky eye-tracking technologii poměrně spolehlivě detekovat, zda u uživatele došlo k externímu přerušení primární činnosti. Data o očních pohybech obsahují informaci, zda uživatel přestal pozorovat místa na obrazovce počítače, související s plněním původního úkolu, nebo když uživatel přestane monitor sledovat úplně. Pro jednoduchou představu lze připomenout již v úvodu zmíněný příklad vizuálního asistenta pro čtení elektronických knih *EyeBookmark* (Jo, Kim a Seo, 2015) se signalizací posledního přečteného řádku čtenáři. Podobnou funkcionalitou disponuje i *SwitchBack* (Mariakakis a kol., 2015), která podporuje uživatele při čtení na mobilním zařízení. Opět v momentě, kdy uživatel odhlédne od obrazovky telefonu/tabletu si aplikace uloží data o posledním řádku, který uživatel četl. Po návratu uživatele k obrazovce chytrého zařízení tento řádek textu zvýrazní.

Tyto tzv. attention-aware uživatelská rozhraní podporují uživateli kognitivní procesy (Vertegaal, 2003). Jedná se o systémy s inteligentními funkcemi, které uživatele skrze sběr a vyhodnocení dat o jeho pozornosti uživatele aktivně podporují formou přizpůsobování svých rozhraní dle jeho aktuálních potřeb (Roda a Thomas, 2006). Informace o prohlížení stimulu mohou tedy být prospěšně využity s ohledem na potřeby uživatele, např. pro doplnění detailnějšího kontextu pouze při pohledu na dílčí segment dashboardu, tak aby jeho celková komplexita přílišně nenarůstala (Bera, 2014), nebo přidání redundance pro lepší zapamatovatelnost prezentovaných informací (Borkin, a další, 2016). Uvedené příklady by tak mohly stimulovat efektivitu práce s takto obohaceným dashboardem.

Vztaženo k pracovnímu prostředí plného multitaskingu a externích přerušení, data z eye-trackeru monitorující pozornost uživatele lze využít právě pro minimalizaci negativních dopadů přerušení vykonávané činnosti (Dragunov a kol., 2005; Liu a kol., 2014) a snazšímu opětovanému navázání na ni (Kern, Marshall a Schmidt, 2010; Bailey a Konstan, 2006). Takto obohacená inteligentní rozhraní (Bulling, 2016) nabízí prostor pro zvýšení pracovní produktivity (Iqbal a Horvitz, 2007; Parnin a DeLine, 2010) a jsou odbornou literaturou obecně vnímány jako perspektivní oblast dalšího výzkumu (Jo, Kim a Seo, 2015; Kern, Marshall a Schmidt, 2010; Mariakakis a kol., 2015; McFarlane a Latorella, 2002). K využití těchto nástrojů k podpoře vjemových schopností uživatele vyzývají i výzkumníci zabývající se kognitivní zátěží (Dimoka a kol., 2012).

V užším slova smyslu tento fenomén přináší negativní důsledky právě i do práce s BI nástroji a tím do manažerského rozhodovacího procesu (Toreini, Langner a Maedche, 2018). Implementace funkcionalit efektivně podporujících navázání v přerušném úkolu do uživatelského rozhraní je proto v posledních letech předmětem diskusí odborné literatury (viz výše), vyjma upozornění na tento fakt Toreinim a kol. (Toreini, Langner a Maedche, 2018), ale souviseje s vizualizací business informací tento jev nebyl zatím zkoumán. Podobně práce zabývající se kognitivní zátěží při práci s BI systémy jsou i přes možné ekonomické dopady těchto často souvisejících okruhů limitovány (Davern, Shaft a Te'eni, 2012).

Toreini a kol. v posledních letech (Toreini a Morana, 2017; Toreini, Langner a Maedche, 2018) rozpracovávají tyto myšlenky, aplikují tyto předpoklady i do BI dashboardů a poukazují na příležitosti jejich využití v oblasti práce se systémy pro podporu rozhodování. Jejich studie navrhuje využití business dashboardu jako stimulu a attention-aware subsystému vyhodnocujícího uživatelovu pozornost na základě dat z eye-trackeru. Prezentační vrstva reprezentovaná dashboardem zobrazuje manažerské informace a data pro podporu rozhodování, podpůrná vrstva spolu s eye-trackerem snímá a ukládá data o prohlížení stimulu (fixace, sakády, atd.). Z těchto dat je vyhodnocována uživatelova pozornost vůči jednotlivým prvkům dashboardu, např. zda uživatel v roli decision makera zcela nepřehlédl stěžejní informace nebo dbal dostatečné pozornosti vůči dalším důležitým prvkům.

V návaznosti na tyto jevy takto obohacený software poskytne uživateli vizuální zpětnou vazbu, aby jej v relevantním načerpání informací podpořil (Toreini a Morana, 2017). Tato vzájemná interakce uživatele a decision support nástroje by dle autorů měla nejen redukovat kognitivní zátěž uživatele a obecně práci s takovým nástrojem usnadnit (Nielsen, 1993), neboť na interaktivita obecně považována za jeden z klíčových aspektů efektivní práce se SW nástroji (Browne a Parsons, 2012), ale i napomoci s efektivní alokací pozornosti uživatele vůči klíčovým informacím tímto nástrojem prezentovaných (Toreini a Morana, 2017).

Vzhledem k problematice přerušení, jak Toreini a kol. v jejich další studii (Toreini, Langner a Maedche, 2018) pokračují, lze tyto funkce využít i pro podporu v navázání v přerušené pracovní činnosti. Data sbíraná eye-trackerem umožňují v reálném čase rovněž detekci momentu, kdy byla primární činnost uživatele přerušena externím vlivem a kdy se uživatel před monitor počítače opět k původní práci vrátil. Právě v tento moment lze opět využít dat o dosavadních očních pohybech a uživateli pomocí vizuálních vodítek navázání v přerušené činnosti usnadnit.

Z pohledu Duchowského a jeho členění aplikace eye-trackingu na interaktivní a diagnostické použití (Duchowski A. , 2002) je tak tento jejich návrh nevšedním hybridním řešením, kde jsou eye-tracking data využívána jak pro analýzu chování uživatele (detekce míry pozornosti), ale v návaznosti na něj je rovněž zpětnovazebně formováno i chování aplikace samotné (interaktivní vizualizace).

Vztaženo k teoretické rešerši, s těmito nástroji uživatel pracuje obvykle za konkrétním účelem, uživatel je tedy svojí pozorností primárně orientován na cíl (Masciocchi a Still, 2013). V momentě, kdy je tato činnost přerušena, dochází ke ztrátě pozornosti, bezprostředního informačního kontextu a vzniká pracovní neefektivita. Tuto neefektivitu lze moderními metodami objektivně změřit (Carrasco, 2011; Bylinskii a kol., 2015) a tento fenomén tak experimentálně ověřit. Následně, ve snaze pomoci uživateli v navázání přerušené úkolově orientované činnosti, mu poskytnout vizuální vodítka, a opět jejich efektivitu experimentálně a objektivně ověřit. Tyto pomocné vizualizace se s ohledem na rovnováhu mezi

rychlým upoutáním uživateli pozornosti a minimalizací negativní interference plněným úkolem nabízí postavit právě na salientní bázi (Masciocchi a Still, 2013).

Autoři (Toreini, Langner a Maedche, 2018) si od tohoto konceptu inteligentního UI (Henderson a kol., 2013) slibují snížení resumption lagu a tím zvýšení efektivity při zpracování externě přerušovaného primárního úkolu. Pro návazné studie rovněž předpokládají, že tato forma zpětné vazby zobrazovaná uživateli celkově usnadní uživatelům práci a vyústí v rychlejší dokončení zadaného úkolu.

2.5 Shrnutí současného stavu problematiky, výzkumná motivace

Eye-tracking zařízení tedy tvoří jednu z předních technologií umožňujících usuzovat na uživatelskou pozornost (Bulling, 2016), záměry a kognitivní zátěž (Carrasco, 2011; Orquin a Loose, 2013). Zpracování informací dnešních BI analytických nástrojů jako jsou dashboardy probíhá zejména zrakem (Wickensa kol., 2015). Efektivita práce, jak literatura (Bailey, Konstan a Carlis, 2000) naznačuje, trpí přerušováními činností. Taková přerušování jsou obvykle spojena se odlivem pozornosti od primárního úkonu (Speier, Valacich a Vessey, 1999). Uživatelská rozhraní pracující s pozorností uživatele, resp. detekující výskyt těchto přerušování, mohou vliv tohoto fenoménu minimalizovat (Bailey a Konstan, 2006). Klíčové je rozpoznání momentu přerušování a uchování kontextu rozpracovaného úkolu do té doby, než bude navázán stejně jako i rozpoznání momentu, kdy je na původní úkol opětovně navázáno (Roda, 2011; Altmann a Trafton, 2004). Oba tyto milníky lze stanovovat pomocí detekce uživatelského zraku eye-trackerem (Mariakakis a kol., 2015). Pro minimalizaci negativního vlivu přerušování je nutno uživateli obnovit kontext přerušovaného úkolu (Roda, 2011), tím je stimulována rychlost jeho návratu k původní činnosti (Franke, Daniels a McFarlane, 2002). Tuto podporu lze podobně jako zbylou většinu interakce ze strany UI směrem k uživateli postavit na vizuální bázi (Mariakakis a kol., 2015; Jo, Kim a Seo, 2015), kdy elementárním příkladem je zvýraznění míst, oblastí sledovaných bezprostředně před přerušováním úkolu (Kern, Marshall a Schmidt, 2010).

Toreini a kol. (Toreini a Morana, 2017; Toreini, Langner a Maedche, 2018) se sice ve svých pracích opírají o četné množství literárních pramenů dokazujících existenci fenoménu snížené efektivity práce vlivem přerušování činností, ale přímo při práci s kognitivně náročnějšími stimuly, jako jsou business dashboardy, tento jev explicitně ověřen nebyl.

Sběr, zpracování a následné zobrazení reprezentace dosavadní práce se stimulem jsou vnímány jako vhodný způsob pro podporu uživatele, který je nucen se přesouvat mezi různými úkony (Czerwinski, Horvitz a Wilhite, 2004). V již zmíněných případech (Kern, Marshall a Schmidt, 2010; Mariakakis a kol., 2015; Jo, Kim a Seo, 2015) nástroje pracující s pozorností uživatele napomáhají uživateli s navázáním v přerušované činnosti. Byť Kern a kol. (Kern, Marshall a Schmidt, 2010) vybízejí k možným implikacím v pracovním prostředí, pouze zmínění autoři (Toreini a Morana, 2017; Toreini, Langner a Maedche, 2018) v teoretické rovině předpokládají, že by uvedené negativní vlivy externích přerušování mohly být redukovány za pomoci inteligentních rozhraní založených na zpracování eye-tracking dat i v případě kognitivně náročnějších stimulů jako jsou business dashboardy. Přímo však efektivita těchto nástrojů v uvedeném kontextu nebyla zkoumána.

Z popsaných tezí pramenů následující premisy, ty vytvářejí základ pro cíle této disertační práce uvedené v další kapitole:

- Připravit experiment pro analýzu efektivity práce při plnění úkolu s kognitivně náročným stimulem
- V průběhu experimentu simulovat externí přerušování primární činnosti
- Nahrávat a ukládat eye-tracking data o prohlížení stimulu pro následnou analýzu
- Vyhodnotit vlivy externích přerušování na způsob řešení úkolu
- Připravit návazný experiment a adaptovat experimentální stimul pro analýzu přínosů inteligentních funkcí pracujících s pozorností uživatele

- Nahrávat eye-tracking data o prohlížení stimulu pro konstrukci vizuálních vodítek přímo během experimentu
- V momentě simulovaného externího přerušení data o dosavadním prohlížení zpracovat do podoby využitelné pro opětovné navázání kontextu
- Po návratu respondenta k primárnímu úkolu data o prohlížení vhodně vizualizovat pro snazší navázání ztraceného kontextu
- Vyhodnotit přínosy inteligentních rozhraní pracujících s pozorností uživatele

2.6 Kvantifikace efektivity práce, způsobu prohlížení a řešení úkolu

Uvedené teze obsahují slovní spojení jako analýza efektivity práce, vyhodnocení vlivů na způsob prohlížení či řešení úkolu. Tyto pojmy bylo v kontextu této práce pochopitelně nutné kvantifikovat, převést do měřitelné podoby, resp. definovat metriky, pomocí kterých by na ně mohlo být objektivně usuzováno.

2.6.1 Metriky založené na čase a úspěšnosti respondentů

Mluvě o měření efektivity práce, čas nutný pro splnění přiděleného úkolu lze považovat za standardní a objektivní metriku. Analogickou, obecně uznávanou metrikou, podle které lze na efektivitu práce usuzovat je míra úspěšnosti, tedy počet správných odpovědí, či počet pokusů nutných k nalezení správné odpovědi.

2.6.2 Metriky založené na biometrických údajích

V případě úsudku na způsob prohlížení či další percepční procesy při řešení úkolu již situace není tak přímočará, aby bylo možné využít veličiny známé z každodenního života. Studie zabývající se eye-trackingem (Djamasbi, Samani a Mehta, 2012; Ikehara a Crosby, 2005; Rayner, 1998) poukazují na vliv kognitivní zátěže na oční pohyby. Existuje proto předpoklad, že s kognitivně náročnějším zpracováním stimulu pod tíhou přerušení budou spojeny rozdíly i v datech o prohlížení. Pomyslným oknem do těchto procesů jsou zejména počty fixací. Rychlejší fixace, resp. jejich větší množství v čase může být spojeno se snahou agilně rozklíčovat stimul, pochopit jej, orientovat se v něm (Gartenberg, McCurr a Trafton, 2011). Jejich počet tedy koreluje např. s efektivitou hledání a zmíněné orientace

(Goldberg a kol., 2002), zatímco fixace delší, a tedy jejich nižší množství v čase, může reflektovat vyšší kognitivní zátěž a obtížnější zpracování stimulu (Goldberg a Kotval, 1999), komplexitu nebo srozumitelnost prvků (Djamasbi a kol., 2011; Tzanidou a kol., 2005). Tyto metriky spolu pochopitelně korelují.

V již zmíněné studii (Korczak a kol., 2016) si autoři mimo jiné pokládají otázku, jak rozpoznávat únavu a stres manažera. Právě tato zjištění motivují mimo eye-trackingu využít i dalších biometrických senzorů jako facial recognition analysis pro další, doplňkové mapování náročnosti kognitivních procesů respondenta (Shi a kol., 2007; Bačić, 2018) a tedy ovlivnění způsobu práce s business dashboardem. V souladu se zmíněnou doplňkovou povahou těchto senzorů, lze i metriky na nich založené postavit na základních parametrech, které tyto technologie sbírají. Příkladem mohou být projevy negativní emoční valence (Bacic, 2017) detekovatelné pomocí Affectiva AFFDEX algoritmů ze záznamu web kamery respondenta. Tuto metriku lze použít jako indikaci míry stresu (Villarejo, Zapirain a Zorrilla, 2012) a kognitivní zátěže (Shi a kol., 2007).

Podobně jako teze plynoucí z literární rešerše dávají základ cílům disertační práce, tak i zmíněné metriky vstupují do formulace výzkumných hypotéz. Cíle a hypotézy sloužící k jejich naplnění shrnuje následující kapitola.

3 Cíle práce

1) Ověření vlivu externích přerušení při práci s business dashboardy

H1₀: Čas nutný pro splnění zadaného úkolu je pro skupiny s a bez přerušení shodný

H1_A: Čas nutný pro splnění zadaného úkolu se pro skupiny s a bez přerušení liší

H2₀: Počet odpovědí pro nalezení řešení je pro skupiny s a bez přerušení shodný

H2_A: Počet odpovědí pro nalezení řešení se pro skupiny s a bez přerušení liší

H3₀: Průměrné počty fixací v čase jsou pro skupiny s a bez přerušení shodné

H3_A: Průměrné počty fixací v čase se pro skupiny s a bez přerušení liší

H4₀: Projevy negativní emoční valence v čase jsou pro skupiny s a bez přerušení shodné

H4_A: Projevy negativní emoční valence v čase se pro skupiny s a bez přerušení liší

2) Návrh a vývoj prototypu attention-aware dashboardu

3) Ověření efektivity attention-aware dashboardu

H1₀: Čas nutný pro splnění úkolu je pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodný

H1_A: Čas nutný pro splnění úkolu se pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele liší

H2₀: Počet odpovědí pro nalezení řešení je pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodný

H2_A: Počet odpovědí pro nalezení řešení se pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele liší

H3₀: Průměrné počty fixací v čase jsou pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodné

H3_A: Průměrné počty fixací v čase se pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele liší

H4₀: Projevy negativní emoční valence v čase jsou pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodné

H4_A: Projevy negativní emoční valence v čase se pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele liší

4 Volba metodologie, popis řešení

S ohledem na vytyčený cíl 1) *Ověření vlivu externích přerušení při práci s business dashboardy*, byl nejprve navržen testovací stimul – business dashboard. Při jeho návrhu byly reflektovány doporučení z dostupné literatury.

Takto vzniklý dashboard byl následně použit pro Experiment 1. Soubor respondentů byl rozdělen na skupiny, přičemž kontrolní skupina plnila kognitivně náročný experimentální úkol nad stimulem bez simulovaných přerušení, zbytek souboru včetně simulovaných přerušení.

Následně byla nejprve původní, statická verze, tohoto stimulu s ohledem na druhý dílčí cíl disertační práce 2) *Návrh a vývoj prototypu attention-aware dashboardu*, obohacena o funkcionality práce s pozorností uživatele.

Takto obohacená verze vstupovala jako stimul do Experimentu 2 za účelem splnění třetího cíle disertační práce, tj. 3) *Ověření efektivity attention-aware dashboardu*. I v tomto experimentu byl soubor respondentů rozdělen na skupiny, kdy všechny skupiny byly při řešení kognitivně náročného úkolu zatíženy simulovaným přerušením.

Kontrolní skupina reflektovala práci s původní, statickou verzí stimulu. Další dvě skupiny respondentů pracovaly se stimulem obohaceným o funkce práce s pozorností uživatele. První z nich využívala podpůrné vizualizace dle návrhu autorů Toreiniho a kol. (Toreini, Langner a Maedche, 2018), druhá dle návrhu autora disertační práce využívající gaze plot vizualizaci.

Samotný Experiment 1 měl za sekundární, implicitní cíl ověřit navrženou metodiku jako celek. V praxi tak došlo nejprve k návrhu Experimentu 1, následně k jeho vyhodnocení a až v závislosti na jeho výsledcích bylo ve výzkumu, který tato práce popisuje, pokračováno. Jelikož však výstupy Experimentu 1 (viz 5.6) neindikovali nutnost metodiku nijak modifikovat, pro přehlednost je metodika obou experimentů v této práci shrnuta do jedné kapitoly, byť chronologicky byl Experiment 2 vykonán až po vyhodnocení Experimentu 1.

Detailněji je metodika nastíněna v následujících kapitolách práce.

4.1 Návrh experimentálního stimulu pro experiment 1

Pevně daných a v praxi osvědčených doporučení pro design dashboardů není mnoho (Few, 2006), některé z těchto již byly zmíněny v kapitole definující pojem dashboard, stručně lze sumarizovat, že úkolem dashboardu je jasně, rychle a přesvědčivě komunikovat uživateli informace určené k předem definovanému úkonu (Few, 2004). V této kapitole jsou blíže popsány některé základní atributy předmětného stimulu a z nich plynoucí ideje pro návrh business dashboardu určeného k experimentálnímu testování.

4.1.1 Vizuální aspekty dashboardu

Design dashboardu

Podobně jako u jiných softwarových nástrojů jsou i u dashboardů UI a UX důležitými prvky ovlivňujícími ergonomii a efektivitu práce s těmito nástroji (Fuchs, 2010). Aby business dashboardy přinášely uživatelům maximální přidanou hodnotu při podpoře rozhodování, je nutno reflektovat ustálená doporučení s ohledem na jejich design. Nejen samotný vzhled, ale i vhodné použití barev (Benbasat, Dexter a Todd, 1986) a symbolů (Bertin, 2011) hraje důležitou roli.

O tom, kolik prvků lze na dashboardu zároveň zobrazovat se v dostupné literatuře vedou diskuse. Za obecně uznávaný názor lze označit redukci informací nepodávající grafiky a objektů na rozumné minimum (Few, 2006; Tufte, 1983) a umožnit tak uživateli získat potřebné informace na první pohled (Few, 2004). Někteří autoři (Bera, 2014) jsou k tomuto požadavku striktní, veškerý prostor dashboardu nezobrazující relevantní informace by měl zůstat prázdný. Jakékoliv obrázky či jiná grafika ilustrativní povahy může působit rušivě a negativně ovlivňovat efektivitu práce s takovým dashboardem.

Z předchozích kapitol je zde vhodné také připomenout požadavek na možnost zobrazení celého dashboardu na jedné obrazovce. Dashboard by tedy nemělo být nutné nějakým způsobem posouvat, scrollovat, rozdělovat na několik sekcí (Few,

2004). Za určitých okolností může dashboard využívat členění formou záložek, ovšem pouze za předpokladu, že jednotlivé záložky poskytují spíše dodatečnou funkcionalitu a sekundární, doplňkové informace (Venrooij, Toet a van Erp, 2016). Stále tedy platí, že všechny informace, které dashboard poskytuje ke konkrétnímu úkolu jsou uviditelné na první pohled.

Efektivita dashboardu

Venrooij a kol. (Venrooij, Toet a van Erp, 2016) v těchto ohledech posuzují efektivitu dashboardů z hlediska jejich „potenciálu“. Pokud dashboard obsahuje všechny informace potřebné k řešení daného úkolu, je jeho potenciál 100%. Tato metrika ovšem nevypovídá nic o tom, jak snadné nebo složité je s informacemi v dashboardu pracovat. V tomto ohledu zmínění autoři hovoří o efektivitě dashboardu, tedy míře, do které dashboard komunikuje jím zobrazené informace intuitivně, pochopitelně, tak aby byla kognitivní zátěž uživatele při práci s ním co možná nejnižší (Orlov a kol., 2016). Exaktně lze podle autorů (Venrooij, Toet a van Erp, 2016) tento aspekt měřit skrze rychlost vyhledání potřebné informace nebo analýzou tzv. scan path, tedy metriky často používané v eye-trackingu vyjadřující pomyslnou cestu očních fixací stimulem.

Použití grafů

Reprezentace dat pomocí grafů je nedílnou součástí v mnoha odvětvích, jako věda, vzdělávání, masmédiá a stěžejní roli hraje samozřejmě i v business světě. I přes jejich frekventované užití stále existuje množství otázek ohledně vhodného použití grafů, např. s ohledem na úkol, zobrazovaná data nebo pozorovatele (Newman a Scholl, 2012), jejich designu a vlivu na vnímání jimi zobrazovaných dat (Cleveland a McGill, 1985).

Obecné vlivy spojené s počtem a stylem použitých grafů jsou soudobými autory analyzovány rovněž pomocí eye-tracking technologie (Orlov a kol., 2016).

Nejčastěji literatura (Few, 2013; Venrooij, Toet, a van Erp, 2016) zmiňuje následující doporučení, které je v návrhu experimentálního dashboardu vhodné respektovat:

- Pro reprezentaci změn v čase používat liniové grafy

- Pro porovnávání mezi kategoriemi používat sloupcové grafy
- Vyvarovat se nadužívání barev mimo informativní charakter
- Vyhýbat se používání koláčových grafů

Shrnutí vizuálních doporučení pro experimentální stimul

Jak již bylo zmíněno, při práci s dashboardy je tedy kladen důraz zejména na intuitivitu, flexibilitu a jednoduchost používání (Harel a Sitko, 2003). Kvalita dashboardu mimo jiné závisí na synergii zobrazených dat (Venrooij, Toet a van Erp, 2016) a jejich množství (Orlov a kol., 2016). Výběr z best practises relevantních pro potřeby stimulu použitého v této disertační práci lze shrnout do následujících kategorií:

Jednoduchost – Příliš mnoho funkcí a přehnaná komplexita reportů může být kontraproduktivní, pokud přesahuje znalosti a schopnosti uživatele (Korczak a kol., 2016).

Srozumitelnost – Prezentované informace nejsou dvojznačné, jejich význam je uživateli jasně zřetelný (Fuchs, 2010).

Přehlednost – Dashboardy by měly uživatele v první řadě informovat, rychle a intuitivně (Fuchs, 2010). Zobrazené informace by měly být logicky uspořádané tak, aby si uživatelé nemuseli pamatovat informace z jedné části obrazovky pro správnou interpretaci její druhé části. Celý dashboard by měl být zobrazen na jedné obrazovce (Few, 2004).

Intuitivita – U dashboardu se neočekává studium dokumentace, veškeré funkcionality dashboardu by měly být zřejmé a snadno dohledatelné (Nielsen, 1994). Samotný dashboard je konstruován s ohledem na pomoc při řešení konkrétního rozhodovacího problému. Příslušné informace by měly být snadno dohledatelné (Nielsen, 1994; Norman, 1988). Dashboard by svým designem neměl být závislý na zkušenosti uživatele.

Konzistence a standardizace – Formát vizualizace dat dashboardu by se neměl vymykat ustáleným konvencím, reprezentace dat by měla být snadno pochopitelná,

reprezentace dat grafy využívá jejich vhodné typy (Few, 2013; Cleveland a McGill, 1985).

Minimalistický design – Obrazovky dashboardů by neměly obsahovat informace nesouvisející s úkolem, ke kterému byly konstruovány (Nielsen, 1994; Norman, 1988).

100% potenciál - Pochopitelně, testovací dashboard musí obsahovat veškeré informace nutné ke zdárnému splnění experimentálního úkolu (Venrooij, Toet a van Erp, 2016).

Pro úplnost lze zmínit i další doporučení, která není nutno pro potřeby této práce reflektovat, těmi mohou být např. možnost tisku dat z dashboardu nebo podobně export do běžných formátů MS Office (*.docx, *.xlsx, *.pptx) nebo *.pdf (Fuchs, 2010).

4.1.2 Obsahové aspekty dashboardu

Pro návrh experimentálního dashboardu bylo rovněž nutné zohlednit i další, obsahové faktory.

Znalost předmětné domény a pochopitelnost zadání úkolu

Nejen forma prezentace dat (Bacic a Appan, 2012) ale i znalost domény zobrazovaných dat a jejich vzájemná vazba (Cardinaels, 2008) mohou efektivitu práce s business dashboardem ovlivnit.

Díky moderním analytickým nástrojům jako jsou dashboardy se k běžnějším uživatelům dostávají pojmy dříve určené spíše statistikům, datovým analytikům apod. (Bačić a Fadlalla, 2016). Správná interpretace takových veličin nemusí být vždy samozřejmostí (McGrew, 2009), jako příklad lze uvést problematiku průměru a mediánu mezd.

Problematický může být ale i samotný obor zobrazovaných dat. Know-how spojené se specifickou doménou si lidé budují dlouhodobě, skrze jejich praxi, systematicky např. díky motivaci spojené s dobrými pracovními výkony (McGrew, 2009; McGrew a Evans, 2004). Tyto znalosti reprezentují obeznámenost s příslušnou předmětnou

oblastí (Wildemuth, 2004), jedná se tak nezanedbatelný aspekt kognitivního systému (Hambrick a Engle, 2002), který je nutno reflektovat i v návrhu experimentu. Analytické schopnosti uživatele mohou být závislé na znalosti sémantiky dat, vazeb mezi jednotlivými ukazateli atd. (Korczak a kol., 2016; Sinha a Zhao, 2008). Pochopitelně, pokud uživatel není schopen díky nedostatku znalostí adekvátně interpretovat prezentované klíčové ukazatele (KPI), posuzování efektivity jeho práce s daným nástrojem pro podporu rozhodování není objektivní (Korczak a kol., 2016). Data, se kterými respondenti během testování pracovali proto nebyla zatížena požadavkem na specifické doménové znalosti.

Povaha primárně řešeného úkolu

Design experimentu a řešená úloha musí být imunní vůči míře znalostí specifických domén, Korczak a kol. (Korczak a kol., 2016) sice navrhuje použití ontologie pro substituci nedostatku expertízy posuzovatele, pro výzkumný záměr této práce bylo ovšem vhodnější použít typ úkolu, který není tímto aspektem zatížen. Zadaný úkol musí být tedy nastaven tak, aby jej zvládl respondent s běžnou znalostí na úrovni vysokoškolského studenta v business oborech. U této kategorie respondentů bylo možné předpokládat schopnost interpretace dvojrozměrných dat reprezentovaných grafem v doméně základních ekonomických ukazatelů.

