

VIZUALIZACE DAT JAKO INFORMAČNÍ BARIÉRA U NEVIDOMÝCH UŽIVATELŮ

DATA VISUALIZATION AS AN INFORMATION BARRIER FOR BLIND USERS

Tomáš Marek

Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, Katedra informačních studií a knihovnictví

Abstrakt

Účel – Při vizuální komunikaci dat v médiích, vědě i vzdělávání musíme brát na zřetel, že jisté procento příjemců bude limitováno ve svém vizuálním vnímání. Znevýhodnění vizuálního vnímání mohou být různorodá a pohybují se na širokém spektru od běžných krátkozrakostí/dalekozrakostí a poruch barvocitu, se kterými je možné se vypořádat relativně jednoduše, až k úplné ztrátě vizuálního vnímání, tedy slepotě. Ta dosud není ve vizualizační komunitě příliš často řešena, přestože vytváří zásadní informační bariéru.

Design/metodologie/přístup – Příspěvek je pojat jako koncepční článek, který přináší syntézu poznatků z dosavadních prací a výzkumů v konkrétních tématech a prezentuje je skrze pohled nového kontextu tak, aby poskytl odrazový můstek pro další výzkum, který by měl zaplnit současná palčivá bílá místa.

Výsledky – Koncepční článek přináší syntézu dosavadních debat a přístupů k překonávání bariér v oblasti vizuálního vnímání vizualizací a nahlíží na ně v širším kontextu. Jádrem textu jsou pak otázky o smysluplných podobách a přístupech k návrhu možných asistivních technologií i k jejich sociálním aspektům: příspěvek argumentuje, že prostá haptizace vizuálních předobrazů nemusí být dostatečnou cestou, je však nutné promyšlet i sociální aspekty zkoumaných řešení.

Originalita/hodnota – Koncepční článek zpracovává v odborné vizualizační debatě upozaděné téma a je v druhém plánu také výzvou k dalšímu bádání v této zásadní problematice.

Klíčová slova: vizualizace dat, přístupnost, zrakové znevýhodnění, asistivní technologie

Abstract

Purpose – While communicating data in media, science, and education visually, we must consider that a certain percentage of recipients will be limited in their visual perception. The disadvantages of visual perception can be varied. They range from common refractive errors and colour blindness (these can be dealt with simply) to complete loss of visual perception, i.e. blindness. Blindness is still not often addressed in the data visualisation community, despite creating a significant information barrier.

Design/Methodology/Approach – The article is conceived as a conceptual one. It brings a synthesis of findings from past work and research on specific topics and presents them through the perspective of a new context – to provide a springboard for further research.

Results – The concept paper synthesises the debates and hitherto approaches to breaking down possible visual barriers in the perception of data visualisations, examining the topic in a broader context. At the heart of this examination are questions about meaningful forms and approaches to the design of assistive technologies and their social aspects. The article argues that simple haptisation of visual sources may not be sufficient and that the social aspects of the solution must also be considered.

Originality/Value – The concept article deals with a sidelined topic of data visualization debate. Equally important, it serves as a call to action for further research into this crucial issue.

Keywords: data visualization, accessibility, visual impairment, assistive technology

1 Vizualizace dat jako informační bariéra

Světová zdravotnická organizace v reportu *Global Data on Visual Impairments* (2012) uvádí, že zrakovým postižením trpí celosvětově asi 285 milionů lidí, z toho 39 milionů osob spadá do kategorie úplné slepoty a 246 milionů do kategorie *low-vision*. Tato data nezahrnují běžná zraková znevýhodnění, jako jsou slabá krátkozrakost, slabá dalekozrakost či porucha barvocitu, které lze řešit korekčními pomůckami – taková znevýhodnění souží až 2,2 miliardy lidí na planetě. Zrakové postižení značně limituje možnosti interakce se světem kolem nás. Je proto logické, že v oblasti technologií hledáme cesty, jak osobám se zrakovým postižením pomoci tuto bariéru v přístupu k informacím překonat a zapojit se tak efektivněji do společnosti.

Textový dokument je dnes už možné převést do velmi přirozeně znějící automaticky generované řeči pomocí *text-to-speech* nástrojů a technologie syntézy řeči, případně ho přeložit do Braillova písma, a to následně zobrazit pomocí specializovaných haptických výstupních zařízení. Obrazové prvky většiny dokumentů lze navíc opatřit tzv. *alt* popiskem a do určité míry tak jejich obsah přiblížit zřetelně znevýhodněným i skrze technologie pro zprostředkování textu. Experimenty v oblasti komplexnějšího zprostředkování obrazové informace se pak objevují např. ve formě haptických displejů nebo taktálních zařízení typu dnes již komerčně nedostupného Optaconu. Ačkoliv všechny tyto metody zprostředkování informací skrze asistivní technologie budou vždy omezeny oproti plnohodnotnému vizuálnímu vnímání, je zjevné, že u běžných textových a částečně i u obrazových dokumentů došlo v přístupnosti k velkému posunu. Stále však existují oblasti, kde je situace komplikovanější: například vizuálně zobrazené kvantitativní informace – vizualizace dat jako jsou běžné statistické grafy – zůstávají pro zrakově postižené z velké části nepřístupné nebo přístupné jen velmi obtížně.