Experimentální úkol by tedy neměl vyžadovat nutnost znalosti specifické domény a měl by být dostatečně snadno pochopitelný, aby neovlivňoval experiment skrze chyby respondentů související s neporozuměním zadání (Orlov a kol., 2016). S ohledem na soubor respondentů tvořený studenty oborů na pomezí IT a manažersko-ekonomických disciplín (viz 4.4.2) lze předpokládat jejich orientaci v základních typech grafů, stejně jako v základní business terminologii. V zadaném experimentálním úkolu tedy bylo možné se inspirovat obdobnými zadáními jako použili např. Calitz a kol. (Calitz, Bosire a Lane, 2012), kdy respondenti hledali odpověď na průměrný věk zákazníků objedávajících jízdní kola fiktivní firmy apod. Ještě vhodnější byla, s ohledem na hledání v datech vizualizovaných grafy, inspirace Berou (Bera, 2014). V jeho experimentu byli respondenti dotazováni na určení počtu období, ve kterém byl počet uskutečněných prodejů roven počtu otevřených obchodů na fiktivním nemovitostním trhu. Obě veličiny lze snadno reprezentovat

základními typy grafů (v případě zmíněné studie sloupcovým a liniovým). Respondent zároveň potřeboval určitý čas a vícero očních fixací k porovnání obou grafů a spočtení hledaných období. Analogický návrh experimentálního úkolu byl tak plně vyhovující i pro použití v rámci této disertační práce.

Komplexita dashboardu ohraničující délku experimentu

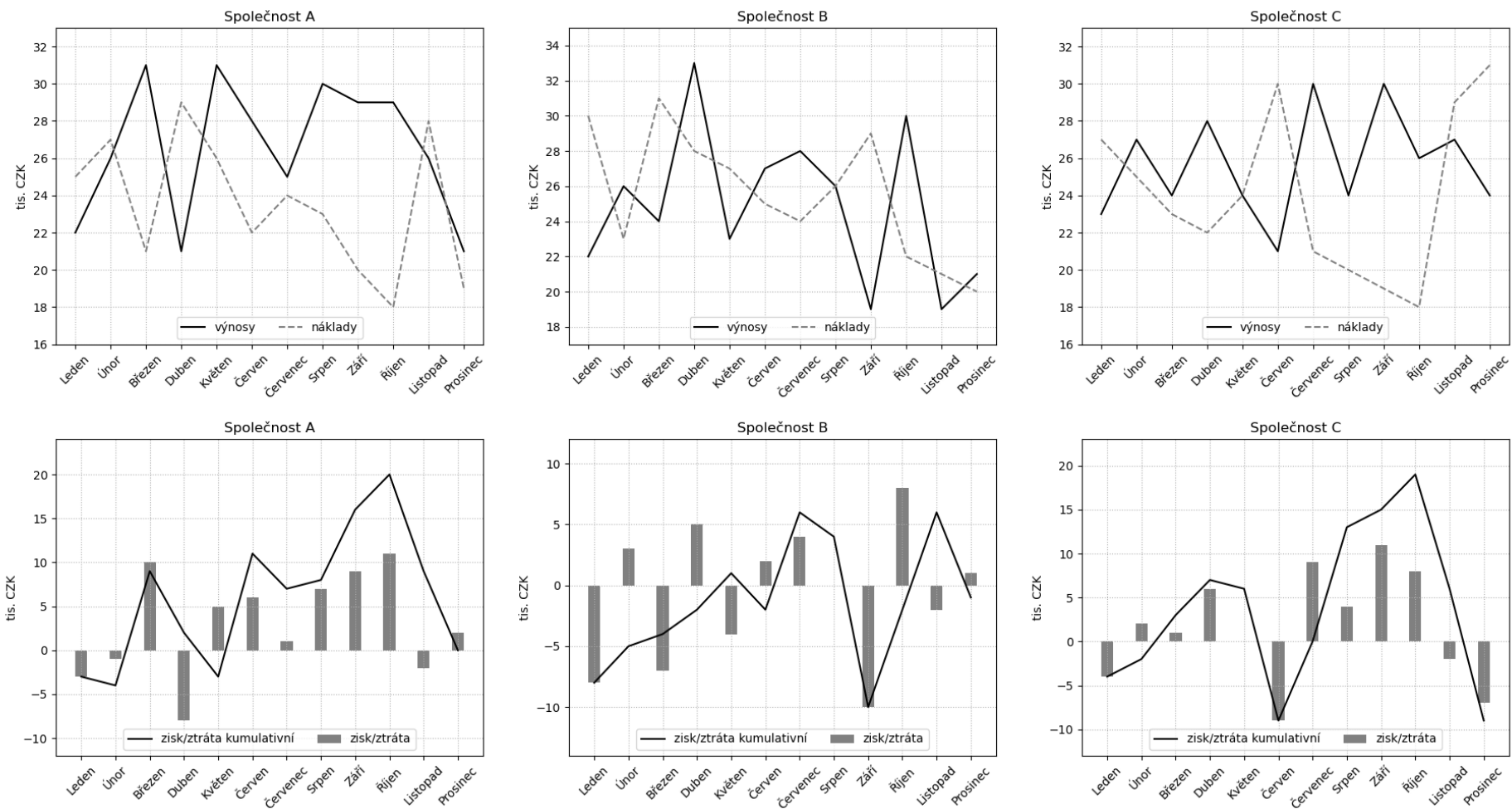
Kvalita dashboardu tedy závisí na synergii zobrazených dat (Venrooij, Toet a van Erp, 2016) a jejich množství (Orlov a kol., 2016). Právě počet informací zobrazených v dashboardu pochopitelně zvyšuje počet a čas fixací nutných k jeho zmapování (Bera, 2014), tímto aspektem lze pro potřeby experimentu škálovat průměrnou očekávanou dobu nutnou ke splnění úkolu tak, aby bylo možné realizovat experiment včetně simulace přerušujícího elementu.

Bera (Bera, 2014) ve své studii testuje rušivý vliv nesouvisejícího titulku, ilustračního obrázku ale také pozici a výskyt grafu plně nesouvisejícího s plněným úkolem. Analogickým způsobem lze do jisté míry škálovat průměrnou dobu nutnou ke splnění experimentálního úkolu, a tím vyhovět navrhované metodice včetně přerušení, v této práci byl nicméně kladen důraz na efektivitu dashboardu jako takového. Dashboard konstruovaný pro experimentální účely proto dodržoval základní pravidlo, tj. poskytování koherentních informací k řešení konkrétního úkolu bez informací nesouvisejících s úkolem (Vessey, 1991; Vessey a Galletta, 1991). Požadované kognitivní náročnosti zpracování bylo dosaženo vhodným počtem grafů nutných zpracovat pro dokončení úkolu (Orlov a kol., 2016).

4.1.3 Testovací business dashboard

V návaznosti na uvedenou literární rešerši byl pro vlastní testování byl navržen následující dashboard:

Pro které společnosti platí, že období spojené s nejnižšími náklady je zároveň obdobím s nejvyšším měsíčním i kumulativním ziskem? Pro zadání odpovědi stiskněte ENTER



Obrázek 1 - Testovací dashboard (autor)

Dashboard zobrazoval fiktivní, základní ekonomická data o třech společnostech A, B a C. Vstupní data vizualizací byla dashboardem pro každou iteraci experimentu generována pseudonáhodně. Horní řada grafů ilustrovala pro každou ze zmíněných společností vývoj nákladů a výnosů v období jednoho roku. Spodní řada grafů zobrazovala zisk/ztrátu v dílčích obdobích (měsících) a jejich kumulativní hodnotu.

Základním zadáním pro experimentální úkol bylo odpovědět na otázku „*Pro které společnosti platí, že období spojené s nejnižšími náklady je zároveň obdobím s nejvyšším měsíčním i kumulativním ziskem?*“.

Záznam odpovědi mohly respondenti iniciovat samostatně. Doba experimentu byla stanovena nalezením správné odpovědi. Vždy existovala právě jedna správná odpověď zaznamenaná pomocí check-boxů, tj. vícenásobný výběr z odpovědí:

- Společnost A
- Společnost B
- Společnost C

Pro posouzení komplexity dashboardu (Orlov a kol., 2016) byl vykonán pilotní výzkum mapující teoretickou minimální dobu potřebnou pro zaznamenání odpovědi. Bez ohledu na správnost odpovědí byl průměr této doby 189 s ($n = 6$; $\sigma = 70,8$ s), v tomto čase respondenti průměrně signalizovali dostatečné zmapování stimulu a zpracování informací pro zaznamenání odpovědi na experimentální otázku. Žádný z respondentů v tomto čase ovšem neodpověděl správně, bylo tedy možné usuzovat, že čas nutný k řešení žádného úkolu by s ohledem na jeho kognitivní náročnost (Bera, 2014; Orlov a kol., 2016) v průměru neměl ve vlastním experimentu tento čas podkročit.

Dashboard tak splňoval vytyčené předpoklady:

- Zobrazení je možné na jedné obrazovce (Few, 2004; Few, 2006)
- Zobrazené informace jsou jednoznačné (Fuchs, 2010)
- Je dodrženo zásad pro použití grafů (Few, 2013; Venrooij, Toet a van Erp, 2016; Cleveland a McGill, 1985)
- Jsou zobrazeny pouze pro úkol relevantní informace (Few, 2006; Tufte, 1983; Bera, 2014; Nielsen, 1994; Norman, 1988)
- 100% potenciál stimulu (Venrooij, Toet a van Erp, 2016)
- Maximální efektivita (Orlov a kol., 2016) stimulu ve smyslu délky scan path (Fuchs, 2010)
- Stimul nepoužívá žádné barvy s ohledem na neutralitu poutání pozornosti barvami (Bera, 2016)
- Komplexita dashboardu je implikována očekávanou délkou nutnou k řešení úkolu (Korczak a kol., 2016)
- Dle teoretických poznatků o pozornosti (Treisman a Gelade, 1980) statická verze dashboardu využívala pouze barevné škály v odstínech šedi.

Jak již bylo zmíněno, takto zkonstruovaný dashboard byl a priori určen pro Experiment 1 s tím, že pokud by tento experiment odhalil jeho nedostatky nebo prostor pro optimalizaci, byl by pro Experiment 2 patřičně upraven. Jelikož však výsledky Experimentu 1 tuto nutnost nenaznačovaly, byl dashboard byl použit pro oba experimenty. Z tohoto důvodu metodika konstrukce dashboardu uvedena pouze v této části práce.

4.1.4 Simulované přerušení

Nedílnou součástí experimentálního ověření byla i simulace externího přerušení, podobně jako ve skutečném pracovním prostředí (Czerwinski, Horvitz a Wilhite, 2004). Simulované přerušení musí být dostatečně kognitivně náročné, aby došlo k přerušení toku myšlenek souvisejících s plněním primárního úkolu (Miyata a Norman, 1986).

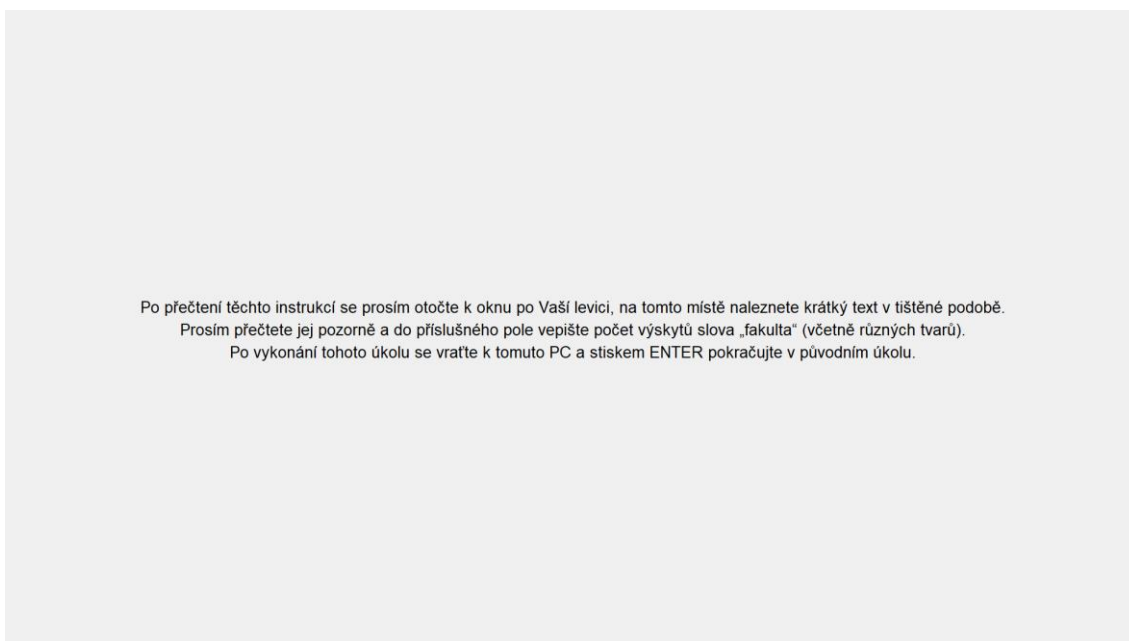
Pro počáteční iniciaci přerušení lze použít např. pop-up oznámení (Addas a Pinsonneault, 2015) s pokyny k vykonání sekundárního úkolu. Tento typ přerušení díky překrytí primárního stimulu uživateli okamžitě zamezí perцепčnímu zpracovávání primárního stimulu a redukuje tak možnost adaptace uživatele na vzniklé přerušení na úplné minimum. V realitě se běžně vyskytující přerušení, jako např. telefonáty (Miyata a Norman, 1986), ale alespoň jistou míru adaptace na vzniklé přerušení umožňují. Před zareagováním na vyzvánění, lze alespoň elementární myšlenkové pochody dokončit (Werner a kol., 2009). Z tohoto pohledu mohou být přerušení této povahy sice méně kritická, ovšem o to běžnější (Miyata a Norman, 1986).

Z uvedených důvodů bylo v Experimentu 1 použito dvou typů externích přerušení. Překrytí primárního stimulu pop-up oknem demonstrovalo striktní přerušení bez možnosti jakékoliv odložení. Zvuková výstraha doprovazená instrukcemi obsluhy simulovala např. zmíněný telefonát a umožňovala díky určité prodlevě možnost uživateli se na přerušení primární činnosti lépe adaptovat např. formou cíleného zapamatování si poslední myšlenkové aktivity (Ratwani a Trafton, 2008).

Na otázku, kdy toto přerušení iniciovat pomohl odpovědět již zmíněný předvýzkum ($n = 6$; *průměr* = 189 s; $\sigma = 70,8$ s). Minimální doba nutná k respondentovu subjektivně dostatečnému zmapování stimulu byla 126 s. S ohledem na tato data byla doba pro vyvolání simulovaného přerušení stanovena na 90 s od započetí řešení primárního úkolu. Tímto způsobem byla minimalizována pravděpodobnost situace, kdy respondent ukončí řešení primárního úkolu ještě před vyvoláním simulovaného přerušení.

Dostatečná kognitivní náročnost simulovaného přerušení zapříčiňující odtržení respondentova mysli od kontextu primárního úkolu byla vhodně obsažena v navrhovaném (Toreini, Langner a Maedche, 2018) pokynu k přečtení tištěného nesouvisejícího textu (Miyata a Norman, 1986) o několika odstavcích.

Simulované přerušení pomocí pop-up okna zakrývajícího stimul primárního úkolu ilustruje následující obrázek:



Obrázek 2 – Pop-up přerušení (autor)

„Po přečtení těchto instrukcí se prosím otočte k oknu po Vaší levici, na tomto místě naleznete krátký text v tištěné podobě.

Prosím přečtete jej pozorně a do příslušného pole vepište počet výskytů slova „fakulta“ (včetně různých tvarů).

Po vykonání tohoto úkolu se vraťte k tomuto PC a stiskem ENTER pokračujte v původním úkolu.“

Oproti návrhu (Toreini, Langner a Maedche, 2018) je obohacena o jednoduchý úkol spočívající ve spočtení a zapsání počtu slov „Fakulta“ v následujícím textu:

Vítejte na Fakultě informatiky a managementu Univerzity Hradec Králové!

Motto:

Je mnoho míst, kde můžeš získat diplom,

ale je mnohem více míst,

kam se dostaneš s diplomem

z Fakulty informatiky a managementu Univerzity Hradec Králové.

Fakulta informatiky a managementu je moderní školou rozvíjející perspektivní obory a úzce spolupracující s praxí. Studuje na ní 1800 studentů ve třech studijních programech.

Úspěšně se rozvíjí mezinárodní spolupráce. Pracovníci a studenti mají nadstandardní možnosti studijních pobytů na univerzitách v rámci Evropské unie i mimo ni, fakulta vzdělává řadu zahraničních studentů.

Nedílnou součástí činností fakulty je výzkum a spolupráce s aplikovanou sférou.

Institut dalšího vzdělávání, který je součástí fakulty, pořádá řadu odborných kurzů a školení pro instituce, firmy i jednotlivce.

Počet výskytů slova „fakulta“ vepište sem:

Obrázek 3 - Text přerušujícího úkolu (UHK, 2020)

V případě zvukového přerušení zazněl po 90 s prohlížení primárního stimulu signalizační tón, spolu s ním obsluha experimentu instruovala respondenta k vykonání shodné přerušující činnosti, tak aby nedošlo k přílišnému otálení s přechodem k přerušujícímu úkolu. Přesto v této variantě vznikl jako v běžném životě prostor pro určitou adaptaci respondenta vzhledem k přerušení primární

činnosti. I v této variantě byl však stimul primárního úkolu po 5 s automaticky zakryt.

Analogicky ke konstrukci dashboardu, i forma simulovaného přerušení byla a priori určena pro Experiment 1, jelikož tento potvrdil vhodnost jejího použití, byla shodná forma přerušující činnosti rovněž použita pro oba experimenty.

Samotný stimul, dashboard včetně mechaniky automatizovaného přerušení, byl vyvinut jako stand-alone aplikace pro operační systém MS Windows (*.exe) v programovacím jazyce Python za použití PyCharm Community Edition 2019.3.3 x64. Tato základní verze pro potřeby Experimentu 1 obsahovala následující funkce:

- Vygenerování pseudonáhodného zadání pro každého respondenta s právě 1 správnou a jednoznačnou odpovědí
- Vykreslení fixačního kříže (viz [4.4.2](#))
- Vykreslení zadání v podobě grafů
- Měření čistého času řešení úkolu (bez přerušení a kalibrací na fixační kříž)
- Vyvolání přerušení po 90 s řešení úkolu (pop-up, zvukové) pro relevantní skupiny
- Vykreslení fixačního kříže
- Dialog pro zaznamenání odpovědi respondentem po stisku klávesy *ENTER*
- Vyhodnocení odpovědi respondenta
- Počítadlo počtu pokusů o odpověď

4.2 Metodika Experimentu 1

V rámci prvního experimentu bylo využito statické verze stimulu, neobohacené o práci s pozorností uživatele. Cílem tohoto experimentu bylo:

1) Ověření vlivu externích přerušení při práci s business dashboardy

Soubor respondentů byl rozdělen na 3 skupiny, přičemž kontrolní plnila kognitivně náročný experimentální úkol nad stimulem bez simulovaných přerušení, zbylé části souboru včetně simulovaného přerušení. Bylo využito dvou typů externích přerušení, pomocí pop-up okna a pomocí zvuku. Pop-up okno přerušilo vizuální

vazbu respondenta s primárním úkolem okamžitě, přičemž zvukovým přerušením bylo respondentovi avizováno, že má řešený úkol dle instrukcí přerušit, vizuální vazba na stimul však byla nadále k dispozici (po dobu 5 s).

Čas byl měřen v sekundách, odpovědi byly vyhodnocovány z hlediska jejich počtu vedoucím ke správnému výsledku. Počet možných odpovědí byl konečný (celkem 8 kombinací) a experimentální zadání mělo právě jednu správnou odpověď, experiment tedy vždy končil korektním splněním zadaného úkolu. Celkový čas experimentu byl zdola i shora ohraničen momentem nalezení správné odpovědi respondentem. Čas nutný pro provedení činnosti v simulovaném přerušení příslušné podmnožiny testovacího souboru nebyl do celkového času plnění úkolu pochopitelně započítáván.

4.2.1 Design studie a statistický aparát

Vlivu typu stimulu a pohlaví na kardinální vysvětlované veličiny byl ověřen pomocí faktorové analýzy rozptylu (ANOVA). Pro relevantní využití tohoto aparátu byly splněny předpoklady o minimální velikosti souboru, resp. velikosti každé podskupiny tvořené příslušnými mezi-skupinovými faktory (Hair a kol., 1998). Pro metriky neměnné v čase byla využita dvou-faktorová analýza rozptylu, kde typ stimulu a pohlaví tvořili dva mezi skupinové faktory, vysvětlovanou proměnnou byla vždy jedna ze sledovaných náhodných veličin. Pro metriky proměnné v čase byla s ohledem na posouzení odchylek od trendu (viz [5.4.2](#) a [6.4.2](#)) využita tří-faktorová analýza rozptylu, kde typ stimulu a pohlaví tvořili dva mezi skupinové faktory, časový interval tvořil vnitroskupinový faktor, vysvětlovanou proměnnou byla veličin počtu fixací v časovém intervalu.

Odlehlé hodnoty (outliers) byly posuzovány na základě krabicových grafů (s ohledem na jejich množství nejsou součástí tohoto textu). Předpoklad normality byl posouzen pomocí Shapiro-Wilkova testu normality pro každou podmnožinu souboru tvořenou jednotlivými faktory. Pro předpoklad homoskedasticity, tj. shody rozptylů bylo využito Levenova testu. V případě tří-faktorové analýzy rozptylu s vnitroskupinovým faktorem (časový interval) byl předpoklad sféricity posuzován na základě Mauchlyho testu.

Vliv na nominální vysvětlované proměnné (výskyt negativní emoční valence) byl vyhodnocen pomocí chí-kvadrát testu homogenity.

4.2.2 Výběr souboru respondentů

Soubor respondentů byl s ohledem na níže uvedené požadované charakteristiky cílové populace proveden specifickým výběrem, tak aby prvky souboru tyto vlastnosti odrážely. Z pohledu proveditelnosti a vzhledem k pilotní povaze průzkumu byla rovněž zapojena metoda tzv. convenience sampling, tedy získání respondentů s ohledem na jejich dostupnost a realizovatelnost (Henry, 1990; Saunders, Lewis a Thornhill, 2012). Jelikož se respondenti oslovení z takto dostupného souboru cílové populace experimentu účastnili dle jejich nezávislého rozhodnutí, nebylo již dále nutno extrahovat z takto získaného pseudonáhodnou podmnožinu souboru (Saunders, Lewis a Thornhill, 2012).

Z těchto důvodů byl soubor respondentů tvořen vysokoškolskými studenty se zaměřením na manažersko-ekonomické a IT obory, tedy částí populace, u které lze práci s business dashboardy a manažerský směr kariérní dráhy v budoucnu obecně očekávat. U studovaných oborů rovněž platí i předpoklad schopnosti interpretace základních ekonomických údajů a dvojrozměrných dat reprezentovaných grafy.

O respondentech byla sbírána základní demografická data jako pohlaví a věk.

Zrakové vady

V případě použití eye-tracking technologie jako stěžejního aparátu pro příslušné experimenty bylo nutno zohledňovat i zrak respondentů (Orlov a kol., 2016). S respondenty nebyly realizovány testy zraku, nicméně náhodný výběr souboru respondentů byl bezprostředně před experimentem na základě rozhovoru filtrován na respondenty bez zásadních zrakových defektů. Podmnožina respondentů s běžnými vadami zraku byla vyzvána během experimentu používat předepsané zrakové pomůcky (brýle, kontaktní čočky), tyto zrakové pomůcky nejsou pro eye-tracking technologii ve většině případů problémem. V ojedinělých případech, kdy uvedené pomůcky narušují kvalitu měření eye-trackerem, byl tento fakt odhalen již během kalibrace přístroje na příslušného respondenta. Tito respondenti poté nebyli k vlastnímu testování připuštěni.

Učení se

Za účelem dosažení nezávislosti měření (Hair a kol.,1998) byl každý prvek zmíněných souborů unikátní, žádný respondent se tedy neúčastnil experimentu s příslušností do dvou či více skupin tvořených faktory.

4.2.3 Použité technologie

Pro realizaci jednotlivých experimentů byla využita eye-tracking laboratoř při FIM UHK. Laboratoř je vybavena softwarovým aparátem iMotions (v9.1.27), který integruje UI pro přípravu základních náležitostí experimentu včetně prezentace stimulu, rozhraní na sensoriku, tedy eye-tracker (Tobii X2-60), facial expression algoritmy (Affectiva AFFDEX), sběr, ukládání a nástroje pro analýzu a vizualizaci těchto dat těchto dat.

Samotný stimul byl skrze PC o specifikacích Intel(R) Core(TM) i7-6700, CPU @ 3.40GHz, s pamětí: 8.00GB, operačním systémem: Microsoft Windows 10, prezentován na FullHD monitoru HP s úhlopříčkou 22“, tj. o nativním rozlišení 1920 x 1080px při 60 Hz.

Oční pohyby zaznamenával již zmíněný eye-tracking hardware Tobii X2-60 s citlivostí 60 Hz, který byl pro daný experimentální účel plně dostačující. Tento eye-tracker je neinvazivní povahy připevněný ke spodní straně monitoru, svojí velikostí a vzezřením nijak nenarušuje přirozené podmínky práce s počítačem. Detekce fixací, resp. jejich identifikace z dat naměřených eye-trackerem probíhá na úrovni nástroje iMotions s použitím vědeckou komunitou doporučovaného fixačního filtru I-VT (Olsen, 2012). Kalibrace respondentů byla s ohledem na přesnost měření provedena pomocí devítibodové procedury. Vyhodnocení projevů negativní emoční valence probíhalo pomocí web kamery Logitech C920, rovněž tedy plně neinvazivní a experiment neovlivňující.

Data pro statistické ověření jednotlivých hypotéz byla zpracována pomocí softwarového nástroje IBM SPSS Statistics 28.

4.2.4 Procedura

Před započítím samotného experimentu byly respondenti seznámeni s povahou experimentu, zejména analýzou jejich chování formou eye-tracking a pořizováním obrazového záznamu pro analýzu výrazu v obličeji, se kterým udělili písemný souhlas dle etického ujednání. Následovalo seznámení s povahou řešeného úkolu a předání informace o možných doplňkových instrukcích simulujících externí přerušeni.

Instrukce

Kompletní instrukce experimentu detailněji seznámily respondenty s cílem odpovědět na experimentální otázku, pokud možno v co nejkratším čase, avšak s ohledem na správnost odpovědi:

„V následujícím experimentu Vám bude zobrazen business dashboard ilustrující základní ekonomická data 3 společností A, B, C. Vaším úkolem je zejména správně, ale také pokud možno v co nejkratším čase odpovědět na následující otázku:

Pro které společnosti platí, že období spojené s nejnižšími náklady je zároveň obdobím s nejvyšším měsíčním i kumulativním ziskem?

(Tato testovací otázka bude v průběhu experimentu stále viditelně zobrazena, není tedy nutné si ji nyní zapamatovat.)

Odpověď lze zaznamenat do formuláře, který vyvoláte stiskem klávesy ENTER. V případě správné odpovědi se experiment automaticky ukončí, v opačném případě budete mít možnost zobrazovaná data dále studovat a pokusit se odpovědět znovu.

Pro úspěšné vyhodnocení úkolu je předpokládána znalost těchto základních ekonomických pojmů:

Zisk = výnosy – náklady

Ztráta = záporný zisk

Kumulativní = suma (součet) po sobě jdoucích

V průběhu experimentu se mohou objevit nebo zaznít doplňkové instrukce, pokud tak nastane, respektujte jimi specifikované pokyny.

Tato formulované experimentální zadání:

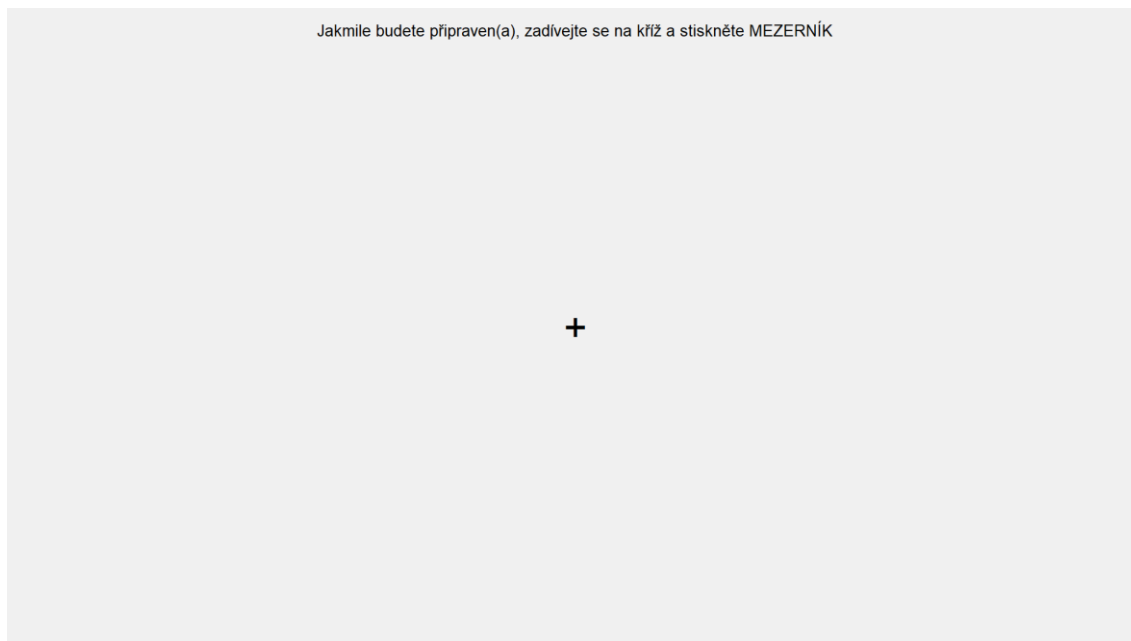
- Bylo jednoznačné, během experimentu stále k dispozici (Orlov a kol., 2016)
- Používalo univerzální předmětné domény, resp. ukazatelů jednoznačně interpretovatelných studenty business vysoké školy (Korczak a kol., 2016; Cardinaels, 2008; Bačić a Fadlalla, 2016; McGrew, 2009), použité pojmy byly navíc v rámci instrukcí definovány
- Bylo nezaujaté, jelikož předkládalo shodné podmínky pro všechny respondenty bez ohledu na jejich zařazení do skupin jednotlivých experimentů

Již před monitorem experimentálního PC byla respondentem provedena kalibrace jednotlivých senzorů (eye-tracker, analýza obrazu z web kamery). Nejprve byla pomocí kalibrace eye-trackeru minimalizována průměrná úhlová odchylka mezi směrem pohledu oka jednotlivce a směrem pohledu detekovaným eye-tracking technologií. Díky individuálním predispozicím je nutno kalibrovat každého respondenta zvlášť (Nesterak, 2018). Validace klíčových bodů v obličeji pro analýzu výrazu v obličeji byla posouzena pomocí vestavěného nástroje modulu Affectiva AFFDEX.