Moderní informační společnost je definována mimo jiné také tvorbou a uchováváním velkého množství dat. Zaznamenaná a uložená data sama o sobě nemají většího užítku: je především nutné data a jejich metadata analyzovat, a teprve pak se z nashromážděných dat stanou potenciálně cenné informace a vhledy. Běžné statistické analýzy a deskriptivní statistika nemusí vždy přinášet dostatečný vhled, jak ilustrují klasické datasety Anscombova kvarteta, jejichž popisná statistika je totožná, avšak ve vizuální podobě podávají každý zcela odlišný příběh (Anscombe, 1973). Vizualizace dat jakožto cesta převodu dat a čísel do vizuálně vnímatelné podoby, umožňující zobrazovat trendy a vzory v datech jinak jen stěží objevitelné, je dnes jedním ze zásadních nástrojů datově gramotného člověka v moderní informační společnosti. Již z podstaty termínu *vizualizace* je však zřejmé, že k jejímu vnímání, na rozdíl od výstupů popisné statistiky, je třeba funkčního zrakového systému. Osoby zrakově znevýhodněné tu naráží na významnou bariéru v přístupu k informacím, a to především ve vědě a výzkumu, kde jsou data a jejich vizualizace všudypřítomné, ale například také v participaci na občanské společnosti, kde hrají data stále významnější roli.

Pod tlakem trendu *otevřených dat* se v různých podobách a vizuálních formátech zpřístupňují data státní správy a veřejného sektoru. Přístup veřejnosti k těmto transparentním datům může být v moderní informační společnosti považován za významný způsob kontroly a občanského dohledu, který ve svém důsledku umožňuje informované rozhodování ve věcech veřejných (Ubaldi, 2013). V oblasti vědy jsou pak data a jejich vizualizace prostředkem poznávání světa. Grafy jsou běžnou součástí odborné vědecké komunikace a způsobem předávání výstupů a zjištění. Roli v každodenní praxi pak hraje i tzv. datový přístup (*evidence-based practice, EBP*), ustálený původně v oblasti medicíny jako *evidence-based medicine*, jenž se dnes šíří i do ostatních oblastí odborné praxe (Trinder, 2008, s. 1-17). I v oblasti knihovnictví a informační vědy je EBP silným trendem. Vizualizace dat (např. dat z automatizovaných knihovních systémů), které umožňují rychlou a efektivní analýzu k podložení rozhodnutí nebo potvrzení hypotéz, jsou zásadním nástrojem praxe. Osoby se zrakovým postižením jsou o efektivitu tohoto analytického i komunikačního nástroje z velké části ochuzeny, což je zákonitě limituje v dalším rozvoji i ve vzdělávání.

Grafy však konzumujeme i v soukromém životě: pro aktuální problematický příklad z této oblasti netřeba jít daleko. Současná pandemická situace je bezprecedentní i v objemu datové grafiky, která se každý den objevuje v médiích. Kartogramy, kartodiagramy, spojnicové grafy a další vizuální formy stojí bok po boku textu jako rovnocenné zdroje informací. Velkou odezvu zaznamenal například graf modelu růstu nakažených, obecně nazývaný jako „*flattening the curve*“, který se v médiích objevil v mnoha variantách a virálně se šířil v prostředí internetu a sociálních sítí (Cotgreave, 2020). Jeden graf, který skrze dvě linie velmi efektivně ukázal dva scénáře vývoje a nesl silný emotivní apel, nahradil množství textu, jenž by bylo třeba k předání stejného poselství. Nevidomí však aktuálně nemají efektivní cestu, jak tyto grafy (které jsou většinou navíc dostupné pouze v rastrové podobě) analyzovat a vnímat. Ochuzeni jsou během pandemie nejen o vizualizovaná data, ale často bohužel také o numerická data a statistiky, které jsou uloženy a prezentovány v systémech, jež nejsou přístupné ani za použití běžných asistivních technologií. (Ehrenkranz, 2020) „[...] lidem s vizuálním postižením jednoduše není umožněn přístup k těmto zásadním datům,“ shrnuje aktuální pandemickou situaci Schepers (2020).