Ovlivnění předchozí činnosti

Byť v pojetí této disertační práce vykonávali respondenti vždy jeden primární a popř. jeden přerušující úkol v rámci měření, ovlivnění předchozí činnosti nelze v případě měřicí metody jako je eye-tracking zanedbat (Orlov a kol., 2016). Aby byly zachovány shodné výchozí podmínky prohlížení pro celý soubor respondentů, před započítím samotného experimentu, resp. jeho měřené části a po návratu z přerušující činnosti, byl každému respondentovi v těchto momentech dashboardem automaticky zobrazen tzv. fixační kříž (Franěk a kol., 2018). Tímto bylo zaručeno, že všichni respondenti začínali prohlížet stimul přibližně na stejných souřadnicích ($x = 960 \text{ px}$, $y = 540 \text{ px}$).

Po zobrazení fixačního kříže (Orlov a kol., 2016; Franěk a kol., 2018):



Obrázek 4 – Fixační kříž (autor)

a jeho zafixováním zrakem respondenta byl po stisku klávesy *MEZERNÍK* zahájen samotný experimentální úkol, popř. v něm bylo pokračováno v momentech návratu z přerušení.

Metodicky tak bylo u experimentu zajištěno, že:

- Měření bylo robustní vůči předchozí činnosti (čtení instrukcí) (Orlov a kol., 2016; Franěk a kol., 2018)
- Soubor respondentů byl odlišný pro jednotlivé skupiny experimentu
- Metriky ilustrované grafy v experimentálním stimulu byly generovány pseudonáhodně pro každého respondenta zvlášť, správné odpovědi tak byly nepřenositelné
- S ohledem na kognitivní zátěž (Zhu a Watts, 2010; Tegarden, 1999) byly informace o možném výskytu doplňkových instrukcí zobrazovány celému souboru respondentů, tj. včetně kontrolní skupiny bez přerušení

4.3 Obohacení testovacího stimulu o práci s pozorností uživatele

S ohledem na cíl 2) *Návrh a vývoj prototypu attention-aware dashboardu* byly do testovacího dashboardu implementovány funkce vyhodnocení a vizualizace pozornosti uživatele. Jak již bylo uvedeno chronologicky došlo k uvedenému obohacení původního testovacího stimulu až po justifikaci směru práce a potvrzení použitelnosti metodických aspektů formou Experimentu 1.

Dle teoretických poznatků o pozornosti (Treisman a Gelade, 1980) bylo při jejich implementaci využito barev, tyto v rámci vizualizací znázorňovaly uživatelské předchozí chování a podporovaly jej tak v návazání na přerušenu činnost (Toreini, Langner a Maedche, 2018). Z tohoto pohledu práce rozlišuje 2 typy dashboardů pracujících s pozorností uživatele, resp. 2 typy pomocných vizualizací. První z nich vychází z návrhu Toreiniho a kol. (Toreini, Langner a Maedche, 2018), druhý využívá návrh autora práce pomocí gaze plot vizualizace.

4.3.1 Attention-aware dashboard dle Toreiniho a kol.

Toreini a kol. (Toreini, Langner a Maedche, 2018) navrhuje pro zpětnou vazbu o předchozím prohlížení business stimulu použít trojí vizualizaci:

1) Prvky, kterým nebyla před přerušením věnována dostatečná pozornost

Prvním typem je pomocná vizualizace mající za úkol evokovat v respondentovi pocit, že příslušné prvky vyžadují další dodatečné pozornosti. Z pilotních testů autorům (Toreini, Langner a Maedche, 2018) vyplynulo, že pro grafy s obdobnou měrou komplexity jako těm v této práci je minimální doba nutná pro uspokojivé zrakové zpracování informací v grafu souvislých 8 s. Prvky stimulu, grafy, kterým se před simulovaným přerušením nedostane pozornosti uživatele alespoň po tuto dobu, jsou při návratu po přerušeni činnosti vizualizovány jako poloprůhledné.

2) Prvky, kterým byla před přerušením věnována dostatečná pozornost

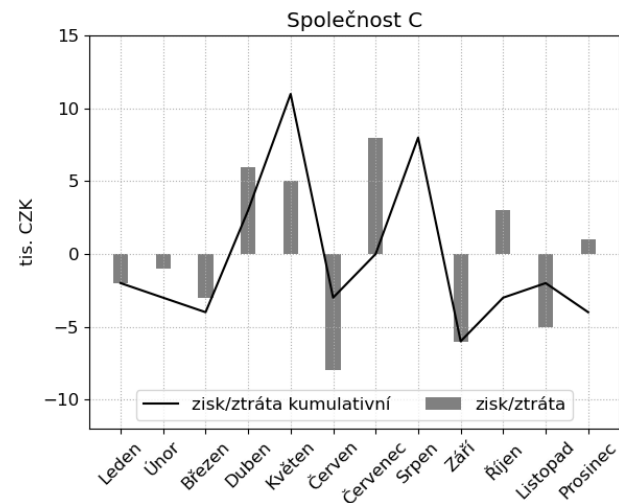
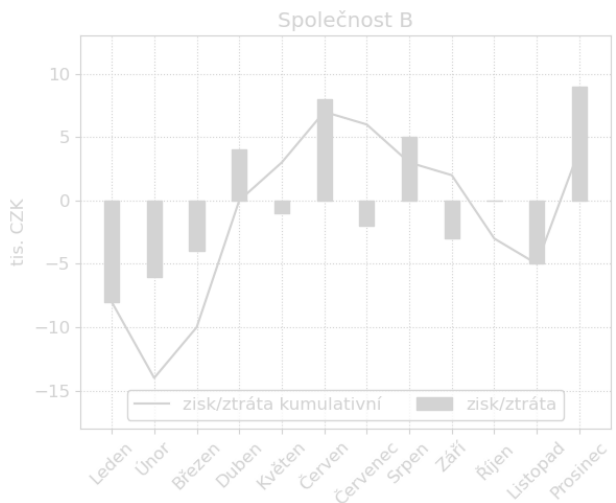
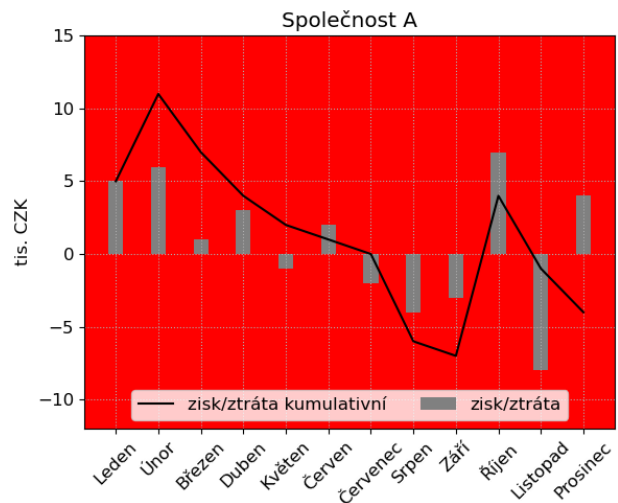
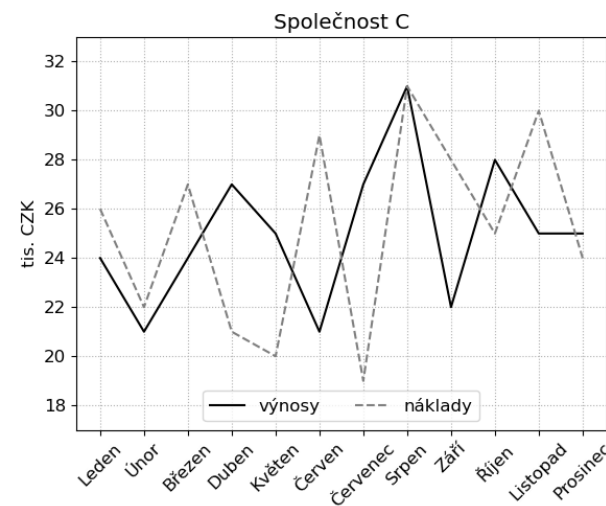
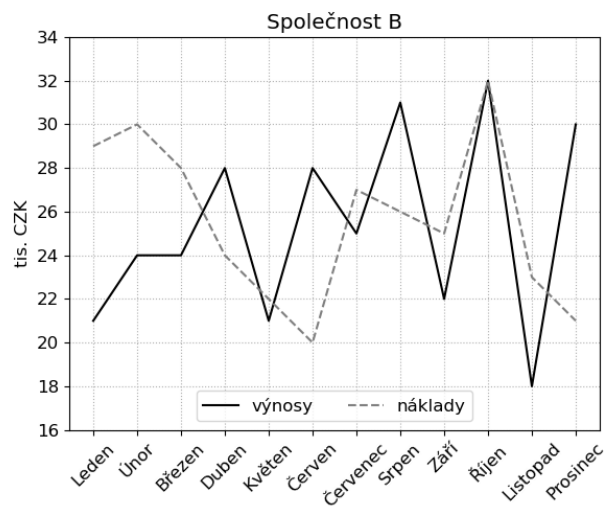
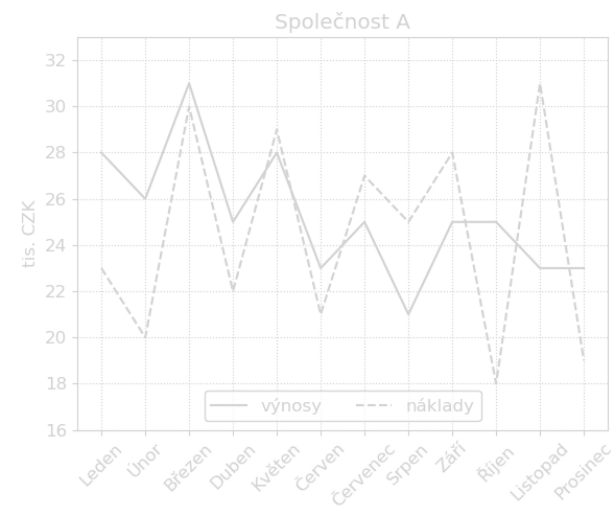
Zmíněný osmi vteřinový práh (Toreini, Langner a Maedche, 2018) se uplatňuje i zde, po návratu k primární činnosti, ovšem grafy fixované zrakem po dobu alespoň 8 s zůstávají v běžném zobrazení.

3) Prvky, které byly před přerušením fixovány naposled

Soubor prvků, graf, které respondent fixoval naposled bezprostředně před simulovaným přerušením navrhují autoři (Toreini, Langner a Maedche, 2018) zvýraznit červenou barvou, tak aby bylo spolehlivě dosaženo upoutání pozornosti (Treisman a Gelade, 1980).

Souhrnně jsou pomocné vizualizace dle návrhu Toreiniho a kol. (Toreini, Langner a Maedche, 2018) ilustrovány následujícím obrázkem. V ilustrační situaci znázorňující pomocnou vizualizaci během resumption lagu (Altmann a Trafton, 2004) byly před simulovaným přerušením grafy na souřadnicích (1;2), (1;3) a (2;3) fixovány déle než 8 s, graf na souřadnicích (2;1) byl posledním fixovaným a zbylé grafy (1;1) a (2;2) nedosáhly před přerušením souvislé doby fixací 8 s.

Pro které společnosti platí, že období spojené s nejnižšími náklady je zároveň obdobím s nejvyšším měsíčním i kumulativním ziskem? Pro zadání odpovědi stiskněte ENTER



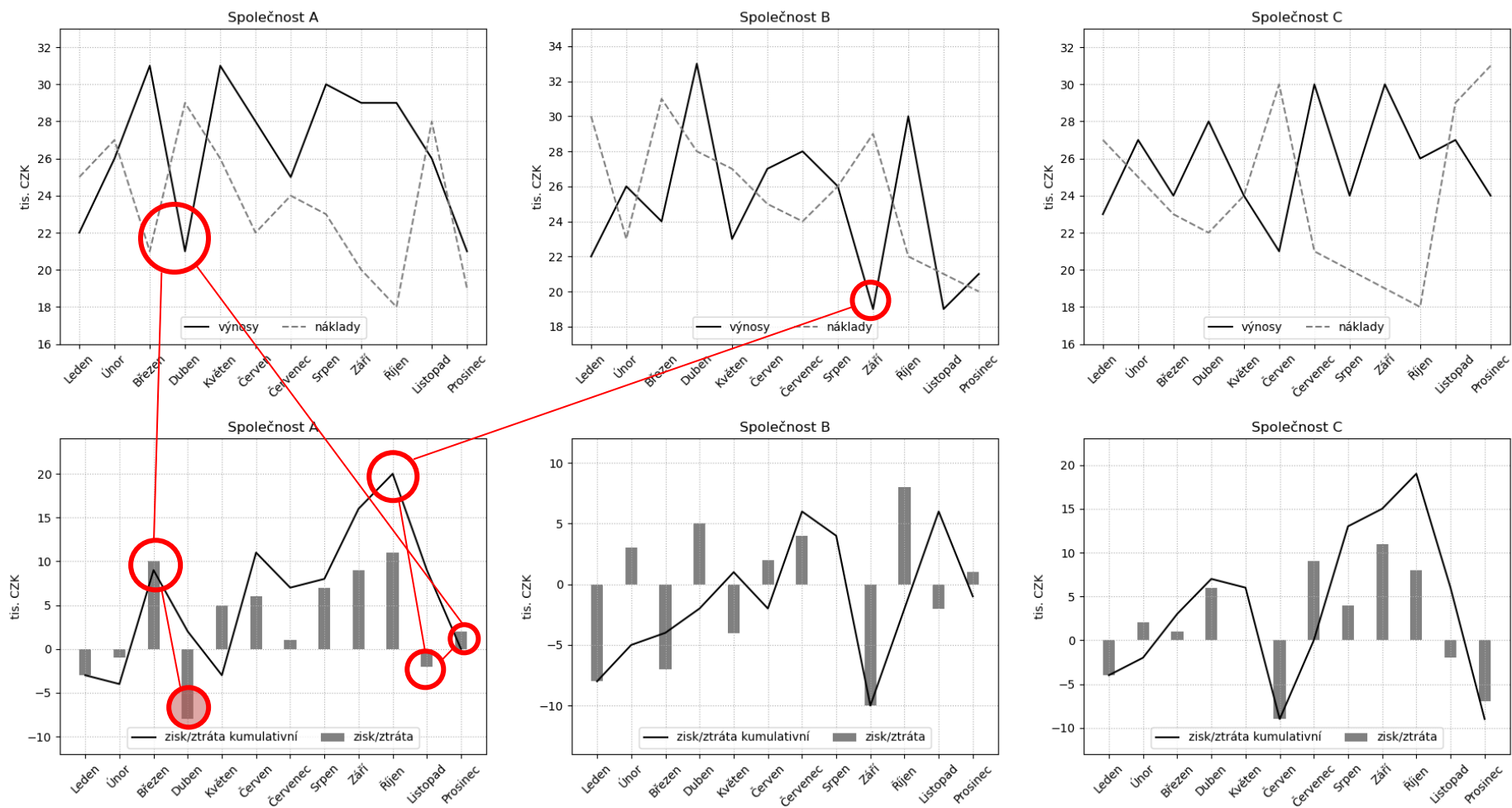
Obrázek 5 - Ilustrace Attention-aware funkcionality dle Toreiniho (autor)

Uvedená vizualizace byla respondentům zobrazena prvních 5s prohlížení po návratu z přerušené činnosti.

4.3.2 Attention-aware dashboard dle autora práce

Toreiniho (Toreini, Langner a Maedche, 2018) návrh podpůrných vizualizací je v jejich pilotním návrhu uplatňován s ohledem na míru zapamatování si prohlíženého stimulu. Předmětem výzkumu této disertační práce byla podpora kognitivních schopností uživatele ve smyslu redukce resumption lagu (Altmann a Trafton, 2004). Pro co možná nejautentičtější navození předchozích přerušovaných myšlenek proto autor navrhl využít jako vizualizační podporu tzv. gaze plot (Nesterak, 2018). Gaze plot je oblíbenou vizualizací v analytické rovině práce s eye-tracking daty. Je dostatečně intuitivní. Jedná se síťový graf, jehož vrcholy jsou jednotlivé oční fixace respondenta. Hlavním úkolem gaze plot vizualizace fixací je informovat o době a posloupnosti jednotlivých fixací respondenta. Délka jednotlivých fixací je znázorněna velikostí kruhu znázorňujících fixace, čím je jednotlivá fixace delší, tím je průměr kružnice tuto fixaci reprezentující větší. Sakadickým pohybům odpovídají spojnice mezi těmito kruhy. Gaze plot v přeneseném slova smyslu znázorňuje, jak funguje respondentova mysl (Majaranta a Bulling, 2014). Tento předpoklad tvořil základ myšlenky autora, zobrazit jako podpůrnou vizualizaci po návratu k přerušené činnosti za účelem navození posledních myšlenkových pochodů (Roda, 2011; Speier, Valacich a Vessey, 1999) těsně před tím, než došlo k přerušení, právě gaze plot. S ohledem na objektivní porovnání obou vizualizačních metod byla i salience (Mariakakis a kol., 2015) gaze plotu zajištěna červenou barvou (Treisman a Gelade, 1980). Po návratu respondenta k primárnímu úkolu byla zobrazena animace znázorňující jeho předchozí prohlížení stimulu o délce 5s (shodně s vizuální pomůckou dle Toreiniho). Se zobrazením poslední fixace z uvedené sekvence před přerušením tato podpůrná vizualizace automaticky zmizela.

Pro které společnosti platí, že období spojené s nejnižšími náklady je zároveň obdobím s nejvyšším měsíčním i kumulativním ziskem? Pro zadání odpovědi stiskněte ENTER



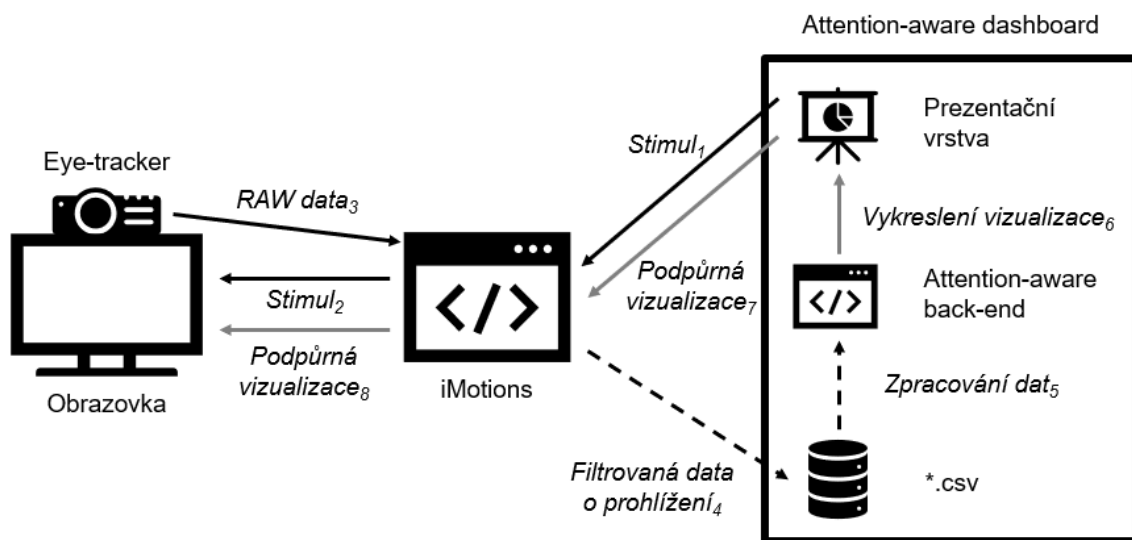
Obrázek 6 – Ilustrace Attention-aware funkcionality dle autora práce (autor)

Aplikace dashboardu z Experimentu 1 tak byla pro potřeby Experimentu 2 opět pomocí programovacího jazyka Python obohacena o attention-aware funkcionality zvýrazněné tučně:

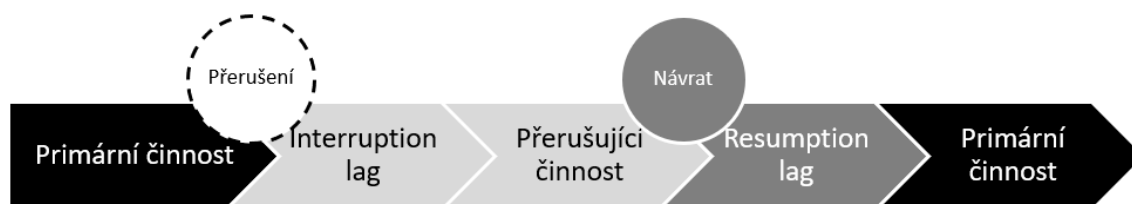
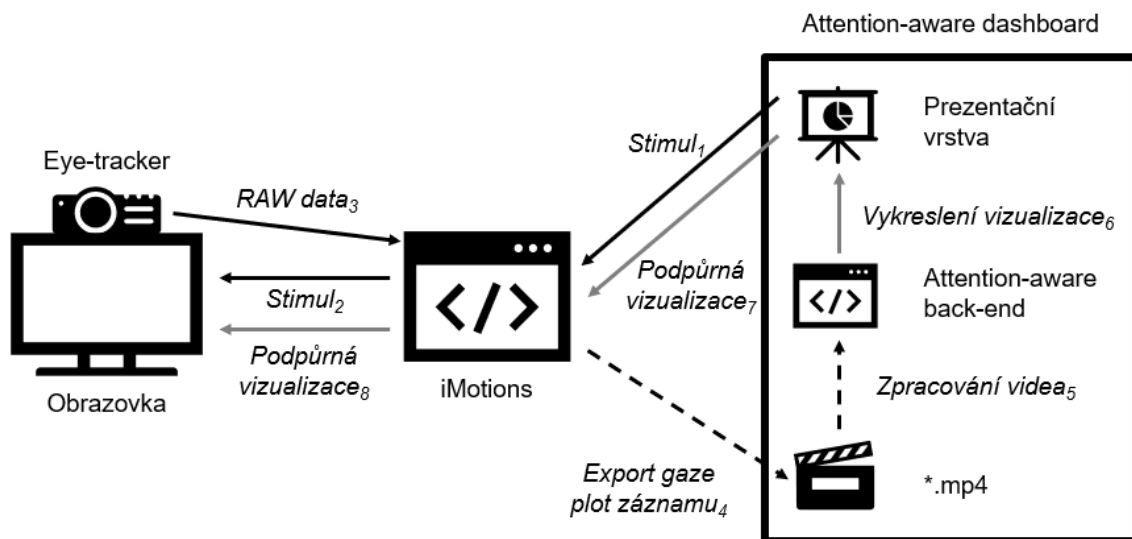
- Vygenerování pseudonáhodného zadání pro každého respondenta s právě 1 správnou a jednoznačnou odpovědí
- Vykreslení fixačního kříže
- Vykreslení zadání v podobě grafů
- Měření čistého času řešení úkolu (bez přerušení a kalibrací na fixační kříž)
- Vyvolání pop-up přerušení po 90 s řešení úkolu
- **Zpracování dat o prohlížení a export z iMotions**
 - **do *.csv (vizualizace dle Toreiniho)**
 - **do *.mp4 (gaze plot vizualizace)**
- **Import dat do aplikace a jejich zpracování**
- Vykreslení fixačního kříže
- **Vykreslení pomocné vizualizace pro relevantní skupiny**
- Dialog pro zaznamenání odpovědi respondentem po stisku klávesy *ENTER*
- Vyhodnocení odpovědi respondenta
- Počítadlo počtu pokusů o odpověď

Proces přehledně ilustruje následující diagram:

Vizualizace dle Toreiniho



Gaze plot vizualizace



Obrázek 7 – Diagram vykreslení podpůrných vizualizací (autor)

Respondent plní primární činnost

1Business dashboard vstupuje jako stimul do SW iMotions pro eye-tracking analýzu
2iMotions promítá stimul na obrazovku PC v synchronizaci s eye-trackerem za účelem sběru eye-tracking dat

3Data o prohlížení jsou zasílána do iMotions databáze

Po 90 s dochází k vyvolání externího přerušení respondenta

4iMotions exportuje data o prohlížení ve formátu *.csv nebo *.mp4 za účelem dalšího zpracování

5Dashboard si importuje exportované soubory a připravuje pomocnou vizualizaci

Po splnění přerušující činnosti se respondent vrací k činnosti primární

6Dashboard vykresluje pomocnou vizualizaci

7iMotions dále funguje jako analytická vrstva za účelem pokračování ve sběru eye-tracking dat

8Vizualizace je skrze SW iMotions promítnuta respondentovi na obrazovku PC

Realizací uvedeného pilotního aparátu tak došlo ke splnění cíle 2) *Návrh a vývoj prototypu attention-aware dashboardu* disertační práce.

4.4 Metodika Experimentu 2

V rámci druhého experimentu bylo využito jak statické verze stimulu s přerušením vyvolaným pop-up oknem, neobohaceným o attention-aware funkce, tak stimulů obohacených o zmíněné funkcionality práce s pozorností uživatele.

Cílem tohoto experimentu bylo splnění dílčího cíle disertační práce 3) *Ověření efektivity attention-aware dashboardu*.

Jak již bylo zmíněno, vzhledem k faktu, že se prvním experimentem prokázala použitelnost původního testovacího dashboardu pro účely této práce bez nutnosti metodických zásahů, měření s pop-up přerušením vstoupila do Experimentu 2 jako kontrolní skupina.

Všechny skupiny tak byly zatíženy simulovaným externím přerušením. Kontrolní skupina z prvního experimentu reflektovala plnění experimentálního úkolu nad konvenčním stimulem, zbylé skupiny pracují se shodným stimulem, ovšem

pracujícím s pozorností uživatele, resp. poskytujícím zpětnou vazbu o předchozím prohlížení. Část využívala dashboard podporující uživatele vizualizacemi dle návrhu Toreiniho a kol. (Toreini, Langner a Maedche, 2018), zbytek uživatelů byl podporován gaze plot vizualizacemi dle návrhu autora disertační práce. Všechna přerušení v Experimentu 2 byla s ohledem na výstupy Experimentu 1 vyvolána pop-up oknem (viz 5.6).

4.4.1 Design studie a statistický aparát

Posouzení vlivu pomocných vizualizací a pohlaví na kardinální vysvětlované veličiny proběhlo pomocí faktorové analýzy rozptylu (ANOVA), dvou-faktorová pro metricky neměnné v čase (mezi skupinové faktory: typ stimulu, pohlaví), tří-faktorová pro metricky proměnné v čase (mezi skupinové faktory: typ stimulu, pohlaví; vnitroskupinový faktor: časový interval), vysvětlovanou proměnnou byla vždy jedna ze sledovaných náhodných veličin. Odlehlé hodnoty byly posouzeny pomocí krabicových grafů, předpoklad normality pomocí Shapiro-Wilkova testu, předpoklad homoskedacity pomocí Levenova testu, v případě tří-faktorové pak předpoklad sféricity pro faktor s opakováním na základě Mauchlyho testu.

Vliv na nominální vysvětlované proměnné (výskyt negativní emoční valence) byl vyhodnocen pomocí chí-kvadrát testu homogenity, resp. pomocí Fisherova exaktního χ^2 testu.

4.4.2 Výběr souboru respondentů

Charakteristika souboru respondentů byla shodná s Experimentem 1 (vysokoškolští studenti se zaměřením na manažersko-ekonomické a IT obory, specifický výběr, convenience sampling), analogicky byly respondenti dotazováni na zrakové vady a stejně jako v případě Experimentu 1 byl každý prvek skupin souborů unikátní. Kromě časového odstupu mezi jednotlivými experimenty 1 a 2, byl za účelem eliminování faktoru učení se použit zcela odlišný soubor respondentů pro skupiny s verzí dashboardu pracující s pozorností uživatele. Kontrolní skupina byla s ohledem na výsledky Experimentu 1 přepoužita.

4.4.3 Použité technologie

Použité technologie byly shodné s těmi popsány v příslušné kapitole Experimentu 1.

4.4.4 Procedura

Rovněž v rámci procedury došlo ke krokům analogickým k Experimentu 1, tedy k seznámení s povahou experimentu (udělením písemného souhlasu, seznámení se zadáním řešeného úkolu a předáním informace o možných doplňkových instrukcích) a provedením kalibrace (eye-tracker, Affectiva AFFDEX). V Experimentu 2 byla kalibrace eye-trackeru stěžejní, jelikož na ni přímo závisela přesnost sběru dat pro podpůrné vizualizační funkce inteligentních dashboardů. Instrukce a samotný proces byly rovněž shodné s prvním experimentem.

Návrh obou přístupů k podpůrným vizualizacím využil poznatků o pozornosti (Treisman a Gelade, 1980) a paměti (Werner a kol., 2009) a obě formy podpůrných vizualizací tak vycházely z předpokladu jejich dostatečné intuitivity. Respondenti proto nebyly před prací s attention-aware verzemi experimentálního stimulu s principy podpůrných vizualizace nijak obeznámeni, efekt vizuální zpětné vazby tak byl měřen v ryze nativní podobě (Kern, Marshall a Schmidt, 2010).

5 Experiment 1 – výsledky výzkumu

S ohledem na literární rešerši existoval předpoklad, že čas nutný ke splnění úkolu bude v případě existence popsaného fenoménu pro skupiny respondentů se simulovaným přerušením v průměru vyšší. Analogicky existoval předpoklad, že u skupin respondentů zatížených simulovaným externím přerušením bude ovlivněn počet odpovědí nutných k nalezení správného řešení. Dále, že popsané vlivy budou díky možnosti adaptace na přerušení u skupiny se zvukovým přerušením slabší (Miyata a Norman, 1986; Ratwani a Trafton, 2008).

Mezi předpokládané vlivy přerušení na způsob prohlížení stimulu dle zmíněných studií patřil odlišný počet fixací pro skupiny zatížené přerušeními. Tedy nižší počty fixací v čase (tj. delší fixace) způsobené vyšší kognitivní zátěží v momentech resumption lagu (Altmann a Trafton, 2004). Díky možnosti adaptace u skupiny se zvukovým přerušením existoval úsudek, že se tento jev opět projeví ve nižší míře. Primární hypotézy směřující k odpovědím na výzkumné otázky nebyly tímto dotčeny.

U metrik zmíněných v této podkapitole platí předpoklad vyšší míry stresu a zátěže reflektovaného pomocí emoční valence s hodnotami blíže k negativním hodnotám její stupnice.

5.1 Soubor

Celkový počet respondentů analyzovaných v rámci Experimentu 1 byl 93. následující tabulka representuje popisnou statistiku tohoto souboru:

Popisná statistika: Věk (roky)				
Typ přerušení	Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	N
Žádné	ŽENY	20,769	1,235	13
	MUŽI	21,313	1,740	16
	Celkem	21,069	1,534	29
Pop-up	ŽENY	21,364	2,580	11
	MUŽI	20,667	1,317	21

	Celkem	20,906	1,838	32
Zvukové	ŽENY	20,462	1,391	13
	MUŽI	20,790	1,813	19
	Celkem	20,656	1,638	32
Celkem	ŽENY	20,838	1,772	37
	MUŽI	20,893	1,614	56
	Celkem	20,871	1,670	93

Tabulka 1 – Popisná statistika souboru respondentů – Experiment 1, všechna měření (autor)

5.1.1 Validace dat

Tento soubor respondentů byl následně podroben analýze posuzující kvalitu naměřených dat a způsob práce s dashboardem:

Způsob práce s dashboardem

- **Doba nutná ke splnění** – s ohledem na tuto stěžní metriku došlo v několika případech ke splnění úkolu při práci s dashboardem obsahujícím přerušení ještě před vyvoláním přerušující činnosti. Tito respondenti byli ze studie vyřazeni (přesun do skupiny bez přerušení nebyl možný, neboť by uměle snižoval střední hodnotu času v kontrolní skupině). Tímto způsobem bylo vyřazeno celkem 7 respondentů.
- **Počet pokusů nutných ke splnění** – za účelem dosažení určité míry homogenity mezi řešiteli a zajištění prerekvizity řešení kognitivně náročného úkolu byli do další analýzy vpuštěni pouze ti respondenti, kteří dle dat z prohlížení řešili zadaní konstruktivně. Část analyzovaného souboru respondentů přes pokyny uvedené v instrukcích volila správné výsledky nahodile. Pro posouzení tohoto aspektu byli do analýzy zahrnuti pouze respondenti, jejichž počet odpovědí nepřesáhl počet odpovědí možných (8). Tímto způsobem bylo vyřazeno celkem 17 respondentů.

Eye-tracking data – kvalita nasbíraných eye-tracking dat byla posuzována z celkového koeficientu kvality eye-tracking dat softwaru iMotions, do výsledné analýzy tak data byla očištěna o měření, která nesplňovala koeficient kvality sběru

eye-tracking dat s hodnotou *GOOD* nebo *EXCELLENT*. Tímto způsobem byl vyřazen 1 respondent.

AFFDEX data – vzhledem k podpůrné povaze dat analýzy výrazu v obličeji nebyli z experimentu vyřazeni respondenti, u kterých došlo k disfunkci algoritmu nebo webové kamery pořizující záznam (celkem 1 respondent).

Výsledné počty respondentů vstupujících do další analýzy po očištění souboru shrnuje následující tabulka:

Popisná statistika: Věk (roky)				
Typ přerušení	Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	N
Žádné	ŽENY	20,600	1,350	10
	MUŽI	21,462	1,808	13
	Celkem	21,087	1,649	23
Pop-up	ŽENY	21,500	2,726	8
	MUŽI	20,857	1,460	14
	Celkem	21,091	1,974	22
Zvukové	ŽENY	20,429	1,397	7
	MUŽI	20,938	1,914	16
	Celkem	20,783	1,757	23
Celkem	ŽENY	20,840	1,886	25
	MUŽI	21,070	1,724	43
	Celkem	20,985	1,775	68

Tabulka 2 – Popisná statistika souboru respondentů – Experiment 1, validní měření (autor)

Pro návaznou analýzu bylo tedy použito celkem 68 validních měření, 23 ve skupině bez simulovaného přerušení, 22 s pop-up přerušením a 23 se zvukovým přerušením. Proporcionální pokles v jednotlivých skupinách tak reflektoval rovnoměrnost rozložení chybových záznamů a úkol nekonstruktivně řešících respondentů.

5.2 Hypotéza H1₀: Čas nutný pro splnění zadaného úkolu je pro skupiny s a bez přerušení shodný

Data časů nutných pro splnění úkolu obsahovala pouze 1 odlehlou hodnotu (po-up přerušení, ženy: 845,23 s), analýza daného respondenta nenaznačovala, že by došlo k jakékoliv chybě měření či jiné eventualitě, jednalo se tak o přirozenou hodnotu, proto tato odlehlá hodnota nebyla nijak ošetřena (transformace dat, ...) (Ghosh a Voght, 2012). Byť normalita reziduí nebyla striktně splněna pro všechny podmnožiny souboru pro tuto proměnou (zvukové přerušení – muži: $p = 0,032$), ANOVA je vůči tomuto předpokladu normality považována za poměrně robustní (Maxwell, Delaney a Kelley, 2017), bylo tedy pokračováno v jejím vyhodnocení i přes narušení tohoto předpokladu. Data splnila předpoklad shody rozptylů ($p = 0,974$).

Následující tabulka ilustruje popisnou statistiku pro jednotlivé skupiny experimentu:

Popisná statistika: Čas nutný ke splnění (s)				
Typ přerušení	Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	N
Žádné	ŽENY	219,081	130,098	10
	MUŽI	254,067	182,892	13
	Celkem	238,856	159,636	23
Pop-up	ŽENY	404,216	219,950	8
	MUŽI	336,950	168,843	14
	Celkem	361,410	186,737	22
Zvukové	ŽENY	251,114	185,525	7
	MUŽI	380,339	174,613	16
	Celkem	341,010	184,043	23
Celkem	ŽENY	287,293	189,577	25
	MUŽI	328,037	178,975	43
	Celkem	313,058	182,607	68

Tabulka 3 – Popisná statistika časů pro splnění úkolu – Experiment 1 (autor)

Jelikož interakce mezi faktory typu stimulu a pohlaví nebyla statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 1,548, p = 0,221, \text{partial } \eta^2 = 0,048$, byly vyhodnoceny hlavní efekty jednotlivých faktorů.

Vliv pohlaví na čas nutný ke splnění úkolu nebyl statisticky signifikantní, $F(1, 69) = 0,523, p = 0,472, \text{partial } \eta^2 = 0,008$.

Vliv typu stimulu na čas nutný ke splnění úkolu byl statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 3,148, p = 0,050, \text{partial } \eta^2 = 0,092$.

Následující tabulka proto shrnuje dílčí nevážené střední hodnoty (nebalancovaný design), směrodatnou odchylku a 95% intervaly spolehlivosti hodnot skupin dle tohoto faktoru stejně jako p-hodnoty mnohonásobných porovnání s využitím Bonferonniho korekční procedury (Ge, Sandrine a Terence , 2003).

Odhady středních hodnot: Čas splnění úkolu (s)					Mnohonásobné porovnání (p-hodnoty)		
Typ přerušení	Průměr	Std. Chyba	95% Interval spolehlivosti		Žádné	Pop-up	Zvukové
			Dolní mez	Horní mez			
Žádné	236,574	37,076	162,461	310,687		0,047	0,454
Pop-up	370,583	39,066	292,491	448,674	0,047		0,990
Zvukové	315,727	39,944	235,880	395,573	0,454	0,990	

Tabulka 4 - Střední hodnoty a mnohonásobné porovnání faktoru typu přerušení - Experiment 1 (autor)

Průměry časů nutných ke splnění úkolu byly pro stimul bez přerušení 236,574 s, 95% CI [162,461 s, 310,687 s], statisticky signifikantní ($p = 0,047$) rozdíl oproti stimulu s pop-up přerušením 370,583 s, 95% CI [292,491 s, 448,674 s] a statisticky nesignifikantní ($p = 0,454$) rozdíl oproti stimulu se zvukovým přerušením, 315,727 s, 95% CI [235,880 s, 395,573 s]. Rozdíl časů nutných ke splnění úkolu pro skupiny s pop-up a zvukovým přerušením nebyl statisticky významný ($p = 0,990$).

Hypotéza $H1_0$: Čas nutný pro splnění zadaného úkolu je pro skupiny s a bez přerušení shodný byla proto zamítnuta a přijata alternativní hypotéza $H1_A$: Čas nutný pro splnění zadaného úkolu se pro skupiny s a bez přerušení liší.

5.3 Hypotéza H2₀: Počet odpovědí pro nalezení řešení je pro skupiny s a bez přerušení shodný

Data pokusů nutných pro splnění úkolu obsahovala 1 odlehlou hodnotu v rámci jednotlivých podmnožin mezi skupinových faktorů (pop-up přerušení, muži – 8 pokusů), tato hodnota však byla v souladu s čištěním dat v předchozím kroku (porušení premisy o řešení kognitivně náročného úkolu). Normalita rezidujících nebyla striktně splněna pro všechny podmnožiny souboru pro tuto proměnou (bez přerušení – ženy: $p = 0,010$; bez přerušení – muži: $p = 0,024$; zvukové přerušení – ženy: $p = 0,028$; zvukové přerušení – muži: $p = 0,014$), robustnost ANOVA vůči tomuto předpokladu (Maxwell, Delaney a Kelley, 2017), však závisí na předpokladu o shodnosti rozptylů. V případě počtu odpovědí však data nesplnila ani tento předpoklad ($p = 0,011$). S ohledem na explorativní povahu výzkumných hypotéz této práce byla analýza rozptylu pro tuto proměnou využita i přes toto omezení, tuto skutečnost je však nutné brát v potaz při interpretaci výsledků.

Následující tabulka ilustruje popisnou statistiku pro jednotlivé skupiny experimentu:

Popisná statistika: Počet pokusů				
Typ přerušení	Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	N
Žádné	ŽENY	3,400	2,675	10
	MUŽI	3,923	2,842	13
	Celkem	3,696	2,721	23
Pop-up	ŽENY	4,750	2,493	8
	MUŽI	4,500	1,698	14
	Celkem	4,591	1,968	22
Zvukové	ŽENY	5,286	3,251	7
	MUŽI	4,875	1,628	16
	Celkem	5,000	2,174	23
Celkem	ŽENY	4,360	2,797	25
	MUŽI	4,465	2,074	43
	Celkem	4,427	2,346	68

Tabulka 5 - Popisná statistika pokusů pro splnění úkolu - Experiment 1 (autor)

Jelikož interakce mezi faktory typu stimulu a pohlaví nebyla statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 0,240$, $p = 0,787$, $partial \eta^2 = 0,008$, byly vyhodnoceny hlavní efekty jednotlivých faktorů.

Vliv pohlaví na počet pokusů nutných ke splnění úkolu nebyl statisticky signifikantní, $F(1, 69) = 0,006$, $p = 0,939$, $partial \eta^2 < 0,001$.

Vliv typu stimulu na počet pokusů nutných ke splnění úkolu nebyl statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 2,006$, $p = 0,143$, $partial \eta^2 = 0,061$.

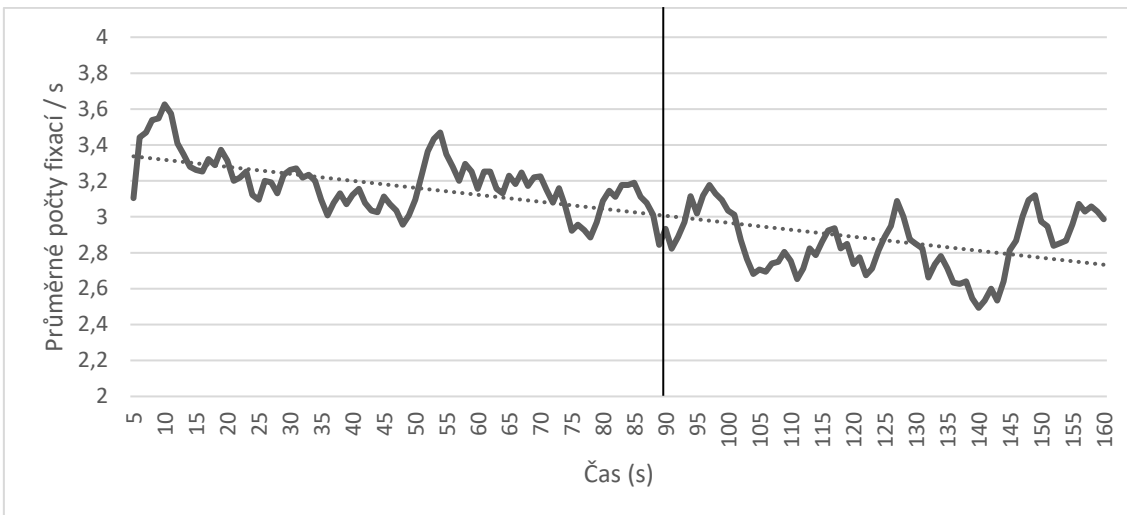
Přes určitý trend naznačený popisnou statistikou a s přihlédnutím k porušení několika předpokladů ANOVA, nelze vliv přerušení na uspokojivé hladině významnosti považovat za statisticky signifikantní, proto byla přijata nulová hypotéza $H2_0$: Počet odpovědí pro nalezení řešení je pro skupiny s a bez přerušení

shodný. Faktor pohlaví jako prediktor počtu pokusů nutných ke splnění se na modelu podílel nahodile.

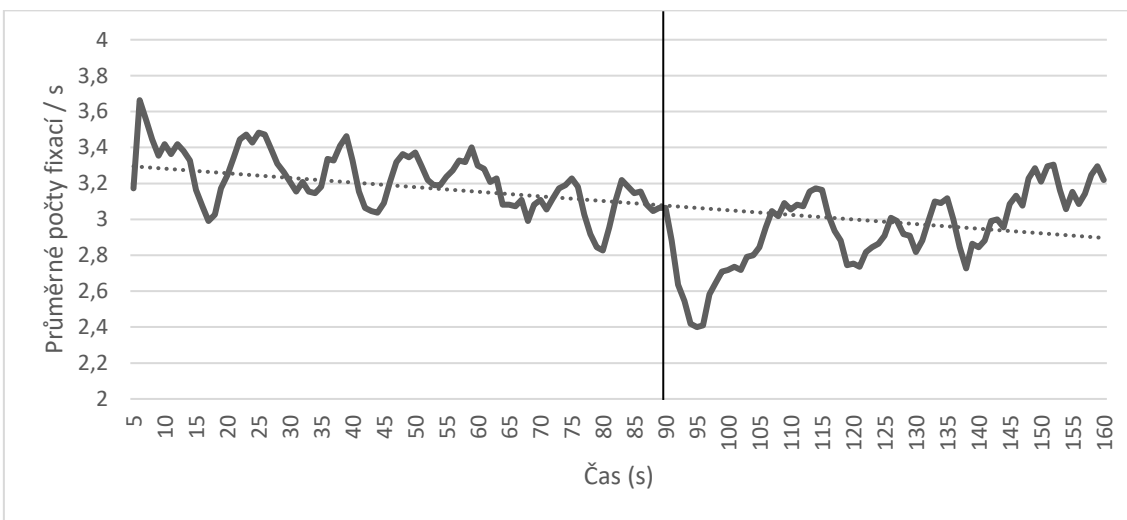
5.4 Hypotéza H_{3_0} : Průměrné počty fixací v čase jsou pro skupiny s a bez přerušení shodné

Počet očních fixací je veličina proměnlivá v čase. Z pohledu času lze Experiment 1 jednoznačně rozdělit na 2 části, prvních 90 s, shodných pro všechny skupiny respondentů a zbylou část experimentu, začínající klíčovými okamžiky bezprostředně po návratu z přerušení reflektující opětovné navázání na primární činnost.

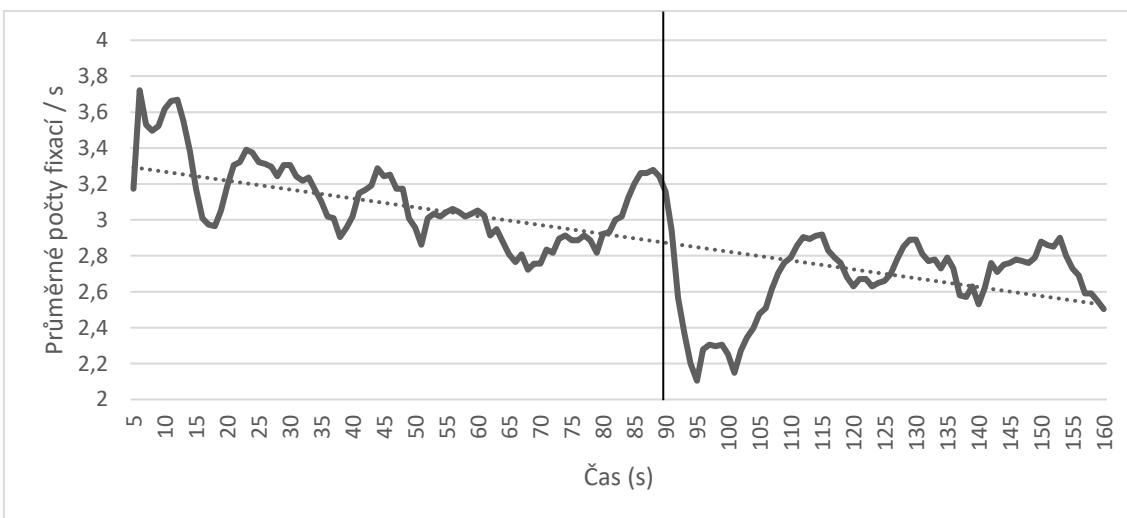
Za účelem posouzení hypotézy H_{3_0} bylo proto nejprve nutné posoudit počty fixací v čase a identifikovat případné trendy v prohlížení. Nejprve byly vypočítány průměrné počty fixací v dílčích vteřinových intervalech experimentu. Tento výpočet odhalil určitý trend, pro jeho vyhlazení byla následně aplikována metoda jednoduchého klouzavého průměru (SMA), postupně za 2, 3, 4 a 5 období. S ohledem na přehlednost práce a explorativní charakter tohoto úkonu jsou uvedeny grafy počtů fixací pro SMA 5 období, každá skupina dle typu přerušení je reprezentována separátním grafem. Jednotlivé grafy jsou obohaceny o přímkou lineárního trendu a moment návratu z přerušení (90 s).



Graf 1 - Počty fixací/s, SMA 5 období – bez přerušení (autor)



Graf 2 - Počty fixací/s, SMA 5 období – pop-up přerušení (autor)



Graf 3 - Počty fixací/s, SMA 5 období – zvukové přerušení (autor)

Zatímco všechny skupiny respondentů vykazovali mírně klesající trend v počtu fixací v čase, poukazující na postupné snižování efektivity prohlížení v čase (Gartenberg, McCurry a Trafton, 2011; Goldberg a kol., 2002), teoreticky i projevy únavy a rostoucí kognitivní zátěže v čase (Goldberg a Kotval, 1999), jako markantní se projevil interval 90-105 s prohlížení. Tento interval reprezentoval prvních 15 s, po tom, co se respondenti ze skupin s přerušením vrátili k řešení původního úkolu. Data naznačovala, že průměrné počty fixací jsou pro tyto skupiny v tomto období odlišné, nižší, v porovnání se skupinou bez přerušení.

5.4.1 Průměrné počty fixací za prvních 90 s prohlížení

Pro statisticky relevantní posouzení uvedených trendů byla nejprve posouzena případná odlišnost na intervalu v prvních 90 s prohlížení, tedy před samotným přerušením. Tento úkon měl za cíl odhalit, zda se skupiny respondentů z tohoto pohledu nelišily již před samotným prohlížením.

Průměrné počty fixací opět vstoupily do dvou-faktorové analýzy rozptylu jako vysvětlované proměnné.

Data průměrných počtů očních fixací prvních 90 s obsahovala pouze 1 odlehlou hodnotu (bez přerušení – ženy: 332 fixací), analýza daného respondenta nenaznačovala, že by došlo k jakékoliv chybě měření či jiné eventualitě, jednalo se tak o přirozenou hodnotu, proto tato odlehlá hodnota byla v experimentu ponechána. Data splnila předpoklad normality rezidujících pro všechny podmnožiny. Data rovněž splnila předpoklad o shodnosti rozptylů ($p = 0,508$).

Následující tabulka ilustruje popisnou statistiku pro jednotlivé skupiny experimentu:

Popisná statistika: Počet fixací v intervalu prvních 90 s				
Typ přerušení	Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	N
Žádné	ŽENY	269,400	27,114	10
	MUŽI	304,308	42,756	13
	Celkem	289,130	40,136	23

Pop-up	ŽENY	275,375	31,933	8
	MUŽI	300,857	24,810	14
	Celkem	291,591	29,637	22
Zvukové	ŽENY	270,286	52,185	7
	MUŽI	304,375	20,487	16
	Celkem	294,000	35,862	23
Celkem	ŽENY	271,560	35,513	25
	MUŽI	303,209	29,419	43
	Celkem	291,574	35,080	68

Tabulka 6 – Popisná statistika počtů fixací v intervalu před přerušením – Experiment 1 (autor)

Jelikož interakce mezi faktory typu stimulu a pohlaví nebyla statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 0,132, p = 0,877, \text{partial } \eta^2 = 0,004$, byly vyhodnoceny hlavní efekty.

Vliv pohlaví na počet fixací v prvních 90 s byl statisticky signifikantní,

$F(1, 69) = 14,418, p < 0,001, \text{partial } \eta^2 = 0,189$.

Vliv typu stimulu na počet fixací v prvních 90 s nebyl statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 0,008, p = 0,992, \text{partial } \eta^2 < 0,001$.

Následující tabulka proto shrnuje dílčí nevážené střední hodnoty (nebalancovaný design), směrodatnou odchylku a 95% intervaly spolehlivosti hodnot skupin dle tohoto faktoru, p-hodnota mnohonásobného porovnání je v tomto případě shodná s p-hodnotou hlavního efektu faktoru pohlaví (pouze 2 úrovně faktoru):

Střední hodnoty: Počet fixací v prvních 90 s				
Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	95% Interval spolehlivosti	
			Dolní mez	Horní mez
ŽENY	271,687	6,613	258,469	284,905
MUŽI	303,180	5,006	293,172	313,187

Tabulka 7 – Střední hodnoty počtů fixací pro úvodní 90 s interval – Experiment 1 (autor)

Průměrné počty fixací v prvních 90 s prohlížení byly pro ženy 271,687, 95% CI [258,469, 284,905], statisticky signifikantní ($p < 0,001$) rozdíl oproti skupině mužů 303,180, 95% CI [293,172, 313,187]. Z pohledu typu přerušení bylo ovšem

potvrzeno, že prvních 90 s je pro všechny stimuly (s přerušením i bez přerušení) shodných. Doplnkově byl odhalen jev, kdy ženy provedly v tomto intervalu v průměru signifikantně méně fixací než muži, analýza tohoto jevu ve větším detailu však nebyla předmětem této práce.

5.4.2 Průměrné počty fixací v prvních 15 s po návratu z přerušení

Pro posouzení vlivu externího přerušení reflektovaného eye-tracking metrikou počtu fixací byl detailnější analýze podroben interval prvních 15 s po návratu z přerušení spolu s ekvivalentním momentem prohlížení pro stimul, jehož respondenti přerušení nebyli.

V tomto momentě vstoupila do modelu další proměnná – časový interval po návratu z přerušení, jehož variabilitu v čase naznačovaly souhrnné grafy počtu fixací uvedené výše. Pro posouzení proto byla použita metoda tří-faktorové analýzy rozptylu se dvěma mezi-skupinovými faktory (typ stimulu, pohlaví) a jedním vnitroskupinovým (časový interval po návratu z přerušení).

Jak vyplynulo z posouzení krabicových grafů, data průměrných počtů fixací obsahovala určité odlehle hodnoty v jednotlivých podskupinách, tyto hodnoty byly analyzovány a ve výpočtu ponechány, jelikož se ve všech případech jednalo o přirozené hodnoty, nedošlo k potížím s HW atd. Normalita nebyla striktně splněna pro všechny podmnožiny souboru (zejména v časovém intervalu 10-15s od přerušení) pro tuto proměnnou (bez přerušení – ženy - 10-15 s: $p = 0,04$; pop-up přerušení – ženy - 10-15 s: $p = 0,010$; pop-up přerušení – muži - 5-10 s: $p = 0,39$ a 10-15s: $p = 0,02$; zvukové přerušení – muži - 10-15 s: $p = 0,47$). Data splnila předpoklad homoskedasticity (Levenův test 0-5 s interval: $p = 0,869$, 5-10 s interval: $p = 0,662$, 10-15 s interval: $p = 0,162$), Mauchlyho test potvrdil předpoklad sféricity ($p = 0,076$).

Popisná statistka: Počty fixací						
Časový interval po návratu	Typ přerušení	Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	N	
0-5 s	Žádné	ŽENY	14,286	2,752	7	
		MUŽI	17,000	3,333	10	
		Celkem	15,882	3,314	17	
	Pop-up	ŽENY	9,875	6,512	8	
		MUŽI	12,429	5,958	14	
		Celkem	11,500	6,139	22	
	Zvukové	ŽENY	8,571	5,318	7	
		MUŽI	13,333	6,161	15	
		Celkem	11,818	6,208	22	
	Celkem	ŽENY	10,864	5,514	22	
		MUŽI	13,949	5,675	39	
		Celkem	12,836	5,768	61	
	5-10 s	Žádné	ŽENY	14,571	2,820	7
			MUŽI	17,100	2,234	10
			Celkem	16,059	2,727	17
Pop-up		ŽENY	13,375	5,553	8	
		MUŽI	14,786	5,605	14	
		Celkem	14,273	5,496	22	
Zvukové		ŽENY	14,286	5,187	7	
		MUŽI	13,267	5,035	15	
		Celkem	13,591	4,982	22	
Celkem		ŽENY	14,046	4,530	22	
		MUŽI	14,795	4,857	39	
		Celkem	14,525	4,717	61	
10-15 s		Žádné	ŽENY	15,286	6,550	7
			MUŽI	14,300	3,020	10

		Celkem	14,706	4,634	17
	Pop-up	ŽENY	14,625	5,153	8
		MUŽI	15,429	4,433	14
		Celkem	15,136	4,601	22
	Zvukové	ŽENY	14,286	4,855	7
		MUŽI	15,267	4,636	15
		Celkem	14,955	4,613	22
	Celkem	ŽENY	14,727	5,293	22
		MUŽI	15,077	4,126	39
		Celkem	14,951	4,540	61

Tabulka 8 – Popisná statistika počtů fixací v intervalu po návratu z přerušení – Experiment 1 (autor)

Jelikož interakce mezi všemi třemi faktory (typ stimulu a pohlaví, časový interval po návratu z přerušení) nebyla statisticky signifikantní,

$F(4, 110) = 0,776, p = 0,465, \text{partial } \eta^2 = 0,027$, byly vyhodnoceny interakce dílčích dvojic faktorů:

Interakce mezi faktory typ stimulu a časovým intervalem po návratu z přerušení nebyla signifikantní $F(4, 110) = 1,847, p = 0,125, \text{partial } \eta^2 = 0,063$.