2 Přístupnost vizualizace dat

V odborné komunitě je téma přístupnosti vizualizací dat diskutováno, ovšem většinou pouze na úrovni lehčí formy zrakového znevýhodnění. Výrazněji řešenou formou znevýhodnění je zde porucha barvocitu (barvoslepost), která může vytvářet informační šumy při vizuální komunikaci dat. Například Colin Ware ve své klasické práci uvádí, že nějaká z forem barvosleposti trápí až 10 % mužské a 1 % ženské populace. Kdykoliv tedy využíváme barvy ke kódování kvantitativní informace, můžeme při tom nevědomky znevýhodňovat velkou skupinu příjemců (Ware, 2013, s. 98).

Zatímco v obecné rovině lze problém tohoto typu řešit jedině vzděláváním a rozvojem datové gramotnosti u široké veřejnosti, v oblasti veřejných institucí můžeme problém přístupnosti vizualizací ošetřit i právně. I v českém kontextu existují právní předpisy, které upravují přístupnost informací prezentovaných veřejnou správou v rámci ICT. Byla to např. vyhláška č. 64/2008 Sb. o formě uveřejňování informací souvisejících s výkonem veřejné správy prostřednictvím webových stránek pro osoby se zdravotním postižením, neboli *vyhláška o přístupnosti*, navazující na zákon 365/2000 Sb.; či aktuálně platná norma v podobě zákona 99/2019 Sb., transponujícího do českého práva směrnice EU.

Vyhláška 64/2008 Sb., respektive metodický pokyn k této vyhlášce, například v rámci povinného pravidla č. 5 zmiňuje problematiku využívání barvy v souvislosti s poruchami barvocitu a vyžaduje, aby tam, kde barva nese informaci, byla poskytnuta i verze bez využití barvy jako vizuální proměnné. Přímou se v metodice zmiňují i „jednotlivé části grafů“ (Metodický pokyn, 2008). V rámci povinných pravidel též ukládá webům institucí veřejné správy uvádět *alt* popisky pro všechny grafické prvky (grafy a vizualizace nevyjímaje). Takový popis by měl obsahovat „textové vyjádření významového sdělení obrázku“ (Metodický pokyn, 2008). O hlubší přístupnosti grafů pro nevidomé uživatele však samotná vyhláška ani metodický pokyn dále nemluví (a to ani v případě aktualizovaného zákona). Není to překvapivé ani ojedinělé: „[...] pro oblast vizualizace bylo vždy zvlášť znepokojivé uvažovat o ‚nevizuálních‘ uživateli, kteří jsou zrakově postižení, a jsou tak potenciálně navždy odříznuti od výhod vizualizace. Přestože ve vizualizačním výzkumu jsou zohledněni barvoslepi uživatelé [...], řešení úplného nebo částečného poškození zraku bylo v komunitě věnováno relativně málo pozornosti,“ přiznává Choi (2019, s. 250).

Neznamená to, že by odborníci z oblasti vizualizace dat nad touto zásadní informační bariérou nediskutovali. Příkladem je emotivní debata, iniciovaná na blogu jednoho z nejvýznamnějších autorů v oblasti vizualizace dat Stephena Fewa (2013), jehož myšlenky ovlivňují především datové vizualizace v oblasti business intelligence. V ní zastává názor, že žádná forma vizualizace nemůže být nikdy plně zpřístupněna nevidomému uživateli: „Žádný jiný způsob vnímání mimo zrak nemůže plně zprostředkovat obsah grafů.“ Takový pohled je sice optikou neurovědy smysluplný, nesměruje však pozornost k důležitým otázkám po efektivních způsobech zpřístupnění a ke skutečnosti, že tato efektivita musí být evaluována také z pozice samotných znevýhodněných uživatelů.

V rozhovorech zaměřených na využívání ICT nevidomí sami často zmiňují nevědomost běžné populace: vidoucí lidé bývají překvapeni, když jsou svědky interakce nevidomých s technologiemi. Mnohdy ani netuší, že jsou nevidomí schopni informační a komunikační technologie ve svém životě využívat (Sachdeva, 2013). Představa, že by skrze moderní technologie analyzovali a „vizualizovali“ data je tak zřejmě i pro mnohé odborníky velmi vzdálená. Realitou je, že za pomoci asistivních technologií jsou nevidomí schopni využívat mnoho běžných moderních informačních a komunikačních technologií – otázkou však vždy zůstává *do jaké míry*. Běžně například využívají i sociální sítě jako je Facebook (Wu, 2014), pokud zde však narazí na rastrový graf bez *alt* popisku, informace z něj nedokážou extrahovat ani pomocí textového zprostředkování obsahu. V tomto koncepčním příspěvku však chceme uvažovat o možnosti mnohem hlubšího zpřístupnění, kdy ze strany uživatele dochází k analýze a exploraci reprezentovaných dat.