Interakce mezi faktory pohlaví a časovým intervalem po návratu z přerušení nebyla signifikantní $F(2, 110) = 2,059, p = 0,132, \text{partial } \eta^2 = 0,036$.

Interakce mezi faktory typ stimulu a pohlavím nebyla signifikantní

$F(2, 55) = 0,003, p = 0,997, \text{partial } \eta^2 < 0,001$.

Vzhledem k tomu, že žádná z uvedených interakcí nebyla statisticky signifikantní, bylo možné posoudit hlavní efekty jednotlivých faktorů:

Vliv času, resp. časového intervalu po návratu z přerušení byl statisticky signifikantní

$F(2, 110) = 4,879, p = 0,009, \text{partial } \eta^2 = 0,081$.

Vliv stimulu nebyl statisticky signifikantní

$F(2, 55) = 2,052, p = 0,138, \text{partial } \eta^2 = 0,069$.

Vliv pohlaví nebyl statisticky signifikantní

$F(2, 55) = 2,500, p = 0,120, \text{partial } \eta^2 = 0,043$.

Na rozdíl průměrných počtů fixací se tedy v tomto kompletním modelu signifikantně podílel pouze faktor času, rozdíly mezi jednotlivými intervaly času po návratu z přerušení ilustruje následující tabulka:

Střední hodnoty: Počty fixací					Mnohonásobné porovnání (p-hodnoty)		
Časový interval	Průměr	Std. Chyba	95% Interval spolehlivosti		0-5 s	5-10 s	10-15 s
			Dolní mez	Horní mez			
0-5 s	12,582	0,725	11,129	14,036		0,020	0,043
5-10 s	14,564	0,636	13,290	15,838	0,020		1,000
10-15 s	14,865	0,633	13,597	16,134	0,043	1,000	

Tabulka 9 - Střední hodnoty počtů fixací a p-hodnoty mnohonásobného porovnání napříč časovými intervaly - Experiment 1 (autor)

Průměrné počty očních fixací v časovém intervalu 0–5 s byly 12,582, 95% CI [11,129, 14,036], statisticky signifikantní ($p = 0,020$) rozdíl oproti intervalu 5–10 s po návratu z přerušení 14,564, 95% CI [13,290, 15,838] a statisticky signifikantní ($p = 0,043$) rozdíl oproti intervalu 10–15 s po návratu z přerušení, 14,865, 95% CI [13,597, 16,134]. Průměrné počty očních fixací bylo možné na intervalech 5–10 s a 10–15 s po návratu z přerušení označit za prakticky shodné ($p = 1,000$).

Z výše uvedeného vyplynuly rozdíly v počtu očních fixací po prvních 15 s ovlivněné zejména faktorem času, přičemž intervaly 5-10 s a 10-15 s jsou statisticky shodné. S ohledem na tento fakt a p-hodnoty vlivu typu stimulu a pohlaví, bylo vzhledem k explorativní povaze tohoto šetření přistoupeno k zjednodušení modelu o 3. stupeň faktoru času a další analýze vztahu nezávislých proměnných pouze v prvních, z tohoto pohledu klíčových, 10 s po návratu z přerušení.

5.4.3 Průměrné počty fixací v prvních 10 s po návratu z přerušení - zjednodušený model

Statistická metoda byla analogická, tj. metoda tří-faktorové analýzy rozptylu se dvěma mezi skupinovými faktory (typ stimulu, pohlaví) a jedním vnitroskupinovým (časový interval po návratu z přerušení).

Data průměrných počtů fixací obsahovala přirozené odlehle hodnoty (4). Předpoklad normality nebyl splněn pouze pro jednu podskupinu (pop-up přerušení – muži – 5-10 s: $p = 0,039$), ANOVA tak byla provedena i přes částečné narušení tohoto předpokladu (Maxwell, Delaney a Kelley, 2017). Data splnila předpoklad homoskedasticity, pro intervaly 0-5 s a 5-10 s po návratu z přerušení je tato hodnota shodná jako v předchozím modelu. Předpoklad sféricity byl v tomto případě splněn, jelikož faktor času v tomto případě obsahoval pouze 2 úrovně. Popisná statistika je shodná s příslušnými úrovněmi faktoru časových intervalů. Rozdíly takto zjednodušený model přináší až při pohledu na vliv jednotlivých faktorů.

Interakce mezi všemi třemi faktory (typ stimulu, pohlaví, časový interval po návratu z přerušení) nebyla statisticky signifikantní,

$$F(2, 55) = 1,501, p = 0,232, \text{partial } \eta^2 = 0,052.$$

Interakce dílčích dvojic faktorů:

Interakce mezi faktory typ stimulu a časovým intervalem po návratu z přerušení nebyla signifikantní $F(2, 55) = 1,522, p = 0,227, \text{partial } \eta^2 = 0,052$.

Interakce mezi faktory pohlaví a časovým intervalem po návratu z přerušení nebyla signifikantní $F(1, 55) = 2,827, p = 0,098, \text{partial } \eta^2 = 0,049$.

Interakce mezi faktory typ stimulu a pohlavím nebyla signifikantní

$$F(2, 55) = 0,038, p = 0,963, \text{partial } \eta^2 = 0,001.$$

Vzhledem k tomu, že žádná z uvedených interakcí nebyla statisticky signifikantní, bylo možné posoudit hlavní efekty jednotlivých faktorů samostatně:

Vliv času, resp. časového intervalu po návratu z přerušení zůstal statisticky signifikantní

$$F(1, 55) = 7,906, p = 0,007, \text{partial } \eta^2 = 0,126.$$

Vliv typu přerušení se v tomto zjednodušeném modelu stal statisticky signifikantním

$$F(2, 55) = 3,252, p = 0,046, \text{partial } \eta^2 = 0,106.$$

Vliv pohlaví zůstal statisticky nesignifikantní

$$F(1, 55) = 3,417, p = 0,070, \text{partial } \eta^2 = 0,058.$$

V tomto zjednodušeném statistickém modelu se již na rozdíl průměrných počtů fixací mimo faktoru času signifikantně podílel i faktor typu stimulu. Rozdíly mezi jednotlivými intervaly času po návratu z přerušení ilustrují následující tabulky:

Střední hodnoty: Počty fixací				
Časový interval	Průměr	Std. Chyba	95% Interval spolehlivosti	
			Dolní mez	Horní mez
0-5 s	12,582	0,725	11,129	14,036
5-10 s	14,564	0,636	13,290	15,838

Tabulka 10 - Střední hodnoty počtů fixací pro 5 s intervaly - Experiment 1 (autor)

Střední hodnoty: Počty fixací					Mnohonásobné porovnání (p-hodnoty)		
Typ přerušení	Průměr	Std. Chyba	95% Interval spolehlivosti		Bez	Pop-up	Zvukové
			Dolní mez	Horní mez			
Žádné	15,739	1,071	13,592	17,887		0,104 0,035*	0,074 0,025*
Pop-up	12,616	0,964	10,685	14,547	0,104 0,035*		1,000 0,856*
Zvukové	12,364	0,995	10,370	14,359	0,074 0,025*	1,000 0,856*	

Tabulka 11 - Střední hodnoty počtů fixací a p-hodnoty mnohonásobného porovnání napříč stimuly - Experiment 1 (autor)

Závislost průměrných počtů fixací na časovém intervalu se liší pouze v hodnotě testového kritéria, rozdíl mezi intervaly 0-5 s a 5-10 s po návratu z přerušení byl v tomto modelu signifikantní na hladině významnosti $p = 0,007$.

Průměrné počty očních fixací v tomto zjednodušeném modelu jsou již závislé i na faktoru typu stimulu, pohledem na mnohonásobné porovnání však s použitím Bonferonniho korekce nebylo možné označit dílčí stimuly za rozdílné. Hodnoty bez

této poměrně striktní korekce jsou v tabulce a následujícím textu reprezentovány symbolem hvězdičky.

Průměrné počty fixací bezprostředně po návratu z přerušení byly pro stimul bez přerušení 15,739, 95% CI [13,592, 17,887], statistická významnost rozdílu závisí na aplikaci Bonferonniho korekce ($p = 0,104$; $p = 0,035^*$) oproti stimulu s pop-up přerušením 12,616, 95% CI [10,685, 14,547] a významnost rozdílu opět dle aplikace zmíněné korekční procedury ($p = 0,074$; $p = 0,025^*$) oproti stimulu se zvukovým přerušením, 12,364, 95% CI [10,370, 14,359]. Rozdíl průměrných počtů očních fixací mezi intervaly stimulem se zvukovým přerušením a pop-up přerušením nebyl statisticky významný ($p = 1,000$, $p = 0,856^*$), resp. tyto stimuly lze co do počtu fixací po návratu z přerušení prakticky označit za shodné.

Na základě zjednodušeného modelu data naznačovala, že návrat k přerušené činnosti je v prvních 10 s spojen s redukováným počtem fixací, resp. že rozdíly v počtu očních fixací v čase prvních 10 s kde dochází k návratu z přerušené činnosti byly ze statistického hlediska ovlivněny faktorem času a typem stimulu obecně. Dílčí rozdíly mezi jednotlivými typy stimulu však byly signifikantní pouze na snížené hladině významnosti, resp. bez použití korekční procedury. Vzhledem k uvedenému a k formulaci hypotézy *H3₀: Průměrné počty fixací v čase jsou pro skupiny s a bez přerušení shodné*, však mohla být nulová hypotéza zamítnuta a přijata hypotéza alternativní *H3_A: Průměrné počty fixací v čase se pro skupiny s a bez přerušení liší*.

5.5 Hypotéza H4₀: Projevy negativní emoční valence v čase jsou pro skupiny s a bez přerušení shodné

Z podpůrné povahy této metriky bylo na vliv externího přerušení usuzováno s ohledem na závěry popsané v kapitole *Hypotéza H3₀: Průměrné počty fixací v čase jsou pro skupiny s a bez přerušení shodné* na základě klíčového intervalu 0-10 s po návratu z přerušení.

Jelikož povaha stimulu jako je business dashboard použitý v této práci nepatří mezi vjemy během prohlížení obvykle vzbuzující významné fyziologické reakce, byly v rámci algoritmu Affectiva AFFDEX postupně testována různá nastavení prahu detekce původních jevů signalizující negativní emoční valenci. Tato citlivostní

analýza potvrdila, že projevy emocí skrze výraz v obličeji u použitého typu stimulu sestávaly zejména z drobných nuancí. Pro vlastní analýzu tedy byla použita hodnota 15/100, která detekuje i drobné odchylky od neutrálního výrazu respondenta (25/100 odpovídá detekci mírných emočních projevů, 50/100 středních, 75/100 pak filtruje pouze silné projevy emocí ve tváři respondenta).

Respondenti byli následně rozděleni do skupin s projevem negativní valence a bez projevů negativní valence na zmíněném intervalu 0–10 s po návratu k přerušené činnosti.

S ohledem na takto vzniklé nominální hodnoty vysvětlované proměnné byla tato data vyhodnocena pomocí chí-kvadrát testu homogenity. Data splnila předpoklad četnosti (počet pozorování > 5) pro každou z buněk takto vzniklé kontingenční tabulky.

Kontingenční tabulka obohacená o indikaci p-hodnot z-testů						
			Typ stimulu / přerušení			Celkem
			Žádné	Pop-up	Zvukové	
Emoční valence	Neutrální	Počet	15 _a	16 _{a, b}	12 _b	43
		%	88,2 %	72,7 %	52,2 %	69,4 %
	Negativní	Počet	2 _a	6 _{a, b}	11 _b	19
		%	11,8 %	27,3 %	47,8 %	30,6 %
Celkem		Počet	17	22	23	62
		%	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Shodná písmena ve spodním indexu indikují podskupinu stimulu, jehož proporce se na 5% hladině významnosti signifikantně neliší

Tabulka 12 - Výskyty negativní emoční valence - Experiment 1 (autor)

V případě stimulu bez přerušení 2 respondenti (11,8 %) projevili v příslušném časovém intervalu negativní emoci v porovnání s 6 respondenty (27,3 %) v případě stimulu s pop-up přerušením a 11 respondenty (47,8 %) se zvukovým přerušením, statisticky signifikantní rozdíl (Pearsonův $\chi^2 = 0,046$).

Následné testy proporcí (z-test) s Bonferonniho korekcí p-hodnoty odhalily statisticky signifikantní rozdíl mezi počtem respondentů s výskytem negativní

emoce u stimulu bez přerušení a stimulu se zvukovým přerušením ($p < 0,05$). Stimul s pop-up přerušením se z tohoto pohledu nelišil ani od stimulu bez přerušení, ani od stimulu se zvukovým přerušením ($p > 0,05$).

Na základě výše uvedených zjištění byla nulová hypotéza *H40: Projevy negativní emoční valence v čase jsou pro skupiny s a bez přerušení shodné* zamítnuta a přijata hypotéza alternativní *H4A: Projevy negativní emoční valence v čase se pro skupiny s a bez přerušení liší*.

5.6 Shrnutí výsledků Experimentu 1

Analýza dat získaných z Experimentu 1 měla za úkol posoudit vliv externího přerušení na schopnost řešení kognitivně náročného úkolu.

Bylo prokázáno, že čas nutný pro zdárné splnění zadaného úkolu se pro skupiny s a bez přerušení liší. Byl tak prokázán negativní vliv externích přerušení na efektivitu plnění kognitivně náročného úkolu (Altmann a Trafton, 2004).

Z pohledu na statistiku dílčích faktorů vyplývá, že pohlaví není prediktorem pro čas nutný ke splnění zadaného úkolu. Data časů splnění indikovala doposud nepříliš popsany jev (Ratwani a Trafton, 2008) o snížené míře invazivní povahy zvukového přerušení, které nebylo z hlediska času signifikantně odlišné od stimulu bez přerušení.

Počet nesprávných odpovědí předcházejících korektní řešení byl pro skupiny s a bez přerušení shodný. Faktor pohlaví jako prediktor počtu pokusů nutných ke splnění se na modelu podílel zcela nahodile.

Analýza eye-tracking dat odhalila jev, kdy v čase bezprostředně po návratu z přerušující činnosti zpět k původnímu úkolu respondenti fixovali méně častěji oproti nepřerušené skupině, tyto výsledky implikovaly sníženou efektivitu prohlížení (Gartenberg, McCurry a Trafton, 2011; Goldberg a kol., 2002) a vyšší kognitivní zátěž (Goldberg a Kotval, 1999) v uvedených okamžicích. Toto bylo verifikováno skrze posouzení části experimentu před přerušením, kde se jednotlivé skupiny dle typu stimulu nelišily. Takto vzniklý resumption lag (Altmann a Trafton, 2004) byl s ohledem na statistické výpočty signifikantní v prvních 10 s po návratu.

Resumption lag vzniklý zvukovým a pop-up přerušením se významně nelišil, oba typy přerušení měly prakticky shodný vliv na redukci počtu fixací v daném časovém intervalu.

Vliv přerušení na fyziologické aspekty vyjádřené výrazem v tváři v obličejí byl s ohledem na předchozí zjištění analyzován v klíčovém intervalu, který vyplynul z eye-tracking dat. Faktor simulovaného externího přerušení se projevil na počtu respondentů s projevy negativní emoční valence. Dílčí testy prokázaly signifikantní rozdíly mezi nepřerušeny respondenty a respondenty se zvukovým přerušením, což mohlo souviset s vyšší kognitivní zátěží organismu reflektovanou výrazy v tváři (Bacic, 2017).

Experiment 1 tak prokázal vliv externích přerušení na efektivitu a způsob práce s kognitivně náročným stimulem, kdy respondenti zatížení přerušením řešili úkol déle, dopad přerušení se projevil i ve způsobu práce se stimulem, resp. na způsobu jeho prohlížení reflektovaném počtem fixací v čase. Experiment 1 tak naplnil cíl práce 1) *Ověření vlivu externích přerušení při práci s business dashboardy*

Výsledky částečně indikovaly rozdíl mezi povahou zvukového a pop-up přerušení, kdy bylo potvrzeno, že z hlediska času plnění úkolu bylo zvukové přerušení méně invazivní. Byť respondenti vykazovali vyšší poměr projevů negativní emoční valence při návratu ze zvukového přerušení, v aspektech spojených se způsobem prohlížení se jevy spojené s návratem ze zvukového přerušení oproti pop-up přerušení nelišily. Vzhledem k jisté variabilitě adaptace na přerušení vlivem zvukové signalizace, a tedy variabilnímu interruption lagu (Altmann a Trafton, 2004), bylo dále v této práci uvažováno jen se striktnější variantou, tedy s přerušením pop-up oknem.

6 Experiment 2 – výsledky výzkumu

Dostupná literatura naznačovala, že podpůrné vizualizace by mohly stimulovat rychlost opětovné orientace ve stimulu. Existoval tedy předpoklad, že čas nutný ke splnění úkolu bude v případě stimulů s inteligentními funkcemi podporujícími uživatele nižší.

Mezi předpoklady o způsobu prohlížení zakládající se na dostupných studiích patřil odlišný počet fixací pro skupinu se stimulem bez inteligentních funkcí pracujících s pozorností uživatele. V případě podmnožin respondentů využívající stimul s attention-aware rozhraním, byl díky podpoře kognitivních činností očekáván snížený resumption lag (Toreini, Langner a Maedche, 2018) a tím dotčený způsob prohlížení vyjádřený skrze počty fixací (Kern, Marshall a Schmidt, 2010).

Analogicky teorie naznačovala, že uvedená podpora kognitivních funkcí attention-aware funkcionalitami, by mohla redukovat kognitivní zátěž spojenou s návratem k přerušení činnosti, v tomto kontextu reflektovanou nižší mírou projevů negativní emoční valence.

6.1 Soubor

Celkový počet respondentů analyzovaných v rámci Experimentu 2 byl 84 (včetně 22 respondentů z Experimentu 1 tvořící kontrolní skupinu), následující tabulka reprezentuje popisnou statistiku tohoto souboru:

Popisná statistika: Věk (roky)				
Typ vizualizace	Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	N
Gaze plot	ŽENY	21,308	2,359	13
	MUŽI	21,059	1,560	17
	Celkem	21,167	1,913	30
Toreini	ŽENY	20,462	1,050	13
	MUŽI	20,895	1,729	19
	Celkem	20,719	1,486	32
Žádná	ŽENY	21,500	2,726	8

	MUŽI	20,857	1,460	14
	Celkem	21,091	1,974	22
Celkem	ŽENY	21,029	2,052	34
	MUŽI	20,940	1,570	50
	Celkem	20,976	1,770	84

Tabulka 13 – Popisná statistika souboru respondentů – Experiment 2, všechna měření (autor)

6.1.1 Validace dat

Tento soubor respondentů byl následně podroben analýze posuzující kvalitu naměřených dat a způsob práce s dashboardem:

- **Způsob práce s dashboardem**
 - **Doba nutná ke splnění** – nikdo z analyzovaných respondentů nepodkročil čas 90 s, aby v jeho případě nestihlo dojít k simulovanému přerušení. Žádný z respondentů tedy nebyl vyřazen z tohoto důvodu. Tento jev doplňkově upevnil adekvátnost komplexity řešeného úkolu vzhledem k nastavenému času přerušení (Korczak a kol., 2016).
 - **Počet pokusů nutných ke splnění** – souboru respondentů byl opět očištěn o respondenty řešící úkol nahodile. Tímto způsobem bylo vyřazeno celkem 9 respondentů.
- **Eye-tracking data** – s ohledem na koeficient kvality eye-tracking dat softwaru iMotions (*GOOD* nebo *EXCELLENT*) nebyl vyřazen žádný respondent.
- **AFFDEX data** – vzhledem k podpůrné povaze dat analýzy výrazu v obličeji nebyly z experimentu vyřazeni respondenti, u kterých došlo k disfunkci algoritmu nebo webové kamery pořizující záznam (celkem 3 respondenti).

Výsledné počty respondentů vstupujících do další analýzy po očištění nevalidních dat shrnuje následující tabulka:

Popisná statistika: Věk (roky)				
Typ vizualizace	Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	N
Gaze plot	ŽENY	21,400	2,547	10
	MUŽI	21,231	1,235	13
	Celkem	21,304	1,869	23
Toreini	ŽENY	20,455	1,128	11
	MUŽI	20,895	1,729	19
	Celkem	20,733	1,530	30
Žádná	ŽENY	21,500	2,726	8
	MUŽI	20,857	1,460	14
	Celkem	21,091	1,974	22
Celkem	ŽENY	21,069	2,154	29
	MUŽI	20,978	1,498	46
	Celkem	21,013	1,767	75

Tabulka 14 – Popisná statistika souboru respondentů – Experiment 2, validní měření (autor)

Pro návaznou analýzu bylo tedy použito celkem validních 75 měření, 23 ve skupině s pomocnou vizualizací pomocí gaze plot, 30 s pomocnou vizualizací dle Toreiniho a 22 bez pomocné vizualizace. Pro relevantní využití aparátu ANOVA tak byly splněny předpoklady o minimální velikosti souboru, resp. velikosti každé podskupiny tvořené příslušnými mezi-skupinovými faktory (Hair a kol., 1998).

6.2 Hypotéza H1₀: Čas nutný pro splnění úkolu je pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodný

Data časů nutných pro splnění úkolu obsahovala 1 odlehlou hodnotu (gaze plot vizualizace – muži: 975,02 s), dle analýzy se jednalo o přirozenou hodnotu, proto byla ve studii zachována. Normalita reziduí nebyla splněna striktně pro všechny podmnožiny souboru pro tuto proměnou (Toreiniho vizualizace – muži: $p = 0,023$,

gaze plot vizualizace – muži: $p = 0,014$). Data však splnila předpoklad homoskedasticity ($p = 0,530$).

Následující tabulka ilustruje popisnou statistiku pro jednotlivé skupiny experimentu:

Popisná statistika: Čas nutný ke splnění (s)				
Typ vizualizace	Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	N
Toreini	ŽENY	307,106	148,304	11
	MUŽI	352,705	226,812	19
	Celkem	335,985	200,036	30
Žádná	ŽENY	387,667	232,571	8
	MUŽI	346,406	162,904	14
	Celkem	361,410	186,737	22
Gaze plot	ŽENY	318,320	168,706	10
	MUŽI	339,036	239,894	13
	Celkem	330,029	207,711	23
Celkem	ŽENY	333,196	178,101	29
	MUŽI	346,925	208,860	46
	Celkem	341,617	196,404	75

Tabulka 15 - Popisná statistika časů pro splnění úkolu – Experiment 2 (autor)

Interakce mezi faktory typu stimulu a pohlaví nebyla statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 0,278, p = 0,758, \text{partial } \eta^2 = 0,008$, proto byly vyhodnoceny hlavní efekty jednotlivých faktorů:

Vliv pohlaví na čas nutný ke splnění úkolu nebyl statisticky signifikantní, $F(1, 69) = 0,030, p = 0,864, \text{partial } \eta^2 < 0,001$.

Vliv typu stimulu na čas nutný ke splnění úkolu nebyl statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 0,253, p = 0,777, \text{partial } \eta^2 = 0,007$.

Byť průměrné hodnoty poukazyvaly na určitý trend, z hlediska statistické významnosti byla přijata nulová hypotéza $H1_0$: Čas nutný pro splnění zadaného úkolu je pro skupiny s a bez přerušení shodný.

6.3 Hypotéza $H2_0$: Počet odpovědí pro nalezení řešení je pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodný

Data počtů pokusů nutných pro splnění úkolu s ohledem na čišťení dat v neobsahovala odlehlé hodnoty. Normalita rezidujících pro tuto proměnou nebyla splněna striktně pro všechny podmnožiny souboru (Toreiniho vizualizace – muži: $p = 0,030$; gaze plot vizualizace – ženy: $p = 0,016$), splnila ovšem předpoklad o shodnosti rozptylů ($p = 0,558$).

Následující tabulka ilustruje popisnou statistiku pro jednotlivé skupiny experimentu:

Popisná statistika: Počet pokusů				
Typ vizualizace	Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	N
Toreini	ŽENY	3,182	2,041	11
	MUŽI	3,947	2,460	19
	Celkem	3,667	2,309	30
Žádná	ŽENY	4,375	2,326	8
	MUŽI	4,714	1,816	14
	Celkem	4,591	1,968	22
Gaze plot	ŽENY	3,300	2,058	10
	MUŽI	3,539	2,332	13
	Celkem	3,435	2,171	23
Celkem	ŽENY	3,552	2,114	29
	MUŽI	4,065	2,245	46
	Celkem	3,867	2,195	75

Tabulka 16 - Popisná statistika pokusů pro splnění úkolu – Experiment 2 (autor)

Jelikož interakce mezi faktory typu stimulu a pohlaví nebyla statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 0,103$, $p = 0,902$, $partial \eta^2 = 0,003$, byly vyhodnoceny hlavní efekty dílčích faktorů:

Vliv pohlaví na počet pokusů nutných ke splnění úkolu nebyl statisticky signifikantní, $F(1, 69) = 0,720$, $p = 0,399$, $partial \eta^2 = 0,010$.

Vliv typu stimulu na počet pokusů nutných ke splnění úkolu nebyl statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 1,661$, $p = 0,197$, $partial \eta^2 = 0,046$.

Přes určitý trend středních hodnot a testových kritérií, nebylo možné na spolehlivé hladině významnosti nulovou hypotézu zamítnout. Proto byla přijata nulová hypotéza $H2_0$: *Počet odpovědí pro nalezení řešení je pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodný.*

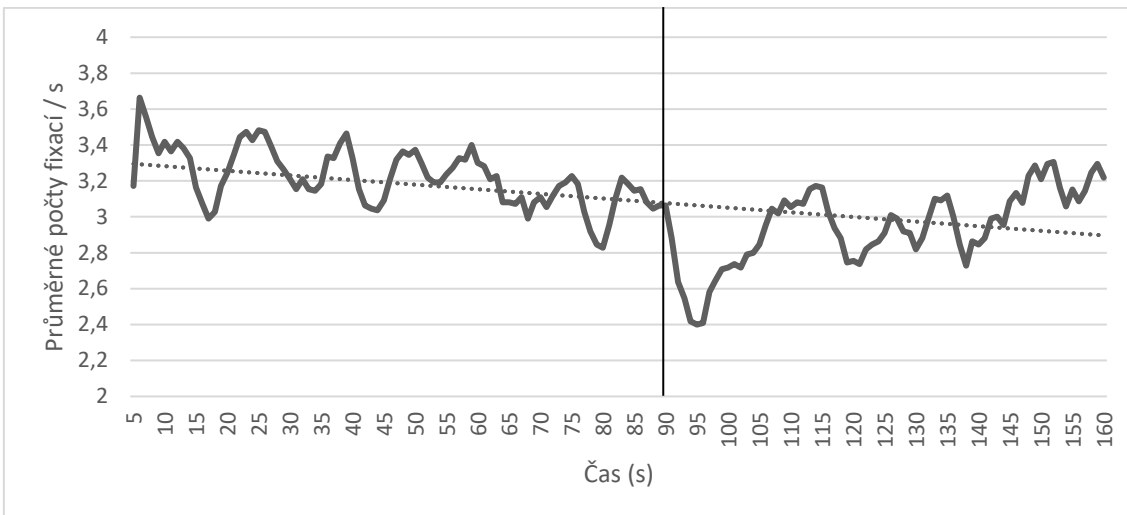
Z vyhodnocení uvedených klíčových metrik vyplynulo, že pomocné vizualizace v rozsahu a způsobu použití uvedeném v této práci nestimulovaly efektivitu reprezentovanou časem nutným ke splnění úkolu a počtem odpovědí pro nalezení řešení signifikantním způsobem.

6.4 Hypotéza $H3_0$: Průměrné počty fixací v čase jsou pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodné

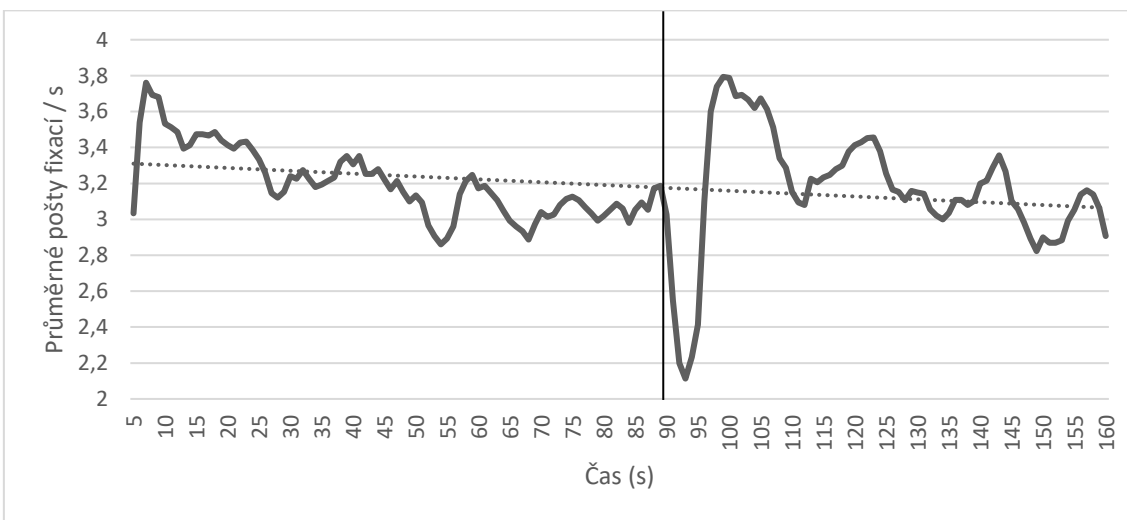
Jelikož z Experimentu 1 vyplynuly rozdíly ve způsobu prohlížení ovlivněné přerušenu činností reflektované očními fixacemi, byla tato doplňková metrika vyhodnocena i pro Experiment 2. Pro Experiment 2 platí shodná charakteristika jako pro Experiment 1. Během prvních 90 s byl experiment pro jednotlivé skupiny respondentů totožný. V 90 s došlo ve všech skupinách k přerušenu činnosti, následující grafy analogicky reprezentují společnou část experimentů, jako i okamžiky prohlížení po návratu z přerušenu.

Opět byly za účelem posouzení hypotézy $H3_0$ vypočítány průměrné počty fixací v dílčích vteřinových časových intervalech experimentu. Analogicky k Experimentu 1 byla následně aplikována metoda jednoduchého klouzavého průměru (SMA), postupně za 2, 3, 4 a 5 období, postupným navyšováním délky intervalu rovněž

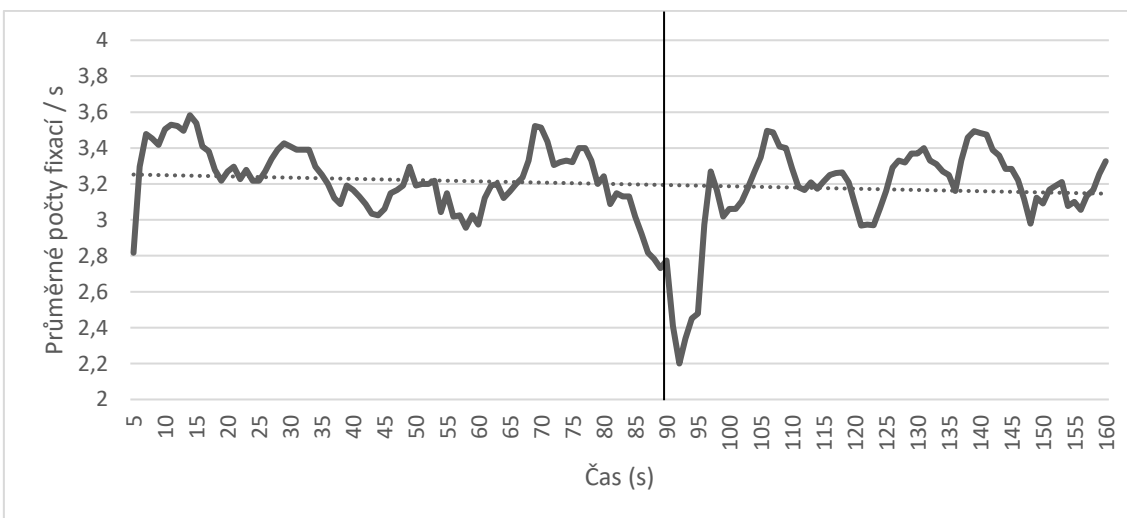
docházelo k vyhlazení trendu, který byl však zjevný i v nejkratším ze zmíněných intervalů. S ohledem na přehlednost práce a explorativní charakter tohoto úkonu jsou uvedeny grafy počtů fixací pro SMA 5 období, každá skupina dle typu přerušení je reprezentována separátním grafem. Jednotlivé grafy jsou obohaceny o přímku lineárního trendu a moment návratu z přerušení (90 s):



Graf 4 – Počty fixací v intervalu délky 5 s – dashboard bez vizualizace (autor)



Graf 5 – Počty fixací v intervalu délky 5 s – vizualizace dle Toreniho (autor)



Graf 6 - Počty fixací v intervalu délky 5 s – vizualizace gaze plot (autor)

Z celkového pohledu data opět poukazovala na mírně klesající trend v počtu fixací v čase, snižování efektivity prohlížení v čase (Gartenberg, McCurry a Trafton, 2011; Goldberg a kol., 2002), projevy únavy a rostoucí kognitivní zátěže v čase (Goldberg a Kotval, 1999), interval 90-105 s (prvních 15 s, po návratu respondenta k řešení původního úkolu) se opět projevil jako klíčový s ohledem na rozdíly v prohlížení. Průměrné počty fixací byly v tomto období opět zdánlivě nejnižší. Porovnání skupin s inteligentním rozhraním spolu s kontrolní skupinou ovšem naznačovalo, že k návratu k hodnotám reprezentovaných lineárním trendem dochází dříve, během intervalu 5-10 s po návratu z přerušení. Tedy bezprostředně po tom, co byla promítána pomocná vizualizace. Data pro dashboard bez attention-aware funkcionalit naznačovala návrat k běžnému způsobu prohlížení až během intervalu 10-15 s po návratu z přerušení. U dashboardu s pomocnou vizualizací dle Toreiniho se navíc bezprostředně v intervalu 5-10 s po návratu z přerušení vyskytovalo absolutní maximum průměrů fixací respondentů indikující vysokou míru snahy o agilní orientaci ve stimulu (Gartenberg, McCurry a Trafton, 2011).

6.4.1 Průměrné počty fixací za prvních 90 s prohlížení

Pro statisticky relevantní posouzení uvedených trendů byla nejprve posouzena případná odlišnost na intervalu prvních 90 s prohlížení, tedy před samotným přerušením. Tento úkon měl za cíl odhalit, zda se skupiny respondentů z tohoto pohledu nelišili již před samotným přerušením.

Data průměrných počtů očních fixací v prvních 90 s obsahovala několik (4) odlehlých, avšak přirozených hodnot, proto tato měření byla v datech ponechána. Data splnila předpoklad normality rezidujících pro všechny podmnožiny. Data rovněž splnila předpoklad o shodnosti rozptylů ($p = 0,842$).

Následující tabulka ilustruje popisnou statistiku pro jednotlivé skupiny experimentu:

Popisná statistika: Počty fixací během prvních 90 s				
Typ vizualizace	Pohlaví	Průměr	Std. Chyba	N
Toreini	ŽENY	278,182	27,578	11
	MUŽI	291,526	39,114	19
	Celkem	286,633	35,421	30
Žádná	ŽENY	275,375	31,933	8
	MUŽI	300,857	24,810	14
	Celkem	291,591	29,637	22
Gaze plot	ŽENY	300,200	29,951	10
	MUŽI	278,769	35,959	13
	Celkem	288,087	34,500	23
Celkem	ŽENY	285,000	30,694	29
	MUŽI	290,761	34,758	46
	Celkem	288,533	33,153	75

Tabulka 17 - Popisná statistika počtů fixací v intervalu před přerušením - Experiment 2 (autor)

Interakce mezi faktory typu stimulu a pohlaví nebyla na 5% hladině významnosti statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 3,063$, $p = 0,053$, $partial \eta^2 = 0,082$, proto byly vyhodnoceny hlavní efekty faktorů.

Vliv pohlaví na počet pokusů nutných ke splnění úkolu nebyl statisticky signifikantní, $F(1, 69) = 0,720$, $p = 0,399$, $partial \eta^2 = 0,010$.

Vliv typu stimulu na počet pokusů nutných ke splnění úkolu nebyl statisticky signifikantní, $F(2, 69) = 1,661$, $p = 0,197$, $partial \eta^2 = 0,046$.

Nicméně díky p-hodnotě interakce faktorů stimulu a pohlaví 0,053 byly doplňkově prozkoumány i dílčí interakční efekty. Tento pohled odhalil určitý (nesignifikantní $p = 0,083$) efekt vlivu pohlaví v rámci stimulu bez pomocné vizualizace, rozdíl průměrných hodnot ilustruje tabulka popisných statistik. S ohledem na zjištění

v Experimentu 1, kdy se tento jev (vyšší počet fixací v prvních 90 s u mužů) projevoval signifikantně napříč celým souborem, se tak pravděpodobně jedná s ohledem na pře-použití této skupiny jako kontrolní pro Experiment 2 o jeho částečný projev.

Z pohledu cílů této disertační práce bylo však na spolehlivé hladině významnosti možné konstatovat, že respondenti prohlížejí všechny typy dashboardů ve fázi experimentu před přerušением shodně, dle očekávání.

6.4.2 Průměrné počty fixací v prvních 15 s po návratu z přerušení

Dle uvedených zjištění byly tedy skupiny respondentů z pohledu prohlížení stimulu před přerušением shodné, z tohoto důvodu bylo možné usuzovat na rozdílnost v intervalu bezprostředně po návratu z přerušení na základě typu pomocných vizualizací, tedy nehrozilo, že by efekt byl způsoben rozdílností respondentů.

Časový interval po návratu z přerušení pro posouzení průměrných počtů očních fixací vstupuje do modelu opět jako vnitroskupinový faktor. Mezi-skupinové faktory zůstávají shodné (typ pomocné vizualizace dashboardu, pohlaví).

Data průměrných počtů fixací obsahovala určité odlehlé hodnoty (11) v jednotlivých podskupinách, tyto hodnoty byly analyzovány a ve výpočtu ponechány, jelikož se ve všech případech jednalo o přirozené hodnoty (Ghosh a Voght, 2012). Předpoklad normality nebyl striktně splněn pro všechny podmnožiny souboru. Zejména v časovém intervalu 10-15 s od návratu z přerušení (bez vizualizace – ženy – 10-15 s: $p = 0,010$; bez vizualizace – muži – 10-15 s: $p = 0,02$, Toreiniho vizualizace – muži – 10-15 s: $p = 0,002$). ANOVA je však vůči porušení tohoto předpokladu považována za poměrně robustní, pokud platí předpoklad o shodných rozptylech (Maxwell, Delaney a Kelley, 2017), což ve zmíněném intervalu nastalo (Levenův test pro 10-15s interval $p = 0,327$). Ve zbylých časových intervalech po návratu z přerušení došlo k opačné situaci, kdy data nesplnila předpoklad shodných rozptylů (Levenův test pro 0-5s interval: $p < 0,001$, pro 5-10s interval: $p = 0,006$), ale byl splněn předpoklad normality. Za této konstelace, spolu s přihlédnutím k velikosti jednotlivých skupin souboru a míře rozdílu mezi skupinových rozptylů, bylo možné

v analýze rozptylu pokračovat (Jaccard, 1998). Předpoklad sféricity byl splněn ($p = 0,323$)

Následující tabulka ilustruje popisnou statistiku pro jednotlivé skupiny experimentu:

Popisná statistika: Počty fixací v 5 s intervalech						
Časový interval	Typ vizualizace	Pohlaví	Průměr	Std. chyba	N	
0–5 s	Toreini	ŽENY	11,455	2,697	11	
		MUŽI	13,790	3,457	19	
		Celkem	12,933	3,352	30	
	Žádná	ŽENY	9,875	6,512	8	
		MUŽI	12,429	5,958	14	
		Celkem	11,500	6,139	22	
	Gaze plot	ŽENY	14,889	2,934	9	
		MUŽI	13,077	3,013	13	
		Celkem	13,818	3,049	22	
	Celkem	ŽENY	12,107	4,524	28	
		MUŽI	13,174	4,218	46	
		Celkem	12,770	4,337	74	
	5–10 s	Toreini	ŽENY	19,546	3,078	11
			MUŽI	19,211	1,686	19
			Celkem	19,333	2,249	30
Žádná		ŽENY	13,375	5,553	8	
		MUŽI	14,786	5,605	14	
		Celkem	14,273	5,496	22	
Gaze plot		ŽENY	17,889	3,219	9	
		MUŽI	16,231	3,193	13	
		Celkem	16,909	3,235	22	
Celkem		ŽENY	17,250	4,616	28	

		MUŽI	17,022	4,085	46
		Celkem	17,108	4,264	74
10–15 s	Toreini	ŽENY	19,000	2,280	11
		MUŽI	19,000	3,266	19
		Celkem	19,000	2,901	30
	Žádná	ŽENY	14,625	5,153	8
		MUŽI	15,429	4,433	14
		Celkem	15,136	4,601	22
	Gaze plot	ŽENY	19,111	2,667	9
		MUŽI	16,846	4,200	13
		Celkem	17,773	3,754	22
	Celkem	ŽENY	17,786	3,881	28
		MUŽI	17,304	4,125	46
		Celkem	17,487	4,015	74

Tabulka 18 - Popisná statistika počtů fixací v intervalu po návratu z přerušení – Experiment 2 (autor)

Jelikož interakce mezi všemi třemi faktory (typ stimulu a pohlaví, časový interval po návratu z přerušení) nebyla statisticky signifikantní,

$F(4, 136) = 0,274, p = 0,895, \text{partial } \eta^2 = 0,008$, byly vyhodnoceny interakce dílčích dvojic faktorů:

Interakce mezi faktory typ stimulu a časovým intervalem po návratu z přerušení byla signifikantní $F(4, 136) = 2,553, p = 0,042, \text{partial } \eta^2 = 0,070$.

Interakce mezi faktory pohlaví a časovým intervalem po návratu z přerušení nebyla signifikantní $F(2, 136) = 0,925, p = 0,399, \text{partial } \eta^2 = 0,013$.

Interakce mezi faktory typ stimulu a pohlavím nebyla signifikantní $F(2, 68) = 2,320, p = 0,106, \text{partial } \eta^2 = 0,064$.

S ohledem na prokázanou interakci faktorů časového intervalu po návratu z přerušení a typu stimulu byly dále provedeny mnohonásobná porovnání pro statisticky signifikantní dílčí interakční efekty.

Střední hodnoty a 95% intervaly spolehlivosti ilustruje následující tabulka:

Střední hodnoty: Počty fixací v 5 s intervalech					
Typ stimulu / vizualizace	Interval	Průměr	Std. Chyba	95% Interval spolehlivosti	
				Dolní mez	Horní mez
Toreini	0-5 s	12,622	0,804	11,018	14,226
	5-10 s	19,378	0,717	17,946	20,810
	10-15 s	19,000	0,709	17,584	20,416
Žádná	0-5 s	11,152	0,940	9,276	13,028
	5-10 s	14,080	0,839	12,406	15,755
	10-15 s	15,027	0,830	13,371	16,683
Gaze plot	0-5 s	13,983	0,920	12,147	15,818
	5-10 s	17,060	0,821	15,421	18,698
	10-15 s	17,979	0,812	16,358	19,599

**Tabulka 19 – Střední hodnoty počtů fixací v 5 s intervalech – Experiment 2
(autor)**

Na Bonferonniho korekcí adjustované p-hodnoty mnohonásobných porovnání se lze díky interakci dívat dvěma způsoby:

p-hodnoty mnohonásobných porovnání – Počet fixací v 5 s intervalech							
Int.	Vizualizace	Vizualizace	p	Typ	Interval	Interval	p
0-5 s	Gaze plot	Žádná	0,716	Toreini	0-5 s	5-10 s	0,000
		Toreini	0,807			10-15 s	0,000
	Žádná	Gaze plot	0,716		5-10 s	0-5 s	0,000
		Toreini	0,105			10-15 s	1,000
	Toreini	Gaze plot	0,807		10-15 s	0-5 s	0,000
		Žádná	0,105			5-10 s	1,000
5-10 s	Gaze plot	Žádná	0,000	Žádná	0-5 s	5-10 s	0,023
		Toreini	0,111			10-15 s	0,004
	Žádná	Gaze plot	0,000		5-10 s	0-5 s	0,023
		Toreini	0,040			10-15 s	1,000
	Toreini	Gaze plot	0,111		10-15 s	0-5 s	0,004
		Žádná	0,040			5-10 s	1,000
10-15 s	Gaze plot	Žádná	0,002	Gaze plot	0-5 s	5-10 s	0,013
		Toreini	1,000			10-15 s	0,003
	Žádná	Gaze plot	0,002		5-10 s	0-5 s	0,013
		Toreini	0,040			10-15 s	1,000
	Toreini	Gaze plot	1,000		10-15 s	0-5 s	0,003
		Žádná	0,040			5-10 s	1,000

Tabulka 20 – p-hodnoty mnohonásobných porovnání dvojic faktorů s interakcí – Experiment 2 (autor)

Bezprostředně po návratu z přerušení (interval 0-5 s) nebyl mezi průměrnými počty fixací mezi stimuly bez vizuálního pomocníka, s vizuálním pomocníkem typu Toreini a vizuálním pomocníkem typu gaze plot signifikantní rozdíl (toto byl interval, kdy byly v případě attention-aware dashboardu promítány pomocné vizualizace).

Ovšem v intervalu mezi 5-10 s po návratu z přerušení se způsob prohlížení v zavislosti na dashboardech s nebo bez pomocné vizualizace signifikantně lišil.

Po návratu k prohlížení dashboardu bez vizuálního pomocníka byl průměrný počet fixací v intervalu 5-10 s 14,080, 95% CI [12,406, 15,755], signifikantní rozdíl ($p < 0,001$) oproti dashboardu s vizuálním pomocníkem typu Toreini 19,378, 95% CI [17,946, 20,810], a signifikantní rozdíl ($p = 0,040$) oproti dashboardu s vizuálním pomocníkem typu gaze plot 17,060, 95% CI [15,421, 18,698]. Dashboardy s různými vizuálními pomocníky se mezi sebou signifikantně nelišily ($p = 0,111$).

Analogické platilo pro interval 10-15 s po návratu z přerušení. Pro zjednodušení textu nejsou přesné hodnoty z výše uvedených tabulek již replikovány do textu.

Tato statistika tedy potvrdila jev indikovaný v grafu průměrných fixací na 5% hladině spolehlivosti.

Druhý způsob pohledu na interakci faktorů časového intervalu a typu stimulu potvrdil, že pro všechny typy dashboardů platí, že interval 0-5 s je signifikantně odlišný od následujících dvou ($p < 0,025$ pro všechny kombinace), které se ze statistického pohledu neliší ($p = 1,000$).

Na základě uvedených zjištění byla zamítnuta hypotéza $H3_0$: *Průměrné počty fixací v čase jsou pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodné* a přijata hypotéza alternativní $H3_A$: *Průměrné počty fixací v čase se pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele liší*.

6.5 Hypotéza $H4_0$: Projevy negativní emoční valence v čase jsou pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodné

Podobně jako v případě Experimentu 1, hypotéza $H3_0$: *Průměrné počty fixací v čase jsou pro skupiny s a bez přerušení shodné* determinovala primární interval pro analýzu emoční valence. V případě Experimentu 2 se způsob prohlížení lišil na intervalu 5–15 s po návratu z přerušení. Hodnota prahu detekce projevů negativní valence algoritmu Affectiva AFFDEX byla zachována na hodnotě 15/100. Respondenti byly v rámci tohoto intervalu rovněž rozděleni do skupin s projevem negativní valence a bez.

Data splnila předpoklad četnosti (počet pozorování > 5) pro každou z buněk takto vzniklé kontingenční tabulky.

Kontingenční tabulka - Interval 5–10 s po návratu z přerušení						
			Typ stimulu / pomocné vizualizace			Celkem
			Toreini	Žádná	Gaze plot	
Emoční valence	Neutrální	Počet	24	13	18	60
		%	80,0 %	59,1 %	78,3 %	73,3 %
	Negativní	Počet	6	9	5	15
		%	20,0 %	40,9 %	21,7 %	26,7 %
Celkem		Počet	30	22	23	75
		%	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Tabulka 21 - Výskyty negativní emoční valence, interval 5–15 s - Experiment 2 (autor)

V případě stimulu bez vizuální asistence 9 respondentů (40,9 %) projevilo v příslušném časovém intervalu negativní emoci v porovnání s 6 respondenty (20,0 %) v případě stimulu s vizualizací dle Toreiniho a 5 respondenty (21,7 %) s vizualizací typu gaze plot, mezi skupinami však nebyl statisticky signifikantní rozdíl (Pearsonův $\chi^2 = 0,197$).

Informativně byl analogickým způsobem analyzován i interval prvních 5 s bezprostředně po návratu z přerušení, tedy časová sekce, ve které byly promítány pomocné vizualizace v případě dashboardů s attention-aware funkcionalitou. Data v tomto případě porušila předpoklad četnosti pro chí-kvadrát test homogenity pro některé (2) z buněk takto vzniklé kontingenční tabulky. Proto byl proveden Fisherův exaktní χ^2 test.

Kontingenční tabulka - Interval 0-5 s po návratu z přerušení						
			Typ stimulu / pomocné vizualizace			Celkem
			Toreini	Žádná	Gaze plot	
Emoční valence	Neutrální	Počet	25	16	20	61
		%	83,3 %	72,7 %	87,0 %	81,3 %
	Negativní	Počet	5	6	3	14
		%	16,7 %	27,3 %	13,0 %	18,7 %
Celkem		Počet	30	22	23	75
		%	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Tabulka 22 – Výskyty negativní emoční valence, interval 0-5 s – Experiment 2 (autor)

V čase promítání pomocných vizualizací projevilo v případě stimulu bez vizuální asistence 6 respondentů (27,3 %) negativní emoci v porovnání s 5 respondenty (16,7 %) v případě stimulu s vizualizací dle Toreiniho a 3 respondenty (13,0 %) s vizualizací typu gaze plot, mezi skupinami však nebyl statisticky signifikantní rozdíl (Fisherův exaktní χ^2 test: $p = 0,490$).

Na základě výše uvedených zjištění byla přijata nulová hypotéza $H4_0$: *Projevy negativní emoční valence v čase jsou pro skupiny se stimulem s a bez funkcionalit pracujících s pozorností uživatele shodné.*

6.6 Shrnutí výsledků Experimentu 2

Analýza dat získaných z Experimentu 2 měla za úkol posoudit vliv uživatelských rozhraní pracujících s pozorností uživatele na redukci negativních vlivů spojených s externím přerušením primární činnosti (Yigitbasioglu a Velcu, 2012; Toreini a Morana, 2017).

Přes určitý trend nebylo z hlediska statistické významnosti prokázáno, že čas nutný pro zdárné splnění zadaného úkolu se pro skupiny podporované funkcemi inteligentního rozhraní oproti skupinám se standardním UI liší. Bezprostřední vliv použitých forem inteligentních vizualizací na časy plnění kognitivně náročného úkolu tak nebyl prokázán.

Trend u počtu nesprávných odpovědí předcházejících korektní řešení byl rovněž pro skupiny s inteligentními a běžnými UI statisticky nevýznamný. Bezprostřední vliv použitých forem inteligentních vizualizací na počet pokusů nutných ke splnění kognitivně náročného úkolu, míru chybovosti, rovněž nebyla prokázána (Stothart, Mitchum a Yehnert, 2015).

Faktor pohlaví se jako prediktor uvedených metrik splnění úkolu na modelu podílel nahodile.

Analýza eye-tracking dat potvrdila jev z Experimentu 1, kdy v čase bezprostředně po návratu z přerušující činnosti zpět k původnímu úkolu došlo u respondentů k signifikantnímu poklesu počtu fixací, reflektující sníženou efektivitu prohlížení a orientace (Goldberg a kol., 2002), a kognitivní náročnost související s navázáním na původní činnost (Goldberg a Kotval, 1999) ilustrující resumption lag (Altmann a Trafton, 2004). Tento jev byl podobně jako u Experimentu 1 verifikován skrze posouzení části experimentu před přerušením, kde se jednotlivé skupiny nelišily.

Analýza dat odhalila v intervalu bezprostředně po promítnutí pomocných vizualizací jev, kdy obě vizuální pomůcky stimulovaly způsob prohlížení dashboardu reflektovaný počty očních fixací tak, že respondenti v porovnání s dashboardem bez vizuální pomoci byly ve znovu orientaci ve stimulu agilnější (Gartenberg, McCurry a Trafton, 2011). Uvedené výsledky naznačují, že pomocné vizualizace pomáhaly v navázání na původní tempo prohlížení a určitým způsobem eliminovali negativní dopady resumption lagu (Toreini, Langner a Maedche, 2018). V případě vizuální pomůcky dle Toreiniho tento trend dosáhl nad rámec hodnot před přerušením, ze statistického hlediska se však od vizualizace typu gaze plot nelišil.

Vliv přerušování na fyziologické aspekty vyjádřené výrazem v tváři v obličejí byl s ohledem na předchozí zjištění analyzován v klíčových intervalech, které vyplynuly z eye-tracking dat. Byť respondenti vykazovaly vyšší poměr projevů negativní emoční valence při návratu z přerušování bez vizuální podpory, faktor přítomnosti inteligentních funkcí se nepodílel signifikantně.

Experiment 2 tak přímo neprokázal vliv inteligentních UI pracujících s pozorností uživatele na efektivitu práce měřenou skrze časy a počty pokusů, prokázal však vliv attention-aware funkcí na způsob prohlížení reflektovaný zrakovými fixacemi a implikoval tak možný vliv na výsledný resumption lag (Altmann a Trafton, 2004). Tímto Experiment 2 naplnil cíl práce 3) *Ověření efektivity attention-aware dashboardu.*

7 Diskuse

7.1 Ověření snížené efektivity práce s business dashboardy vlivem externích přerušení

Multi-tasking a s ním spojené přepínání mezi několika činnostmi je součástí každodenní pracovní rutiny (Czerwinski, Horvitz a Wilhite, 2004), přerušování pozornosti a toku myšlenek se významně podílí na pracovní neefektivitě (Bailey, Konstan a Carlis, 2000; Miyata a Norman, 1986). Neustále přepínání mezi činnostmi může limitovat efektivitu práce více než znalosti (Korczaka kol., 2016). Jedním z cílů práce bylo tuto neefektivitu objektivně změřit (Carrasco, 2011; Bylinskii a kol., 2015) a tento fenomén tak experimentálně ověřit, jak reflektoval první z cílů práce: *1) Ověření vlivu externích přerušení při práci s business dashboardy*. Za tímto účelem byl na základě dostupné literatury navržen laboratorní experiment a zkonstruován experimentální stimul simulující řešení kognitivně náročného úkolu v podmínkách se simulovaným externím přerušením (Toreini, Langner a Maedche, 2018), byly stanoveny objektivní metriky jako čas nutný ke splnění úkolu (Bailey a Konstan, 2006) a počet potřebných odpovědí pro nalezení výsledku (Stothart, Mitchum a Yehnert, 2015). Tyto byly obohaceny o biometrické údaje reflektující způsob prohlížení jako eye-tracking (Cane, Cauchard a Weger, 2012) a automatické rozpoznávání obrazu v obličeji (Bačić, 2018).

Pomocí Experimentu 1 se podařilo potvrdit negativní vliv externích přerušení na čas plnění úkolu u testovacího stimulu (Addas a Pinsonneault, 2015) (viz [5.2](#)), stejně jako na rozdíly v prohlížení reflektované očními pohyby (Bulling, 2016; Orquin a Loose, 2013) (viz [5.4](#)), nebo projevy spojené výrazem v obličeji (Quintanar, 2016; Dong, Li a Sun, 2014) (viz [5.5](#)). V případě dalších metrik (počty pokusů, resp. chybovost (Stothart, Mitchum a Yehnert, 2015)) vliv nebyl prokázán. Výstupy této práce tak poskytly objektivní zjištění pro zkoumání fenoménu externích přerušení v pracovním prostředí (Czerwinski, Horvitz a Wilhite, 2004).

V některých dílčích aspektech práce došla k odlišným závěrům v porovnání s jinými studii (Hodgetts a kol., 2015). Uvedení autoři identifikovaly opačný jev v počtu

očních fixací spojených s návratem z přerušení. Více, kratších fixací indikujících snahu respondentů se rychle zorientovat (Gartenberg, McCurry a Trafton, 2011) oproti jevu popsaném v této práci, kdy přerušení, resp. následných návrat z něj v respondentech efektivitu prohlížení naopak spíše utlumil. Rozdílné výstupy tak identifikují prostor pro další studie za účelem odhalení dosud skrytých souvislostí.

Výsledky v této práci popsané se dotýkají i charakteristiky jednotlivých přerušení (pop-up vs. zvukové), díky kterým je ilustrována existenci určitých rozdílů v míře ovlivnění uživatele, která zatím nebyla příliš zkoumána (Werner a kol., 2009). Tato problematika jistě vyžaduje další výzkum, nicméně informace poskytnuté touto prací do ní mohou poskytnout základní teoretický vhled.

Jedním z nových teoretických přínosů je reálné zapojení sensoriky (Riche, 2010; Anderson, 2012) reflektující kognitivní zátěž (eye-tracking, analýza výrazu tváře), které bylo doposud v kontextu efektivita práce (Bačić a Fadlalla, 2016) a práce s BI nástroji i přes možné ekonomické implikace (Davern, Shaft a Te'eni, 2012) poměrně limitováno.

Výzkum realizovaný v rámci této disertační práce má samozřejmě četné limity.

Výběr souboru byl realizován pomocí specifického výběru a metody convenience sampling (Saunders, Lewis a Thornhill, 2012), výsledky získané šetřením nad takto vybraným souborem tak nelze spolehlivě generalizovat na cílovou populaci (profesionální manažeři celého světa), ale pouze na podskupinu populace (čeští studenti manažerských oborů), ze které byl specifický výběr uskutečněn (Bornstein, Jager a Putnick, 2013). Práce tak zejména ověřuje použitou metodiku na pilotním souboru a z ní plynoucí doporučení mohou být použity jako základ pro šetření s reprezentativnějším výběrem.