Velká část dnes využívaných metod hlubšího předávání vizualizovaných dat nevidomým spočívá v haptickém vnímání, tedy spoléhá se na hmat, pro který grafy „překládá“ v podstatě ve stejné podobě, jak vypadají pro běžné uživatele (k této problematice viz dále). Výzkumný tým z University v Glasgow provedl kvalitativní výzkum mezi posluchači britské vzdělávací instituce *Royal National College for the Blind* (McGookin, 2006). Skupinová diskuse se zaměřila na zkušenosti nevidomých participantů s takovými grafy jak ve vzdělávacím procesu, tak i v soukromém životě. Všichni respondenti chápali smysl grafu a věděli, jak grafy fungují. Jejich využívání v „běžné“ haptické podobě však pro ně bylo složité a dle vlastního zhodnocení jim nepřinášelo výhody, které takový graf přináší člověku s intaktním zrakem. Pro mnoho participantů byl graf další úrovní bariéry mezi nimi a informacemi, ke kterým se snažili dostat – bariéry, přes jejíž samotnou formu se musí obtížně dostávat. Mnoho z nich se tak podle McGookina a Brewstera (2006) grafům a vizualizaci dat aktivně vyhýbalo.

Pro vizualizační komunitu je tedy zřejmě znepokojivé uvažovat o nevizuálních uživateli (viz např. pohled Choie et al., 2019), a sami nevidomí se grafům většinou snaží vyhýbat (jak vyplývá např. z výzkumů McGookina a Brewstera). Má tedy cenu se vůbec snažit něco tak bytostně zakotveného ve vizuálním světě snažit zprostředkovávat nevidomým hlouběji, než jednoduchým *alt* popiskem s textovým vyjádřením *významového sdělení obrázku*? Vycházíme z přesvědčení, že ano: lidé s postižením jsou si totiž na druhou stranu také vědomi, že žádná asistivní technologie plně nenahradí jejich smysly, ale cení si skutečnosti, že mají přístup k informacím, ke kterým mají přístup i ostatní (Shinohara, 2011).

Otázkou ovšem zůstává nejen *jak technicky*, ale také *jak správně* v širším společenském kontextu vizualizovaná data zpřístupňovat, aby případná podoba asistivní technologie nevytvářela další bariéry nebo sociální vyloučení, ale aby pokud možno vedla k silnějšímu zapojení nevidomých do procesů vidoucí společnosti. Úspěšná adopce asistivních technologií má totiž také sociální rozměr a promítá se i do mezilidských interakcí nevidomých uživatelů. Špatný design či forma technologie může sociálním interakcím uškodit. *„Asistivní technologie [...] by měly řešit nejen funkčnost, použitelnost a finanční*

dostupnost, ale také estetiku a sociální přijatelnost,“ argumentují Shinoharová a Wobbrock (2011, s. 714).

3 Asistivní technologie v řešení informační bariéry

Jedním z cílů koncepčního příspěvku je přinést syntézu současných přístupů k překonávání zmíněných bariér; shrneme tedy současná i prototypovaná řešení, představíme jejich podoby a budeme se zamýšlet nad jejich limity z pohledu přístupnosti a sociálních aspektů. Možná řešení problému přístupnosti vizualizace dat pro nevidomé uživatele jsou v současnosti především: a) asistence / živé zprostředkování; b) hmat a haptické asistivní technologie; c) sluch a sonifikační technologie; d) jejich kombinace v multimodální rozhraní.

3.1 Asistence a živé zprostředkování

Datové vizualizace dokážeme zpřístupnit i skrze již zmíněné *alt* popisy a *text-to-speech*, musíme však mezi vizualizaci dat a příjemce postavit prostředníka, který do velké míry provede analýzu dané vizualizace a předá již pouze výstupy, např. základní zjištění z grafu. Tím však tlumíme prožitek kontaktu s daty a jejich reprezentacemi a zcela znemožňujeme vlastní exploraci, s čímž se pojí i problematika (ne)zaujatosti takového zprostředkovatele či míry jeho dovedností v analýze vizualizovaných dat. Jen parciální řešení těchto obtíží mohou poskytovat nástroje, které pracují s živým prostředníkem, jako jsou aplikace zprostředkovávající skrze fotoaparát a živé videohovory pomoc od vidoucích.

3.2 Hmat a haptické asistivní technologie

Přirozeným řešením pro zprostředkování explorativní analýzy vizualizovaných dat mohou být technologie založené na hmatu. Statické fyzické grafy, případně grafy zprostředkované skrze haptická tištěná média, jsou za současného stavu technologií limitovány nulovou nebo jen velmi obtížnou interaktivitou, přesto však umožňují mnohem více explorační než běžný *alt* popis. Možným rozšířením jsou pak haptické asistivní technologie a komplexnější haptická rozhraní, jejichž využití je experimentálně zkoumáno i ve vzdělávání, například v matematice (Frances Van Scoy, 2006) či statistice (Erhardt, 2015).

Zatímco běžná vizualizace mapuje datové body do vizuálních proměnných ve formě pixelů nebo inkoustu, fyzická „vizualizace“ (haptizace) mapuje data do fyzické podoby. Fyzické datové vizualizace nejsou novou technologií a v literatuře je můžeme dohledat již na počátku 20. století. Brinton (1914) i Karsten (1923, s. 634-638) se ve svých klasických obecných vizualizačních studiích z počátku minulého století zmiňují o lepenkových grafech, grafech konstruovaných ze sádry či z dalších materiálů. Karsten je samozřejmě prizmatem své doby a rozvoje tiskových technologií označuje za zbytečně objemné, neohrabané, křehké, nepraktické a v neposlední řadě též pasivní, tedy neinteraktivní. Opomíjí

však jejich možnou roli ve vzdělávání, tehdy nezanedbatelnou roli popularizační a zcela zřejmou roli v přístupnosti vizualizace dat. Například bivariační histogram Karla Pearsona a Alice Leeové z roku 1900, vizualizující vztah mezi výškou otců a jejich synů, dokázal data nejen přiblížit veřejnosti na výstavě *Královské statistické společnosti*, ale díky své fyzické podstatě mohl sloužit i jako haptický exponát – ač s tímto záměrem zřejmě nebyl konstruován.

Jansenová, Dragicevic a Fekete (2013) skrze experiment dokázali, že fyzická varianta běžného sloupcového grafu může u některých úkonů překonat digitální podobu grafu na obrazovce počítače. „*Fyzický dotek se zdá být zásadním kognitivním vodítkem, zatímco možnost fyzicky manipulovat grafem se ukazuje jako poměrně méně důležitá.*“ Zda by se takový model z hlediska efektivity osvědčil i pro zrakově postižené uživatele by bylo třeba experimentálně ověřit, měl by však i zřejmý inkluzivní a socializační potenciál – k tomu ještě později.

Novou energii do výzkumu efektivity fyzických grafů pro zrakově postižené uživatele může přinést další rozvoj relevantních technologií. Především zrychlování a zlevňování 3D tisku hraje již dnes významnou roli. Velké množství výzkumné práce se dnes také odehrává v oblasti haptických systémů se sebe-rekonfigurovatelnými rozhraními. Jansenová et al. (2013) věří, že tyto technologie výhledově umožní vytvářet prostředí pro zprostředkování fyzických vizualizací, které překonají problém limitované až nulové interaktivity fyzických grafů. Taková rozhraní se dovedou aktualizovat v závislosti na změnách dat a poskytnou systémy k exploraci dat s vysokou efektivitou podobnou té, kterou nám umožňují současné digitální systémy pro vizuální analýzu dat. Mezi klasické neinteraktivní nástroje samozřejmě patří i reliéfní tisky či vakuově tvarovaná grafika (v angličtině např. jako *raised paper*, *thermoform* či *swell paper*). Výroba těchto podkladů je však časově a technicky relativně náročná a pro běžné každodenní čtení grafů není vhodná.

Jistou flexibilnější náhradu mohou poskytovat haptické displeje a haptické technologie, jako byl například známý Optacon. U hmatových displejů hmatový vjem simuluje interakci s objektem – buď text z dokumentu převádí na Braillovo písmo, nebo obrazovou informaci transformuje na hmatový vjem. Jiným příkladem může být zařízení patentované americkým *National Institute of Standards and Technology*. To umožňuje haptickou reprezentaci obrazu pomocí 3600 malých *pinů* (špendlíků), které mohou být aktivovány do určitého vzoru, vnímány hmatem a poté opět překresleny jiným vstupem. „Mobilní“ verze pak umožňuje přejíždět prstem po obrazu, který se skrze speciální systém v reálném čase překládá do haptického vjemu přímo na prstu, který je ke čtení využit – jde tedy o modernější variantu zmíněného a dnes již komerčně nedostupného Optaconu. (NIST 'Pins' Down Imaging System for the Blind, 2002)

Podobná haptická rozhraní jsou však v jádru jen pokročilejší varianty reliéfního tisku či vakuově tvarované tyflografiky. Ačkoliv mohou sloužit jako prostředník pro exploraci dat i ve vizuální podobě, množství informace, které dokážou předat, je výrazně menší než u systémů určených k vnímání zrakem.

Je tak zřejmé, že je nutné tato haptická rozhraní dále rozšiřovat a obohacovat. Jako vhodné obohacení se ukazuje sluchový vjem, ke kterému se ještě vyjádříme, a pak samozřejmě možné využití textury nebo tření (Fritz, 1999), které může nahrazovat při zobrazování vizualizovaných dat například vizuální proměnnou barvy, odlišovat kategorie nebo mapovat samotná kvantitativní data pomocí hustoty textury atp.

Jednou z pokročilejších haptických technologií je *force feedback*. Rozhraní s touto hmatovou odezvou umožňují nevidomým uživatelům vnímat a zkoumat 3D objekty. Ty existují pouze jako modely v počítači a v haptickém rozhraní se projevují jako odpor v pohybu ruky, která zařízení s hmatovou odezvou využívá. Kromě zkoumané možnosti překládat do 3D modelu i běžné dvoudimenzionální obrazové informace jako jsou fotografie (Nikolakis, 2005), může takové zařízení sloužit i k exploraci 3D grafů, podobně jako u fyzických modelů zmíněných dříve. Neohrabanost a náročnost tvorby fyzických modelů zde však ustupuje jednoduchosti generování digitálního 3D modelu zkoumaných dat. V produkci hardwaru se této technologie dnes využívá např. v herních ovladačích a herních volantech, přínosná však je i pro nevidomé uživatele a stále více také pro aplikace virtuální reality, kde nabírá podobu haptických rukavic (mezi aktuálními prototypy figurují např. *HaptX*, *VRglov* nebo *SenseGlove*). Jedná se však zatím o technologii relativně nákladnou, která si do běžného spotřebitelského sektoru našla cestu jen ve velmi omezené podobě v hráčském HW. Výjimkou byla první myš s hmatovou odezvou od společnosti Logitech z roku 1999, která sice na trhu nenašla větší uplatnění – avšak velmi rychle se jako levná varianta stala součástí prototypů zařízení pro nevidomé uživatele (Jeong, 2006) a v rámci běžných jednoduchých statistických grafů (spojnicové, výsečové) dokázala obstát jako varianta dražších zařízení typu SensAble PHANToM (Yu, 2001).

3.2.1 Problém designu haptických technologií

At' už se jedná o primitivní reliéfní tisky, *force feedback* technologie nebo o futuristické sebe-rekonfigurovatelné taktilní rozhraní, vyvstává zde jedna zásadní otázka: zda snahou slepě překlápet existující formy vizualizace dat pro vidomé do haptických variant pro nevidomé uživatele, kteří z podstaty věci nejsou schopni vizuálně vnímat, je smysluplnou cestou. Jinak řečeno: otázkou je, zda se máme snažit zachovat běžnou formu vizualizace dat (tedy zda se dopouštět *haptizace vizualizace* dat), nebo zda se máme snažit u reprezentace dat pro nevidomé uživatele přiblížit efektivitě vizuálního zobrazení dat pro vidomé, a pak tedy do určité míry opustit běžné formy a metafory vizualizací a hledat alternativní cesty (tedy zda vytvářet skutečné *haptizace* dat). Haptické varianty jsou totiž ve většině případů odvislé od svých vizuálních předobrazů: mají tedy osy, využívají shodné vizuální proměnné (délku, velikost, sklon atp.) a podobná základní pravidla vizuálního zobrazování dat.

Při vizuálním vnímání grafu dochází k náročným procesům a s ohledem na naše limitované vědomosti o vnímání a zpracování informací v mozku se zde můžeme opřít jen o teorie. Steven Pinker popisuje svůj model vnímání vizualizace dat, ve kterém zpracování grafu probíhá v limitované krátkodobé paměti

skrže „vizuální popis“ grafu a za vyvolání „schématu grafu“ z paměti dlouhodobé (Pinker, 1990). Podrobnosti tohoto modelu nejsou pro náš argument zásadní, zásadní je však skutečnost, že tyto procesy vnímání grafu, jeho prvků, tvorby vizuálního popisu a vyvolání schématu probíhají v řádu milisekund. Zatímco vidoucí člověk tak graf jako celek vnímá rychle (a následně se pak můžeme bavit o počtu nutných cyklů „message assembly“ a „interrogation“, dohledávání prvků grafu atp. – a mluvit tak tedy o efektivitě daného grafu pro analýzu/zodpovězení určité otázky, viz schéma v Pinker, 1990, s. 104), nevidomý člověk ke grafu takto přistupovat nemůže a musí ho vnímat krok za krokem, kousek po kousku, hmatem. Velmi hezkou analogii pro zrakové vnímání prezentují Quek a McNeill (2006, s. 273), když říkají, že je to jako by se vidoucí uživatel na graf při práci s ním díval jedním okem skrze dutou trubičku.

Rychlost tvorby vizuálního popisu grafu v haptickém „čtení“ je tak velmi omezená, navíc je popis ukládán v krátkodobé paměti, a tak každý další cyklus a dohledávání informací naráží na její přirozené limity. „Při přímém převodu vizuální reprezentace grafu na jinou modalitu může výsledný graf ztratit velkou část efektivitu použití a může být pro danou modalitu, ve které je prezentován, suboptimální. Zatímco vidomý uživatel se může velmi rychle (v několika milisekundách) pohybovat mezi prvky grafu, [nevidomému] uživateli bude trvat několik sekund, než prstem prohlédne každý prvek haptického grafu,“ ilustrují McGookin a Brewster (2006). Efektivita takového čtení grafu, konstruovaného primárně pro vizuální vnímání a následně převedeného do haptické podoby, je tedy zákonitě velmi nízká. To pak ústí v nespokojenost nevidomých s grafy a ve snahu se grafům, pokud možno, vyhýbat – jak již bylo zmíněno dříve.

Je tedy lepší překlápet existující formy vizualizací dat do hapticky vnímatelné podoby, nebo je vhodné hledat jiné cesty, které se budou snažit v rámci technologií pro nevidomé uživatele přiblížit efektivitě vnímání vizuální informace u vidoucího člověka? V jádru této otázky, která svádí k jednoznačné odpovědi, je však ještě jeden neopominutelný aspekt: faktor socializační a inkluzivní. Haptická varianta vystavěná alespoň částečně i na základě vizuálních předobrazů může sloužit jako nástroj ke společné práci mezi vidomými a nevidomými uživateli. Spolu s *de novo* přístupem k haptizaci dat pro nevidomé se tento společný „jazyk“, který umožňuje nad daty a jejich analýzou spolupracovat, vytrácí. Měli bychom tedy také usilovat o *inkluzivní design* asistivních technologií.

Podstatou inkluzivního designu je vytváření rozhraní pro co největší množství rozmanitých uživatelů. „Inkluzivní design neznámá, že tvoříte jednu věc pro všechny. Navrhujete různé způsoby pro všechny, aby se mohli zúčastnit a měli při tom pocit sounáležitosti,“ píše se k inkluzivnímu designu v oficiálních materiálech společnosti Microsoft (Inkluzivní design, 2020). „Řada lidí se nedokáže plnohodnotně účastnit různých stránek společenského života, ať už fyzických nebo digitálních. Když pochopíme, proč a jak jsou tyto lidé vyloučeni, získáme podnětné kroky, které vedou k inkluzivnímu designu.“ Příkladem inkluzivního designu by mohl být i prototyp SoundBar McGookina et al. (2006). Ten propojuje variantu vizuální s variantou efektivní pro nevidomého uživatele a nabízí několik vzájemně se prolínajících

možností vnímání. Běžně vizuálně vnímatelný graf je zde doplněn i o možnost haptického vjemu a následně i o možnost vnímat graf skrze další kanál zásadní pro nevidomého uživatele: sluch.

3.3 Sluch a design sonifikační technologie

Dalším z našich smyslů, který má potenciál umožnit hlubší analýzu a exploraci dat, je sluch. Nejde zde ani tak o mluvené slovo a syntézu řeči: mnohem zajímavější je oblast tzv. sonifikace. Jde o využití „*neřečového audia k přenosu informace*“ (Kramer, 1997) Sonifikace není novinkou a experimentuje se s ní již relativně dlouho v různých kontextech, a to včetně její aplikace na poli zprostředkování obrazové informace, viz např. Kabisch, Kuester a Penny (2005), kteří se pomocí sonifikace pokoušeli zprostředkovávat obsah fotografických panoramat krajiny. Jedním z mála českých pokusů využít sonifikaci dat v praxi jsou zhudebněné výsledky voleb publikované jako melodie na zpravodajském serveru Českého rozhlasu (Javůrek, 2017). V rámci sonifikace dat nemusí být proměnné mapovány jen do tempa či výšky tónů, ale mohou být napojeny i na emoce a zvuky reálného světa – jako v případě sonifikovaných dat o počasí v prototypu Hermanna et al. (2003).

Správný design sonifikace je komplexní problém. Zatímco navrhnout neinteraktivní sonifikovaný ekvivalent spojnicového grafu s jednou spojnici nemusí být nijak náročné (můžeme si představit například temporální data mapovaná na výšku tónu v kontextu zvukových vodiček, která nahrazují osy a mřížky), jakákoliv složitější data budou vyžadovat vhodně navržené zvukové prostředí, ve kterém se nevidomí dokážou orientovat. Vodítkem pro tvorbu takového prostředí může být designový rámec AISP (*Auditory Information Seeking Principle*), navržený a nad kartogramem experimentálně ověřený Zhaovou et al. (2004), který popisuje logiku průchodu sonifikovanými daty: od rychlého úvodního pochopení celkových trendů v datech pomocí krátké zvukové zprávy (*gist*) až po vyvolání a zkoumání jednotlivostí (*details-on-demand*).

Přestože je návrh funkční a efektivní sonifikace zjevně náročným a komplexním problémem, potenciál je tu velký a leží opět v oblasti inkluzivního designu: pro běžného uživatele libovolné analytické aplikace zřejmě možnost sonifikovat grafy nebude příliš zajímavá ani efektivní, nevidomým uživatelům však může běžné nástroje datové analytiky a vizualizace alespoň částečně otevřít. Výhoda zapojení sonifikace do stávajících systémů je navíc zřejmá: k využívání sonifikace není třeba žádného dalšího nákladného asistivního hardwaru kromě obvyklých reproduktorů či sluchátek, čímž se eliminuje potenciální bariéra v přístupu k takové technologii.

3.4 Multimodální rozhraní

Jako multimodální označujeme rozhraní, ve kterých mohou nevidomí uživatelé využít více metod vnímání. Smysl jejich kombinace leží především ve snaze zvýšit celkovou efektivitu systému a rychlost jeho použití. Jak již bylo přiblíženo, haptická orientace nevidomého uživatele v grafu je náročná a zdoluhavá: závisí především na haptických vodítkách, které nahrazují vizuální vodítka běžných grafů. Částečné řešení zde může přinášet multimodalita: kromě hmatu zapojíme i sluch, například v podobě hlasové informace o aktuální pozici uživatele v grafu podle os, kterou systém na vyžádání uživatele pomocí technologie syntézy hlasu vygeneruje (Fritz, 1996).

Může však jít samozřejmě i o neřečovou sonifikaci. Příkladem je výzkum Ramllola et al. (2000), kteří kombinovali haptiku a zvuk při snaze zpřístupnit nevidomým studentům liniové grafy, nebo prototyp TacTiles (Wall, 2006), umožňující multimodální analýzu koláčových grafů, tedy poměrového rozdělení dat. Ilustrací může být i již zmíněný SoundBar (McGookin, 2006), v jehož jádru je navíc zakotvena filozofie inkluzivního designu. Kombinuje běžné digitální zobrazení sloupcového grafu s možností haptického vnímání téhož, navíc neinvazivně doplněné o sonifikaci vstupních dat. Díky inkluzivnímu designu otevírá vidoucím a nevidoucím uživatelům možnost spolupracovat v rámci jednoho systému. I zde existuje designový rámec, navazující na zmíněný AISP: nazývá se MISD (*Multi-Modal Information Seeking Design Approach*) a ve své práci ho představují Carroll et al. (2013).

Multimodální cesta se ukazuje jako slibná: při porovnávání efektivit tradičních haptických metod vůči multimodální „virtuální“ realitě sestavené z *force feedback* technologie, text-to-speech technologie a sonifikace dat se ukázala jak lepší přesnost analýzy dat, tak vyšší rychlost. (Yu, 2002) Ačkoliv se však multimodální přístupy v literatuře objevují již od devadesátých let, nejsou běžněji rozšířeny. Důvodem může být nízká obeznámenost nevidomých s tímto typem asistivních technologií a roli zřejmě hraje i cenová dostupnost některých HW pomůcek (Shinohara, 2011). Mnoho z experimentů tak končí ve formě prototypu a vůbec se na trh nedostanou. Ty, které se na trh dostanou, však často trpí nevhodnou estetikou a nízkou společenskou přijatelností, což také ovlivňuje míru jejich využívání – k tomuto tématu doporučujeme velmi přínosnou studii Shinoharové a Wobbrocka (2011). Roli tak může hrát i skutečnost, že navrhovaná řešení ne vždy aplikují filozofii inkluzivního designu.

4 Další výhledy přes bariéru

Již dnes se setkáváme s malými, ale významnými pokroky v oblasti zpřístupnění vizuálních reprezentací dat nevidomým: v populárním statistickém programovacím jazyce R například v poslední době přibýly knihovny, které umožňují jednoduše překládat grafy do haptických verzí pro nevidomé (*BrailleR*). Roli zde hraje i rozvoj nových technologií: spolu s nimi se objevují další možnosti, jak data a jejich (ne)vizuální analýzu a exploraci nevidomým osobám o něco více zpřístupnit.

Jeden z posledních výzkumů v této oblasti pomáhá nevidomým zpřístupnit vizualizace dat pomocí počítačového vidění a hlubokého učení (Choi, 2019). Všechny asistivní technologie a metody, o kterých jsme v koncepčním článku mluvili, totiž používají datový vstup (případně vektorový vstup), připravený pro danou technologii v rámci kontrolovaných experimentů a protypování. Venku v „divočině“ reálného světa, na sociálních sítích a v médiích, grafy takto připraveny nejsou a velké