U velikosti souboru samozřejmě platí, čím větší, tím lepší, v Experimentu 1 se objevil statisticky signifikantní jev, kdy prohlížení univerzální části stimulu bylo ovlivněno pohlavím, tento jev se v následujících časových intervalech ani v návazném Experimentu 2 již neprojevil. Byť byla nasbíraná data před vstupem do analýzy posuzována z hlediska relevance a finální soubor vykazoval pouze znaky

přirozených hodnot, není vyloučeno, že by s větším souborem byl tento efekt vymizel. Větší soubor by samozřejmě verifikoval i signifikanci vlivu dalších faktorů.

Zatímco použitý eye-acking je jistě jedním ze způsobů, jak objektivně posuzovat uživatelské vnímání při práci s dashboardy (Orlov a kol., 2016). Za účelem posouzení vlivu přerušení byl v této práci použit v de facto v jeho elementární podobě. Výsledky práce se opírají o metriku počtů fixací na celém stimulu, disertační práce neměla ambici rozpadat stimul na jednotlivé sekce (AOI) a analyzovat rozdíly v prohlížení v této míře detailu, nebo s ohledem na ustálené vzory prohlížení. Vzory jako je F-pattern, tedy obvyklý způsob prohlížení stimulů, kdy uživatele procházejí jednotlivé prvky zleva doprava, svrchu dolů (Ahn a kol., 2018) disertační práce v kontextu experimentů neposuzovala. Z pohledu eye-tracking dat, reprezentují výsledky popsané v této práci zejména základní souvislosti a mají tak spíše explorativní charakter. Jak přesně přerušení ovlivňují způsob prohlížení po návratu z něj, zda např. respondenti redundantně neanalyzují oblasti, které již ve srovnání s jinými prohlédli dostatečně čekají na další rozpracování (Bera, Soffer a Parsons, 2019; Toreini a kol., 2022).

Základní myšlenky, které tato práce v analýze vlivu externích přerušení předkládá vybízí k dalšímu zkoumání včetně zapojení dalších, komplementárních metrik. Z tohoto pohledu by popsaná zjištění pravděpodobně nejvíce benefitovala z doplnění o data z GSR technologie (Shi a kol., 2007), existují ale i další metriky, které by výsledné hypotézy mohly lépe dovysvětlit nebo podpořit. Na výše zmíněné vzory v prohlížení lze z eye-tracking dat usuzovat např. na základě vzdálenosti fixací, tedy počítat eukleidovskou vzdálenost mezi jednotlivými fixacemi a pomoci tak ilustrovat efektivitu práce se stimulem, popř. pracovat s jejich rozptylem (disperzí) (Venrooij, Toet a van Erp, 2016), eventuálně se analýzou zaměřit i na metriky vycházející ze sakád (Cowen, Ball a Delin, 2011).

Snímání mozkové aktivity respondenta lze rovněž požadovat za vhodný směr pro rozšíření zde popsaného výzkumu (Müller-Putz, Riedl a Wriessnegger, 2015; Lee a Tan, 2006). S ohledem na expertní znalosti nutné k relevantní interpretaci dat z této senzorky, lze však nalézt i pro interpretaci jednodušší metriky k posouzení

kognitivní zátěže (Smuc, 2016). Vzhledem k způsobu, jakým eye-tracking technologie pracuje, dochází mimo detekce směru pohledu uživatele i k vyhodnocení dalších sekundárních aspektů, jako např. velikosti zorniček, která je často považována za metriku reflektující kognitivní zátěž (Paas a kol., 2016; Klingner, Tversky a Hanrahan, 2011). Zapojení těchto dodatečných metrik by mohlo pomoci kognitivní procesy spojené s přerušením a zejména s následným navázáním lépe objasnit.

7.2 Návrh a vývoj prototypu *attention-aware dashboardu*

Navázat na původní přerušenu činnost znamená také obnovit si příslušný myšlenkový kontext (Roda, 2011; Bailey a Konstan, 2006). Po zmapování vlivu externích přerušení na efektivitu práce (Addas a Pinsonneault, 2015), se disertační práce dále zabývala způsoby, jak tyto vlivy, pokud možno, redukovat. Existoval předpoklad, že právě data z eye-trackeru, obvykle využívaná pro post-analýzu prohlížení, lze jako aktivní prvek, de facto jako další podvědomé vstupní zařízení, využít právě pro minimalizaci negativních dopadů přerušení (Dragunov a kol., 2005; Liu a kol., 2014) a snazší obnovení kontextu (Kern, Marshall a Schmidt, 2010; Bailey a Konstan, 2006).

Za tímto účelem bylo nejprve nutné, zkonstruovat testovací stimul, který by uvedené vstupy využil a následně se pomocí nich adaptoval s cílem kognitivně uživatele podpořit. Tohoto z cílů disertační práce, 2) *Návrh a vývoj prototypu attention-aware dashboardu* (viz 4.3), však nebylo možno dosáhnout pomocí běžně dostupných eye-tracking nástrojů. Stimul splňující tato kritéria bylo nutné vyvinut přímo pro tento účel. Přesto, že soudobé SW pro eye-tracking analýzu sbírají data o prohlížení v reálném čase, ke zpracování takto získaných surových dat pomocí fixačních filtrů jako např. I-VT (Olsen, 2012) dochází až ex-post. Standardně tyto nástroje nenabízejí funkcionality pro real-time adaptaci jimi zobrazovaných stimulů na základě aktuálního prohlížení a jejich API generují v reálném čase pouze raw data.

V praxi tak soudobým výzkumníkům není umožněno snadno realizovat experimenty bezprostředně pracující se zpětnou (zrakovou) vazbou od uživatele

bez toho, aniž by byli nuceni zapojit technické dovedností jako je programování. Tento aspekt může být limitující pro mnoho odborníků z oblasti mimo vývoj softwarových aplikací, přitom, kdy jindy, než v době informačního přesycení (Gupta, Li a Sharda, 2013; Ou a Davison, 2011) je nutné se zabývat způsoby, jak informace uživateli prezentovat s co možná nejvyšší efektivitou (Holzinger, 2013; Toreini a Morana, 2017) a ideálně interaktivně (Browne a Parsons, 2012). S nutností vyvíjet vlastní aparáty pro adaptaci zpětné vizuální vazby na straně výzkumníků je významně dotčena flexibilita, agilita a progresivita příslušného vědního oboru. Na druhou stranu tímto vzniká určitý potenciál pro diversifikaci na trhu eye-tracking produktů, které by tyto funkce nativně nabízely.

7.3 Ověření efektivity *attention-aware dashboardu*

Za účelem naplnění cíle disertační práce tedy 3) *Ověření efektivity attention-aware dashboardu* byl takto vzniklý *attention-aware dashboard* opět podroben laboratornímu experimentu v analogii k Experimentu 1. V tomto případě simulující řešení kognitivně náročného úkolu v podmínkách se simulovaným externím přerušením za využití inteligentních funkcí pro podporu uživatele (Toreini, Langner a Maedche, 2018).

Pomocí zmíněného experimentu se nepodařilo potvrdit pozitivní vliv na čas plnění úkolu u testovacího stimulu (Bailey a Konstan, 2006), chybovost (Stothart, Mitchum a Yehnert, 2015), nebo projevy spojené výrazem v obličeji (Quintanar, 2016) (viz 5.6), byly však identifikovány rozdíly v prohlížení reflektované očními pohyby (Bulling, 2016) (viz 6.4). Rozdíly v datech o prohlížení naznačovaly, že došlo k jevu na základě dostupných teoretických poznatků předpokládaných Toreinim a kol. (Toreini, Langner a Maedche, 2018), tedy ke snížení slibují snížení resumption lagu. Nad rámec tohoto zjištění, data poukazovala na jev, kdy podpůrné vizualizace dle Toreiniho a kol. excitovali způsob prohlížení nad hodnoty obvyklého trendu. Bližší analýza tohoto jevu, vliv použití salientních prvků (Mariakakis, Goel, Aumi, Patel a Wobbrock, 2015) v takové vizualizaci apod. může být dalším ze záměrů, ke kterým výsledky této disertační práce vybízejí.

Byť se nástroje pracující s pozorností uživatele v literatuře již objevovali (Kern, Marshall a Schmidt, 2010; Mariakakis a kol., 2015; Jo, Kim a Seo, 2015), v kontextu v pracovního prostředí nebo v případě práce se stimuly, jako jsou dashboardy zatím není efektivita těchto nástrojů běžně zkoumána (Toreini, Langner a Maedche, 2018; Toreini a kol., 2022). I v této rovině má však práce četné limitace, které však na druhou stranu otevírají možnosti pro další, návazné studie. Kromě prostoru pro zapojení dalších metrik diskutovaných již v předchozích částech této kapitoly, je na místě diskutovat i jiné pohledy na již analyzovaná data.

V této disertační práci byly použity metody a metriky, které jsou v oblasti eye-trackingu standardně používané (viz [2.6](#)), jak se ale ukazuje, v této oblasti je stále prostor pro inovace, a tak autoři (Toreini a kol., 2022) využívají i vlastní metriky, definované s ohledem na příslušný experiment. V tomto ohledu, např. u způsobu posouzení očních fixací v dílčích časových intervalech reflektující změny v čase, by mohlo být uvažováno, o zapojení vlastní metriky definované např. jako změny míry počtu fixací v čase, tedy vyjádřenou jako směrnici přímky aproximace trendu v klíčových intervalech, tj. derivací rovnice přímky lineární regrese. Tímto způsobem by mohlo být snáze usuzováno na délky intervalů, ve kterých se jev přerušování projevuje, jak některé studie připomínají (Hodgetts a kol., 2015), vlivy přerušování teoreticky mohou mít důsledky do způsobu prohlížení i v řádů minut.

Nejen v jiných metrikách, ale i v jiných metodách posouzení se mohou skrývat prozatím skryté souvislosti. V této disertační práci bylo s ohledem na její délku a přehlednost popsáno primárně využití faktorové analýzy rozptylu (ANOVA) pro vysvětlení vlivu na sledované metriky separátně. Je však možné, že aspekty vstupující do rozhodovacího problému nad kognitivně náročnějšími stimuly jsou složitější, že např. usnadnění práce s přerušováními není klíčové v kontextu celkové optimalizace pracovního výkonu (Ratwani a Trafton, 2008; Salvucci, 2010). Multivarianční analýza rozptylu (MANOVA), jakožto rozšíření použité analýzy rozptylu (ANOVA), nachází využití pro případy s dvěma a více vysvětlovanými proměnnými. Tomuto schématu odpovídá i experimentální design této práce. Hlavním důvodem pro použití MANOVA je porozumění interakci mezi proměnnými vysvětlovanými a množinou proměnných vysvětlovaných, a to včetně vztahu mezi vysvětlovanými

proměnnými navzájem (Hair a kol., 1998). Proměnné figurující v této práci byly (mimo rámeček této práce) podrobeny i MANOVA analýze, zejména s ohledem na vztah počtů fixací bezprostředně po návratu z přerušení a časy nutné ke splnění úkolu, interakce mezi vysvětlovanými proměnnými však nebyla signifikantní, proto se statistické výpočty publikované v této práci s ohledem na přehlednost zjednodušili na dílčí ANOVA modely. Nicméně, vzájemná interakce eye-tracking metrik obecně nebo v sofistikovanějším spojení s metrikami úspěšnosti, efektivity nebo jinak objektivně sledované míry kognitivní zátěže (GSR) by mohly přispět i v rovině interpretace eye-tracking dat obecně (Tzanidou a kol., 2005).

Usnadnění práce s přerušeními rovněž možná není klíčové v kontextu celkové optimalizace pracovního výkonu (Ratwani a Trafton, 2008; Salvucci, 2010), resp. možná není klíčové od určité doby či komplexity, popř. v závislosti na činnosti, která byla přerušena. Jak je popsáno výše, potřeba vyvíjet experimentální attention-aware stimul na míru do jisté míry limitovala flexibilitu samotného experimentu, parametry testovacího stimuly proto byly fixní. Přestože byly konstruovány dle doporučení z literárních zdrojů, vliv změn jejich parametrů na vysvětlované proměnné, nebyl nikterak zkoumán. Toto je pochopitelně významným omezením této disertační práce. Jak by vliv přerušení, nebo povahy činnosti na časy splnění úkolu ovlivnily změny parametrů, jako např.:

Jednodušší, kratší úkol a dřívější přerušení

- Uživatelé mají tendence opakovat stejné chyby v prohlížení (Cane, Cauchard a Weger, 2012) bez ohledu na složitost zpracovávaného stimulu, je možné, že přerušení použité v této disertační práci bylo v poměru ke složitosti úkolu příliš krátké, efekt pomocných vizualizací se tak v celkové optimalizaci času plnění úkolu mohl ztratit

Odlišná doba nebo počet přerušení

- Jak by výsledky ovlivnilo, kdyby respondenti byli přerušováni vícekrát (Jackson, Dawson a Wilson, 2001)?
- Jak by výsledky ovlivnilo, kdyby respondenti nebyli přerušeni na několik minut, ale přerušení trvalo významně déle (Mark, Gonzalez a Harris, 2005)? Hodiny?

Dny? Data lze na rozdíl od lidské paměti uchovávat prakticky neomezeně (Roda, 2011).

Odlišná povaha úkolu

- Jak by výsledky ovlivnilo, kdyby povaha úkolu vykazovala např. vyšší míru závislosti na předchozích krocích? Uvažujme např. jednoduchý experiment, kdy by respondenti hledali cestu 2D bludištěm, kdy by pomocná vizualizace zobrazila cesty, které uživatel před simulovaným přerušením již vyzkoušel.
- Jak by výsledky ovlivnilo, kdyby efektivita pod tíhou přerušení nespočívala v rychlosti řešení, ale např. v objemu zapamatovaných informací (Toreini a kol., 2022)?

Výzkum popsany v této disertační práci si kladl za cíl zmapovat poznatky zejména s ohledem na přirozené projevy, reakce a vlivy. Z tohoto důvodu jsou interpretovány výsledky na základě exaktních dat. Nicméně i eye-tracking, zdroj precizních dat v přesném čase, má své limity. Existují studie (Hodgetts a kol., 2015), které poukazují na rozdíly mezi subjektivním vnímáním a fyziologickými projevy. Kognitivní procesy jsou navíc velice komplexní (Bačić, 2018), není proto pochyb, že soubor dat a metrik analyzovaný v této práci je nemůže pokrýt v celé šíři. Jinými slovy, práce vyvozuje závěry na základě dat o respondentech, ale samotného respondenta s cílem analyzovat subjektivní aspekty neoslovuje. Pro návazné experimenty tak lze doporučit doplnění laboratorních měření o dotazníkové šetření se zaměřením na reflexi respondenta ve zkoumaných aspektech. Spolu s hodnotící škálou by se tak v návazných studiích mohly objevit např. otázky typu: *Do jaké míry Vám byla pomocná vizualizace přínosná?* nebo: *Do jaké míry Vám pomocná vizualizace pomohla opětovně navázat na přerušenu činnost?* či otázka zcela bazální: *Do jaké míry Vám byla pomocná vizualizace srozumitelná?*

A právě poslední otázka poukazuje na velice důležité omezení spojené s výsledky této práce. S ohledem na zmíněnou nativní povahu zkoumaných jevů (Kern, Marshall a Schmidt, 2010) respondenti nebyli zpraveni ani o existenci přerušení, ani povaze použitých vizualizací pro podporu jejich kognitivních procesů (viz 4.4.4). Oba typy podpůrných vizualizací vycházely z předpokladu o jejich intuitivní povaze

(Werner a kol., 2009) a poznatků o pozornosti (Treisman a Gelade, 1980) a paměti (Werner a kol., 2009; Majaranta a Bulling, 2014).

Jak by ale výsledky byly ovlivněny seznámením respondentů s tím, že přerušení proběhne? Nebo s povahou vizualizací, které jako podporu po přerušení obdrží jako v případech jiných studií (D'Mello a kol., 2012; Deza a kol., 2017)? Alternativně, pokud by konstrukce vizualizací ve vazbě na řešený úkol proběhla přímo dle požadavků uživatele (Roda a Thomas, 2006)? Tyto a další otázky jsou jen dalším z možných směrů návazného výzkumu.

Práce UI s pozorností uživatelů jednou z nejpálčivějších, ale zároveň také nejsložitějších výzev HCI domény (Bulling, 2016). I přes jejich elementární povahu, zjištění popsána v této práci mohou poskytnout podpůrný základ pro další studie zaměřující se na výzvy spojené s tvorbou funkčních inteligentních uživatelských rozhraní, specificky pak pro ty, jenž pro interakci s uživatelem používají data o prohlížení sbíraná pomocí eye-trackeru.

Doba kdy se vstupní zařízení počítače v inovativních pracovních prostředích omezovala jen na myš a klávesnici, zdá se, totiž pomalu končí (Toreini a kol., 2022).

8 Závěr

Disertační práce studovala fenomén přerušení při práci s business dashboardy. Výzkum byl soustředěn na vliv externích přerušení, které lze v experimentálních podmínkách vhodně simulovat. Stěžejní výzkumnou technologií byl eye-tracking, díky kterému lze usuzovat na povědomí a pozornost uživatele. Na základě dostupné literatury, která implikovala vliv externích přerušení na efektivitu a způsob práce, disertační práce definovala základní výzkumné hypotézy. Za účelem jejich ověření byl navržen a vykonán experiment. Jelikož byl vliv externích přerušení na efektivitu a způsob práce prokázán, práce se dle zaměřila na téma inteligentních uživatelských rozhraní pracujících s pozorností uživatele ve snaze redukovat negativní vlivy externích přerušení pomocí asistenčních vizualizací.

V této oblasti se v době realizace disertační práce dostupné zdroje pohybovaly zejména v rovině teoretických poznatků a úvah o případných implikacích, proto bylo předmětem práce pokusit se tyto předpoklady ověřit v praxi. Samostatnou kapitolou bylo vytvoření funkčního prototypu aplikace se zmíněným inteligentním rozhraním. Přesto, že se nepodařilo přímý dopad do efektivity práce reflektovaný metrikami jako čas pro splnění úkolu potvrdit, disertační práce položila základ poznání, jakým způsobem podpůrné vizualizace ovlivňují způsob prohlížení.

Uvedená zjištění tak potvrdila nejen samotný význam nástrojů pracujících s pozorností uživatele, ale poskytla i doporučení pro jejich konstrukci a dala základ k motivaci pro vývoj jejich robustnějších a univerzálnějších variant pro návazné testy s větší variabilitou vstupních parametrů.

Attention-aware systémy totiž nejsou limitovány pouze na poskytování zpětné vazby o přerušeném prohlížení, pochopitelně existují návrhy dalších forem kognitivní podpory uživatele, na které se tato práce primárně nesoustředila. Vizualizace změn, kontextuální nápovědy aktivované pohledem na definovaná místa nebo adaptivní uživatelská rozhraní flexibilně reagující na způsob jejich prohlížení jsou jen dalším z typů uživatelských rozhraní brzké budoucnosti, které čekají na podnětné teoretické vstupy.

9 Seznam použité literatury

- Adamczyk, P., & Bailey, B. (2004). If not now, when?: the effects of interruption at different moments within task execution. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (stránky 271-278). ACM.
- Addas, S., & Pinsonneault, A. (2015). The many faces of information technology interruptions: a taxonomy and preliminary investigation of their performance effects. *Information Systems Journal*, 25(3), 231-273.
- Ahn, J.-H., Bae, Y.-S., Ju, J., & Oh, W. (2018). Attention adjustment, renewal, and equilibrium seeking in online search: an eye-tracking approach. *Journal of Management Information Systems*, stránky 1218-1250, 35(4).
- Altmann, E., & Trafton, J. (2004). Task interruption: Resumption lag and the role of cues. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 26.
- Anderson, E. (2012). Evaluating scientific visualization using cognitive measures. *Universidade de Utah, Salt Lake City, UT*.
- Ashcraft, M. (1998). *Fundamentals of cognition*. Longman.
- Bacic, D. (2017). Understanding business dashboard design user impact: triangulation approach using eye-tracking, facial expression, galvanic skin response and EEG sensors.
- Bacic, D., & Appan, R. (2012). Impact of domain knowledge on information presentation format choice: a cognitive fit perspective.
- Bacic, D., & Fadlalla, A. (2013). Business Information Visualization: A Visual Intelligence-Based Framework.
- Bačić, D. (2018). Biometrics and Business Information Visualization: Research Review, Agenda and Opportunities. *International Conference on HCI in Business, Government, and Organizations* (stránky 671-686). Springer.
- Bačić, D., & Fadlalla, A. (2016). Business information visualization intellectual contributions: An integrative framework of visualization capabilities and dimensions of visual intelligence. *Decision support systems*, 89, 77-86.
- Bailey, B., & Konstan, J. (2006). On the need for attention-aware systems: Measuring effects of interruption on task performance, error rate, and affective state. *Computers in human behavior*, 22(4), 685-708.

- Bailey, B., Konstan, J., & Carlis, J. (2000). Measuring the effects of interruptions on task performance in the user interface. *Smc 2000 conference proceedings. 2000 ieee international conference on systems, man and cybernetics. 'cybernetics evolving to systems, humans, organizations, and their complex interactions'*(cat. no. 0. 2, stránky 757-762. IEEE.
- Beatty, J. (1982). Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. *Psychological bulletin*, 91(2), 276.
- Benbasat, I., & Schroeder, R. (1977). An experimental investigation of some MIS design variables. *MIS quarterly*, 37-49.
- Benbasat, I., Dexter, A., & Todd, P. (1986). An experimental program investigating color-enhanced and graphical information presentation: an integration of the findings. *Communications of the ACM*, 29(11), 1094-1105.
- Bera, P. (2014). Do Distracting Dashboards Matter? Evidence from an Eye Tracking Study. *EuroSymposium on Systems Analysis and Design* (stránky 65-74). Springer.
- Bera, P. (2016). How colors in business dashboards affect users' decision making. *Communications of the ACM*, 59(4), 50-57.
- Bera, P., Soffer, P., & Parsons, J. (2019). Using eye tracking to expose cognitive processes in understanding conceptual models. *MIS quarterly*, stránky 1105-1126, 43(4).
- Bertin, J. (2011). *Graphics and graphic information processing*. Walter de Gruyter.
- Bojko, A. (2006). Using eye tracking to compare web page designs: A case study. *Journal of Usability Studies*.
- Borkin, M., Bylinskii, Z., Kim, N., Bainbridge, C., Yeh, C., Borkin, D., . . . Oliva, A. (2016). Beyond memorability: Visualization recognition and recall. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 22(1), 519-528.
- Bornstein, M., Jager, J., & Putnick, D. (2013). Sampling in developmental science: Situations, shortcomings, solutions, and standards. *Developmental Review*, 33(4), 357-370.
- Boucsein, W. (2012). *Electrodermal activity*: Springer Science & Business Media. *Broek, EL vd, Schut, MH, Westerink, JHDM, Herk, J. v., & Tuinenbreijer, K.*

- Brath, R., & Peters, M. (2004). Dashboard design: Why design is important. *DM Direct*, 85, 1011281-1011285.
- Bridgeman, B., Van der Heijden, A., & Velichkovsky, B. (1994). A theory of visual stability across saccadic eye movements. *Behavioral and Brain Sciences*, 17(2), 247-258.
- Browne, G., & Parsons, J. (2012). More enduring questions in cognitive IS research. *Journal of the Association for Information Systems*, 13(12), 1000.
- Bulling, A. (2016). Pervasive attentive user interfaces. *Computer*(1), 94-98.
- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological review*, 97(4), 523.
- Burch, M., Andrienko, G., Andrienko, N., Höferlin, M., Raschke, M., & Weiskopf, D. (2013). Visual task solution strategies in tree diagrams. *2013 IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis)* (stránky 169-176). IEEE.
- Burch, M., Konevtsova, N., Heinrich, J., Hoferlin, M., & Weiskopf, D. (2011). Evaluation of traditional, orthogonal, and radial tree diagrams by an eye tracking study. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 17(12), 2440-2448.
- Bylinskii, Z., DeGennaro, E., Rajalingham, R., Ruda, H., Zhang, J., & Tsotsos, J. (2015). Towards the quantitative evaluation of visual attention models. *Vision research*, 116, 258-268.
- Calitz, A., Bosire, S., & Lane, E. (2012). Usability Evaluations of ERP Business Intelligence Dashboards.
- Cane, J., Cauchard, F., & Weger, U. (2012). The time-course of recovery from interruption during reading: Eye movement evidence for the role of interruption lag and spatial memory. *The Quarterly journal of experimental psychology*, 65(7), 1397-1413.
- Card, M. (1999). *Readings in information visualization: using vision to think*. Morgan Kaufmann.
- Cardinaels, E. (2008). The interplay between cost accounting knowledge and presentation formats in cost-based decision-making. *Accounting, Organizations and Society*, 33(6), 582-602.
- Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision research*, 51(13), 1484-1525.

- Causse, M., & Hurter, C. (2009). The physiological user's response as a clue to assess visual variables effectiveness. *International Conference on Human Centered Design* (stránky 167-176). Springer.
- Cleveland, W. (1985). The elements of graphing data. Monterey, CA: Wadsworth Advanced Books and Software, 198, 170-178.
- Cleveland, W., & McGill, R. (1985). Graphical perception and graphical methods for analyzing scientific data. *Science*, 229(4716), 828-833.
- Cowen, L., Ball, L., & Delin, J. (2011). An Eye Movement Analysis of Web Page Usability. V L. Cowen, L. Ball, & J. Delin, *People and Computers XVI - Memorable Yet Invisible*.
- Czerwinski, M., Horvitz, E., & Wilhite, S. (2004). A diary study of task switching and interruptions. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (stránky 175-182). ACM.
- Davern, M., Shaft, T., & Te'eni, D. (2012). Cognition matters: Enduring questions in cognitive IS research. *Journal of the Association for Information Systems*, 13(4), 273.
- DeSanctis, G. (1984). Computer graphics as decision aids: Directions for research. *Decision Sciences*, 15(4), 463-487.
- Deza, A., Peters, J., Taylor, G., Surana, A., & Eckstein, M. (2017). Attention allocation aid for visual search. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, stránky 220-231.
- Dickson, G., Senn, J., & Chervany, N. (1977). Research in management information systems: The Minnesota experiments. *Management science*, 23(9), 913-934.
- Dilla, W., Janvrin, D., & Raschke, R. (2010). Interactive data visualization: New directions for accounting information systems research. *Journal of Information Systems*, 24(2), 1-37.
- Dimoka, A., Davis, F., Gupta, A., Pavlou, P., Banker, R., Dennis, A., . . . Gefen, D. (2012). On the use of neurophysiological tools in IS research: Developing a research agenda for NeuroIS. *MIS quarterly*, 679-702.
- Djamasbi, S., Samani, A., & Mehta, D. (2012). Eye movements, perceptions, and performance.

- Djamasbi, S., Siegel, M., Skorinko, J., & Tullis, T. (2011). Online viewing and aesthetic preferences of generation y and the baby boom generation: Testing user web site experience through eye tracking. *International Journal of Electronic Commerce*, 15(4), 121-158.
- D'Mello, S., Olney, A., Williams, C., & Hays, P. (2012). Gaze tutor: A gaze-reactive intelligent tutoring system. *International Journal of human-computer studies*, stránky 377-398, 70(5).
- Dong, Y., Li, Y., & Sun, T. (2014). Happy faces considered trustworthy irrespective of perceiver's mood: Challenges to the mood congruency effect. *Computers & Security*, 47, 85-93.
- Dragunov, A., Dietterich, T., Johnsrude, K., McLaughlin, M., Li, L., & Herlocker, J. (2005). TaskTracer: a desktop environment to support multi-tasking knowledge workers. *Proceedings of the 10th international conference on Intelligent user interfaces* (stránky 75-82). ACM.
- Dudycz, H. (2010). Visualization Methods in Business Intelligence Systems: an Overview. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Informatyka Ekonomiczna*, 16(104 Data Mining and Business Intelligence), 9-24.
- Duchowski, A. (2002). A breadth-first survey of eye-tracking applications. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 34(4), 455-470.
- Duchowski, A. (2017). *Eye Tracking Methodology*.
- Eckerson, W. (2010). *Performance dashboards: measuring, monitoring, and managing your business*. John Wiley & Sons.
- Egeth, H. (1975). Attention and effort. JSTOR.
- Ekman, P., Friesen, W., & Hager, J. (2002). *Facial Action Coding System: the Manual*. Research Nexus, Div. *Network Information Research Corp., Salt Lake City, UT*, 1, 8.
- Few, S. (2004). Dashboard confusion. *Perceptual Edge*.
- Few, S. (2006). Information dashboard design.
- Few, S. (2013). *Information Dashboard Design: Displaying data for at-a-glance monitoring (Sv. 5)*. Analytics Press Burlingame, CA.
- Few, S., & Edge, P. (2007). Dashboard confusion revisited. *Perceptual Edge*, 1-6.

- Franěk, M., Šefara, D., Petružálek, J., Mlejnek, R., & Van Noorden, L. (2018). Eye movements in scene perception while listening to slow and fast music. *Journal of Eye Movement Research*, 11(2).
- Franke, J., Daniels, J., & McFarlane, D. (2002). Recovering context after interruption. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 24.
- Fuchs, G. (2010). Dashboard Best Practices. *logiXml White Paper*, 3.
- Gartenberg, D., McCurry, M., & Trafton, G. (2011). Situation awareness reacquisition in a supervisory control task. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, stránky 355-359.
- Gartner. (2015). Flipping to digital leadership: insights from the 2015 Gartner CIO agenda report.
- Gausby, A. (2015). Attention Spans. Consumer Insights. *Microsoft Canada*.
- Ge, Y., Sandrine, D., & Terence, P. (2003). *Resampling-based multiple testing for microarray data analysis*. Springer.
- Ghosh, D., & Voght, A. (2012). *Outliers: An evaluation of methodologies*. Joint statistical meetings (Vol. 2012).
- Goldberg, J., & Helfman, J. (2010). Comparing information graphics: a critical look at eye tracking. *Proceedings of the 3rd BELIV'10 Workshop: BEyond time and errors: novel evaluation methods for Information Visualization* (stránky 71-78). ACM.
- Goldberg, J., & Helfman, J. (2011). Eye tracking for visualization evaluation: Reading values on linear versus radial graphs. *Information visualization*, 10(3), 182-195.
- Goldberg, J., & Kotval, X. (1999). Computer interface evaluation using eye movements: Methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*.
- Goldberg, J., Stimson, M., Lewenstein, M., Scott, N., & Wichansky, A. (2002). Eye tracking in web search tasks: design implications. *Proceedings of the 2002 symposium on Eye tracking research & applications* (stránky 51-58). ACM.
- Gomes, T., Fischer, J., & Ouzts, A. (2010). An Eye Tracking Approach to Consumers' Preference to Private Label versus Public Label. *Clemson: Clemson University*.

- Granholm, E., & Steinhauer, S. (2004). Pupillometric measures of cognitive and emotional processes. *International Journal of Psychophysiology*.
- Griffin, A., & Robinson, A. (2015). Comparing color and leader line highlighting strategies in coordinated view geovisualizations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 21(3), 339-349.
- Gupta, A., Li, H., & Sharda, R. (2013). Should I send this message? Understanding the impact of interruptions, social hierarchy and perceived task complexity on user performance and perceived workload. *Decision Support Systems*, 55(1), 135-145.
- Hair, J., Black, W., Babin, B., Anderson, R., & Tatham, R. (1998). Multivariate data analysis (Sv. 5). *Prentice hall Upper Saddle River, NJ*.
- Hambrick, D., & Engle, R. (2002). Effects of domain knowledge, working memory capacity, and age on cognitive performance: An investigation of the knowledge-is-power hypothesis. *Cognitive psychology*, 44(4), 339-387.
- Hannon, D. (2012). Kraft Foods' Recipe for Successful Business Intelligence. *SAP, SAPinsider*.
- Harel, E., & Sitko, T. (2003). Driving higher education decisions. *Research Bulletin*, 1(19), 2-10.
- Henderson, J., Shinkareva, S., Wang, J., Luke, S., & Olejarczyk, J. (2013). Predicting cognitive state from eye movements. *PloS one*, 8(5), e64937.
- Henry, G. (1990). Practical sampling (Sv. 21). *Sage*.
- Hjortsjö, C.-H. (1969). Man's face and mimic language. *Studen litteratur*.
- Hodgetts, H., Tremblay, S., Vallières, B., & Vachon, F. (2015). Decision support and vulnerability to interruption in a dynamic multitasking environment. *International Journal of Human-Computer Studies*, stránky 106-117, 79.
- Holzinger, A. (2013). Human-Computer Interaction and Knowledge Discovery (HCI-KDD): What is the benefit of bringing those two fields to work together? *International Conference on Availability, Reliability, and Security* (stránky 319-328). Springer.
- Howson, C. (2008). Beyond metrics and dashboards. *Teradata Magazine*.
- Hu, W.-L., Akash, K., Jain, N., & Reid, T. (2016). Real-time sensing of trust in human-machine interactions. *IFAC-PapersOnLine*, 49(32), 48-53.

- Huang, W., & Eades, P. (2005). How people read graphs. *proceedings of the 2005 Asia-Pacific symposium on Information visualisation-Volume 45* (stránky 51-58). Australian Computer Society, Inc.
- Huang, W., Eades, P., & Hong, S.-H. (2009). A graph reading behavior: Geodesic-path tendency. *2009 IEEE Pacific Visualization Symposium* (stránky 137-144). IEEE.
- Hummel, D., Toreini, P., & Maedche, A. (2018). Improving Digital Nudging Using Attentive User Interfaces: Theory Development and Experiment Design. *Designing the Digital Transformation: DESRIST 2018 Research in Progress Proceedings of the 13th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology. Chennai, India. 3 Jun-6 Jun.*
- Hur, I., & Yi, J. (2009). SimulSort: Multivariate data exploration through an enhanced sorting technique. *International Conference on Human-Computer Interaction* (stránky 684-693). Springer.
- Hur, I., Kim, S.-H., Samak, A., & Yi, J. (2013). A comparative study of three sorting techniques in performing cognitive tasks on a tabular representation. *International Journal of Human-Computer Interaction, 29(6)*, 379-390.
- Hurwitz, J., Halper, F., & Kaufman, M. (2005). Dashboards—Enabling Insight and Action. *Hurwitz Research.*
- Chen, C. (2005). Top 10 unsolved information visualization problems. *IEEE computer graphics and applications, 25(4)*, 12-16.
- Chen, H., Chiang, R., & Storey, V. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS quarterly, 36(4)*.
- Chun, M., Golomb, J., & Turk-Browne, N. (2011). A taxonomy of external and internal attention. *Annual review of psychology, 62*, 73-101.
- Ikehara, C., & Crosby, M. (2005). Assessing cognitive load with physiological sensors. *Proceedings of the 38th annual Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii.*
- Iqbal, S., & Horvitz, E. (2007). Disruption and recovery of computing tasks: field study, analysis, and directions. *CHI, 7*, stránky 677-686.
- Ives, B. (1982). Graphical user interfaces for business information systems. *MIS Quarterly, 15-47*.

- Jaccard, J. (1998). Interaction effects in factorial analysis of variance. Sage.
- Jackson, T., Dawson, R., & Wilson, D. (2001). The cost of email interruption. *Journal of systems and information technology*, 5(1), 81-92.
- Jacob, R., & Karn, K. (2003). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. V R. Jacob, & K. Karn, *The mind's eye* (stránky 573-605). Elsevier.
- Jianu, R., Rusu, A., Hu, Y., & Taggart, D. (2014). How to display group information on node-link diagrams: an evaluation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 20(11), 1530-1541.
- Jo, J., Kim, B., & Seo, J. (2015). EyeBookmark: Assisting recovery from interruption during reading. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (stránky 2963-2966). ACM.
- Johnston, W., & Dark, V. (1986). Selective attention. *Annual review of psychology*, 37(1), 43-75.
- Keim, D., Mansmann, F., Schneidewind, J., & Ziegler, H. (2006). Challenges in visual data analysis. *Tenth International Conference on Information Visualisation (IV'06)* (stránky 9-16). IEEE.
- Kern, D., Marshall, P., & Schmidt, A. (2010). Gazemarks: gaze-based visual placeholders to ease attention switching. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (stránky 2093-2102). ACM.
- Kim, S.-H., Dong, Z., Xian, H., Upatising, B., & Yi, J. (2012). Does an eye tracker tell the truth about visualizations?: findings while investigating visualizations for decision making. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(12), 2421-2430.
- Klingner, J., Tversky, B., & Hanrahan, P. (2011). Effects of visual and verbal presentation on cognitive load in vigilance, memory, and arithmetic tasks. *Psychophysiology*, 48(3), 323-332.
- Korczak, J., Dudycz, H., Nita, B., Oleksyk, P., & Kaźmierczak, A. (2016). Attempt to extend knowledge of Decision Support Systems for small and medium-sized enterprises. *2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)* (stránky 1263-1271). IEEE.

- Körner, C. (2004). Sequential processing in comprehension of hierarchical graphs. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 18(4), 467-480.
- Körner, C. (2011). Eye movements reveal distinct search and reasoning processes in comprehension of complex graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 25(6), 893-905.
- Kosslyn, S. (1989). Understanding charts and graphs. *Applied cognitive psychology*, 3(3), 185-225.
- Kowler, E. (2011). Eye movements: the past 25 years. *Vision research*, 51(13), 1457-1483.
- Kurzahls, K., Fisher, B., Burch, M., & Weiskopf, D. (2016). Eye tracking evaluation of visual analytics. *Information Visualization*, 15(4), 340-358.
- LaBarbera, P., & Tucciarone, J. (1995). GSR reconsidered: A behavior-based approach to evaluating and improving the sales potency of advertising. *Journal of Advertising Research*, 35(5), 33-54.
- Lee, J., & Tan, D. (2006). Using a low-cost electroencephalograph for task classification in HCI research. *Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology* (stránky 81-90). ACM.
- Lee, W., & Benbasat, I. (2003). Designing an electronic commerce interface: attention and product memory as elicited by web design. *Electronic Commerce Research and Applications*, 2(3), 240-253.
- Leger, P.-M., Riedl, R., & vom Brocke, J. (2014). Emotions and ERP information sourcing: the moderating role of expertise. *Industrial Management & Data Systems*, 114(3), 456-471.
- Liu, Y., Jia, Y., Pan, W., & Pfaff, M. (2014). Supporting task resumption using visual feedback. *Proceedings of the 17th ACM conference on Computer supported cooperative work & social computing* (stránky 767-777). ACM.
- Majaranta, P., & Bulling, A. (2014). Eye tracking and eye-based human-computer interaction. V P. Majaranta, & A. Bulling, *Advances in physiological computing* (stránky 39-65). Springer.
- Mariakakis, A., Goel, M., Aumi, M., Patel, S., & Wobbrock, J. (2015). SwitchBack: Using focus and saccade tracking to guide users' attention for mobile task

- resumption. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (stránky 2953-2962). ACM.
- Mark, G., Gonzalez, V., & Harris, J. (2005). No task left behind?: examining the nature of fragmented work. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (stránky 321-330). ACM.
- Masciocchi, C., & Still, J. (2013). Alternatives to eye tracking for predicting stimulus-driven attentional selection within interfaces. *Human-Computer Interaction*, 28(5), 417-441.
- Maxwell, S., Delaney, H., & Kelley, K. (2017). *Designing experiments and analyzing data: A model comparison perspective*. Routledge.
- McFarlane, D., & Latorella, K. (2002). The scope and importance of human interruption in human-computer interaction design. *Human-Computer Interaction*, 17(1), 1-61.
- McGrew, K. (2009). CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. Elsevier.
- McGrew, K., & Evans, J. (2004). Internal and external factorial extensions to the Cattell-Horn-Carroll (CHC) theory of cognitive abilities: A review of factor analytic research since Carroll's seminal 1993 treatise. *Institute for Applied Psychometrics*.
- Miyata, Y., & Norman, D. (1986). Psychological issues in support of multiple activities. *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*, 265-284.
- Müller-Putz, G., Riedl, R., & Wriessnegger, S. (2015). Electroencephalography (EEG) as a Research Tool in the Information Systems Discipline: Foundations, Measurement, and Applications. *CAIS*, 37, 46.
- Nakasone, A., Prendinger, H., & Ishizuka, M. (2005). Emotion recognition from electromyography and skin conductance. *Proc. of the 5th International Workshop on Biosignal Interpretation* (stránky 219-222). Citeseer.
- Namahn. (2001). *Using Eye Tracking for Usability Testing*. Načteno z www.namagn.com/resources/documents/note-eyetracking.pdf
- Negash, S. (2004). Business Intelligence. *Communications of AIS*, stránky 177-195.

- Nesterak, J. (2018). The Application of Eye Tracking in the Optimisation of an IT System-Selected Research Findings. *BUSINESS AND NON-PROFIT ORGANIZATIONS FACING INCREASED COMPETITION AND GROWING CUSTOMERS'DEMANDS*, 293.
- Newman, G., & Scholl, B. (2012). Bar graphs depicting averages are perceptually misinterpreted: The within-the-bar bias. *Psychonomic bulletin & review*, 19(4), 601-607.
- Nielsen, J. (1993). Noncommand user interfaces. *Communications of the ACM*, 36(4), 82-100.
- Nielsen, J. (1994). Usability inspection methods. *Conference companion on Human factors in computing systems* (stránky 413-414). ACM.
- Nielsen, J., & Pernice, K. (2010). Eyetracking web usability. New Riders.
- Norman, D. (1988). The design of everyday things Doubleday. *New York, NY*.
- O'Conaill, B., & Frohlich, D. (1995). Timespace in the workplace: Dealing with interruptions. *Conference companion on Human factors in computing systems* (stránky 262-263). ACM.
- Olsen, A. (2012). The Tobii I-VT fixation filter. *Tobii Technology*, 1-21.
- Orlov, P., Ermolova, T., Laptev, V., Mitrofanov, A., & Ivanov, V. (2016). The Eye-tracking Study of the Line Charts in Dashboards Design. *VISIGRAPP (2: IVAPP)*, (stránky 205-213).
- Orlov, P., Laptev, V., & Ivanov, V. (2014). Revisiting the issue of eye-tracking applying. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Computer Science. Telecommunication and Control Systems*(5), 82-92.
- Orquin, J., & Loose, S. (2013). Attention and choice: A review on eye movements in decision making. *Acta psychologica*, 144(1), 190-206.
- Ou, C., & Davison, R. (2011). Interactive or interruptive? Instant messaging at work. *Decision Support Systems*, 52(1), 61-72.
- Paas, F., Tuovinen, J., Tabbers, H., & Van Gerven, P. (2016). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational psychologist*, stránky 63-71.

- Parnin, C., & DeLine, R. (2010). Evaluating cues for resuming interrupted programming tasks. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (stránky 93-102). ACM.
- Peebles, D., & Cheng, P.-H. (2003). Modeling the effect of task and graphical representation on response latency in a graph reading task. *Human Factors*, 45(1), 28-46.
- Pirolli, P., Card, S., & Van Der Wege, M. (2001). Visual information foraging in a focus+ context visualization. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (stránky 506-513). ACM.
- Poole, A., & Ball, L. (2005). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Current status and future. Prospects", Chapter in C. Ghaoui (Ed.): *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. Pennsylvania: Idea Group. Inc, Citeseer.
- Post, F., Nielson, G., & Bonneau, G.-P. (2002). *Data visualization: The state of the art* (Sv. 713). Springer Science & Business Media.
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2015). *Interaction design: beyond human-computer interaction*. John Wiley & Sons.
- Pretorius, M., van Biljon, J., & de Kock, E. (2010). Added value of eye tracking in usability studies: expert and non-expert participants. *IFIP Human-Computer Interaction Symposium* (stránky 110-121). Springer.
- Purchase, H., Andrienko, N., Jankun-Kelly, T., & Ward, M. (2008). Theoretical foundations of information visualization. V H. Purchase, N. Andrienko, T. Jankun-Kelly, & M. Ward, *Information Visualization* (stránky 46-64). Springer.
- Quintanar, L. T. (2016). J.D. Power Face Emotions and Short Surveys during Načteno z <https://cdn.imotions.com/wp-content/uploads/2016/10/Face-emotions-andshort->
- Ratwani, R., & Trafton, J. (2008). Spatial memory guides task resumption. *Visual Cognition*, 16(8), 1001-1010.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological bulletin*, 124(3), 372.

- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The quarterly journal of experimental psychology*, 62(8), 1457-1506.
- Riche, N. (2010). Beyond system logging: human logging for evaluating information visualization. *Position paper presented orally at the BELIV 2010 conference*. Citeseer.
- Roda, C. (2011). Human attention and its implications for human-computer interaction. *Human attention in digital environments*, 1, 11-62.
- Roda, C., & Thomas, J. (2006). Attention aware systems: Theories, applications, and research agenda. *Computers in Human Behavior*, 22(4), 557-587.
- Salvucci, D. (2010). On reconstruction of task context after interruption. *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (stránky 89-92). ACM.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2012). *Research Methods for Business Students*, 6th edn, sn. Sl.
- Shi, Y., Ruiz, N., Taib, R., Choi, E., & Chen, F. (2007). Galvanic skin response (GSR) as an index of cognitive load. *CHI'07 extended abstracts on Human factors in computing systems* (stránky 2651-2656). ACM.
- Scheps, S. (2011). *Business intelligence for dummies*. John Wiley & Sons.
- Simon, H. (1971). *Designing organizations for an information-rich world*.
- Sinha, A., & Zhao, H. (2008). Incorporating domain knowledge into data mining classifiers: An application in indirect lending. *Decision Support Systems*, 46(1), 287-299.
- Smuc, M. (2016). Just the other side of the coin? From error to insight analysis. *Information Visualization*, 15(4), 312-324.
- Speier, C., Valacich, J., & Vessey, I. (1999). The influence of task interruption on individual decision making: An information overload perspective. *Decision Sciences*, 30(2), 337-360.
- Stothart, C., Mitchum, A., & Yehnert, C. (2015). The attentional cost of receiving a cell phone notification. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 41(4), 893.

- Tegarden, D. (1999). Business information visualization. *Communications of the Association for Information Systems*, 1(1), 4.
- Thomas, J., & Kielman, J. (2009). Challenges for visual analytics. *Information Visualization*, 8(4), 309-314.
- Tobii, T. (2010). An introduction to eye tracking and Tobii Eye-trackers.
- Toker, D., Conati, C., Steichen, B., & Carenini, G. (2013). Individual user characteristics and information visualization: connecting the dots through eye tracking. *proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (stránky 295-304). ACM.
- Toreini, P., & Morana, S. (2017). Designing attention-aware business intelligence and analytics dashboards. *Designing the Digital Transformation: DESRIST 2017 Research in Progress Proceedings of the 12th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology*. Karlsruhe, Germany. 30 May-1 Jun. Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Toreini, P., Langner, M., & Maedche, A. (2018). Designing Attention-aware Business Intelligence and Analytics Dashboards to Support Task Resumption.
- Toreini, P., Langner, M., & Maedche, A. (2018). Use of attentive information dashboards to support task resumption in working environments. *Proceedings of the 2018 ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications* (str. 92). ACM.
- Toreini, P., Langner, M., Maedche, A., Morana, S., & Vogel, T. (2022). Designing Attentive Information Dashboards. *Journal of the Association for Information Systems*, stránky 521-552, 23(2).
- Tractinsky, N., & Meyer, J. (1999). Chartjunk or goldgraph? Effects of presentation objectives and content desirability on information presentation. *MIS quarterly*, 397-420.
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive psychology*, 12(1), 97-136.
- Tufte, E. (1983). The visual display of quantitative information Graphics Press. Cheshire, CT.
- Tufte, E., Goeler, N., & Benson, R. (1990). Envisioning information (Sv. 126). *Graphics press Cheshire, CT*.

- Tukey, J. (1962). The future of data analysis. *The annals of mathematical statistics*, 33(1), 1-67.
- Tzanidou, E., Petre, M., Minocha, S., & Grayson, A. (2005). Combining eye tracking and conventional techniques for indications of user-adaptability. *IFIP Conference on Human-Computer Interaction* (stránky 753-766). Springer.
- UHK. (1. Únor 2020). O fakultě - Univerzita Hradec Králové Fakulta informatiky a managementu. *Načteno z Univerzita Hradec Králové: <https://www.uhk.cz/cs/fakulta-informatiky-a-managementu/fim-1/o-fakulte>*
- VanderArk, S., & Ely, D. (1992). Biochemical and galvanic skin responses to music stimuli by college students in biology and music. *Perceptual and motor skills*, 74(3_suppl), 1079-1090.
- Venrooij, W., Toet, A., & van Erp, J. (2016). Measuring dashboard performance: Optimizing the view on data.
- Vertegaal, R. (2003). Attentive user interfaces. *Communications of the ACM*, 46(3), 30-33.
- Vessey, I. (1991). Cognitive fit: A theory-based analysis of the graphs versus tables literature. *Decision Sciences*, 22(2), 219-240.
- Vessey, I., & Galletta, D. (1991). Cognitive fit: An empirical study of information acquisition. *Information systems research*, 2(1), 63-84.
- Villarejo, M., Zapirain, B., & Zorrilla, A. (2012). A stress sensor based on Galvanic Skin Response (GSR) controlled by ZigBee. *Sensors*, 12(5), 6075-6101.
- Ware, C. (2012). *Information visualization: perception for design*. Elsevier.
- Watson, H. (2009). Tutorial: Business intelligence-Past, present, and future. *Communications of the Association for Information Systems*, 25(1), 39.
- Weinberg, G. M. (1992). *Quality software management (Vol. 1): systems thinking*. Dorset House Publishing Co., Inc..
- Werner, N., Cades, D., Boehm-Davis, D., & Peterson, M. (2009). Resuming after interruption: exploring the roles of spatial and goal memory. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 53, stránky 399-403. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- Wickens, C., Hollands, J., Banbury, S., & Parasuraman, R. (2015). *Engineering psychology & human performance*. Psychology Press.

- Wildemuth, B. (2004). The effects of domain knowledge on search tactic formulation. *Journal of the american society for information science and technology*, 55(3), 246-258.
- Wixom, B., Watson, H., Reynolds, A., & Hoffer, J. (2008). Continental airlines continues to soar with business intelligence. *Information Systems Management*, 25(2), 102-112.
- Yarbus, A. (2013). Eye movements and vision. Springer.
- Yigitbasioglu, O., & Velcu, O. (2012). A review of dashboards in performance management: Implications for design and research. *International Journal of Accounting Information Systems*, 13(1), 41-59.
- Zhang, P. (2001). Business information visualization: guidance for research and practice. *Encyclopedia of Microcomputers*, 27(Supplement 6), 61-77.
- Zhu, B., & Watts, S. (2010). Visualization of network concepts: The impact of working memory capacity differences. *Information Systems Research*, 21(2), 327-344.
- Züger, M., & Fritz, T. (2015). Interruptibility of software developers and its prediction using psycho-physiological sensors. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (stránky 2981-2990). ACM.

9.1 Vlastní publikace disertanta související s tématem

9.1.1 Výstupy typu J

Franěk, M., Petružálek, J., & Šefara, D. (2022). Facial Expressions and Self-Reported Emotions When Viewing Nature Images. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10588. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710588>

Franěk, M., Petružálek, J., & Šefara, D. (2019). Eye movements in viewing urban images and natural images in diverse vegetation periods. *Urban Forestry & Urban Greening*, 126477. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126477>

Franěk, M., Šefara, D., Petružálek, J., Mlejnek, R., & Van Noorden, L. (2018). Eye movements in scene perception while listening to slow and fast music. *Journal of Eye Movement Research*, 11(2). <https://doi.org/10.16910/jemr.11.2.8>

Franěk, M., Šefara, D., Petružálek, J., Cabal, J., & Myška, K. (2018). Differences in eye movements while viewing images with various levels of restorativeness. *Journal of Environmental Psychology*, 57, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.05.001>

9.1.2 Výstupy typu D

Petružálek, J., Šefara, D., Franěk, M., & Kabeláč, M. (2018, June). Scene perception while listening to music: an eye-tracking study. In *Proceedings of the 2018 ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications* (p. 35). ACM. <https://doi.org/10.1145/3204493.3204582>

Franěk, M., Šefara, D., Petružálek, J., Cabal, J. (2017). Eye movements measured across images with a various level of fascination. *International Conference on Environmental Psychology (ICEP 2017)*, 30.8 - 1.9. 2017, Universidade da Coruña, A Coruña (Spain).

- Franěk, M., Mlejnek, R., Šefara, D., Petružálek, J. (2017). Scene perception while listening to music: the eye-tracking study. *Conference on Music & Eye tracking. Frankfurt, Německo, 17.- 18. 8., 2017, Max Planck Institute for Empirical Aesthetics, Frankfurt.*
www.ae.mpg.de/.../ver.../music-eye-tracking-conference-2017.html
- Petružálek, J., Šefara, D., Franěk, M., Cabal, J. (2017). Eye movements while perceiving images of natural and built environments. *ECEM 2017, The 19th European Conference on Eye Movements, Wuppertal, Německo, 20.-24.8.2017, Bergische Universität Wuppertal* ecem2017.uni-wuppertal.de
- Franěk, M., Šefara, D. a Mlejnek, R. (2016). Eye movements while listening to various types of music. *14th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC), 5.-9.7. 2016, University of California San Francisco, San Francisco, USA.*
- Franěk, M., Šefara, D. a Mlejnek, R. (2015). The effect of music listening on perception of urban and natural scenes. *ESCOM 2015. 9th Triennial Conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music, 17.-22.2015, Royal Northern College of Music, Manchester, GB.*

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Testovací dashboard (autor)	38
Obrázek 2 - Pop-up přerušení (autor)	42
Obrázek 3 - Text přerušujícího úkolu (UHK, 2020).....	43
Obrázek 4 - Fixační kříž (autor)	50
Obrázek 5 - Ilustrace Attention-aware funkcionality dle Toreiniho (autor)	53
Obrázek 6 - Ilustrace Attention-aware funkcionality dle autora práce (autor)	55
Obrázek 7 - Diagram vykreslení podpůrných vizualizací (autor)	57

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Popisná statistika souboru respondentů - Experiment 1, všechna měření (autor)	62
Tabulka 2 - Popisná statistika souboru respondentů - Experiment 1, validní měření (autor)	63
Tabulka 3 - Popisná statistika časů pro splnění úkolu - Experiment 1 (autor)	64
Tabulka 4 - Střední hodnoty a mnohonásobné porovnání faktoru typu přerušení - Experiment 1 (autor)	65
Tabulka 5 - Popisná statistika pokusů pro splnění úkolu - Experiment 1 (autor)	67
Tabulka 6 - Popisná statistika počtů fixací v intervalu před přerušením - Experiment 1 (autor)	71
Tabulka 7 - Střední hodnoty počtů fixací pro úvodní 90 s interval - Experiment 1 (autor)	71
Tabulka 8 - Popisná statistika počtů fixací v intervalu po návratu z přerušení - Experiment 1 (autor)	74
Tabulka 9 - Střední hodnoty počtů fixací a p-hodnoty mnohonásobného porovnání napříč časovými intervaly - Experiment 1 (autor)	75
Tabulka 10 - Střední hodnoty počtů fixací pro 5 s intervaly - Experiment 1 (autor)	77
Tabulka 11 - Střední hodnoty počtů fixací a p-hodnoty mnohonásobného porovnání napříč stimuly - Experiment 1 (autor)	77
Tabulka 12 - Výskyty negativní emoční valence - Experiment 1 (autor)	79

Tabulka 13 – Popisná statistika souboru respondentů – Experiment 2, všechna měření (autor)	83
Tabulka 14 – Popisná statistika souboru respondentů – Experiment 2, validní měření (autor)	84
Tabulka 15 - Popisná statistika časů pro splnění úkolu – Experiment 2 (autor).....	85
Tabulka 16 - Popisná statistika pokusů pro splnění úkolu – Experiment 2 (autor)	86
Tabulka 17 - Popisná statistika počtů fixací v intervalu před přerušením – Experiment 2 (autor)	91
Tabulka 18 - Popisná statistika počtů fixací v intervalu po návratu z přerušení – Experiment 2 (autor)	94
Tabulka 19 – Střední hodnoty počtů fixací v 5 s intervalech – Experiment 2 (autor)	95
Tabulka 20 – p-hodnoty mnohonásobných porovnání dvojic faktorů s interakcí – Experiment 2 (autor)	96
Tabulka 21 - Výskyty negativní emoční valence, interval 5–15 s – Experiment 2 (autor).....	98
Tabulka 22 – Výskyty negativní emoční valence, interval 0–5 s – Experiment 2 (autor).....	99

Seznam grafů

Graf 1 - Počty fixací/s, SMA 5 období – bez přerušení (autor).....	69
Graf 2 - Počty fixací/s, SMA 5 období – pop-up přerušení (autor)	69
Graf 3 - Počty fixací/s, SMA 5 období – zvukové přerušení (autor).....	69
Graf 4 – Počty fixací v intervalu délky 5 s – dashboard bez vizualizace (autor)	89
Graf 5 – Počty fixací v intervalu délky 5 s – vizualizace dle Toreniho (autor)	89
Graf 6 - Počty fixací v intervalu délky 5 s – vizualizace gaze plot (autor).....	89

Příloha č. 1 – Zadání disertační práce

UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ
Fakulta informatiky a managementu
Akademický rok: 2019/2020

Studijní program: Systémové inženýrství a informatika
Forma studia: Prezenční
Obor/kombinace: Informační a znalostní management (izm-p)

Podklad pro zadání DISERTAČNÍ práce studenta

Jméno a příjmení: **Ing. Denis Šefara**
Osobní číslo: **I1412**
Adresa: **K Meteoru 758/20, Hradec Králové – Svobodné Dvory, 50311 Hradec Králové 15, Česká republika**
Téma práce: **Business dashboardy pracující s pozorností uživatele**
Téma práce anglicky: **Business dashboards working with user attention**
Vedoucí práce: **prof. PhDr. Marek Franěk, CSc., Ph.D.**
Katedra managementu

Zásady pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Podpis studenta:

Datum:

Podpis školitele:

Datum: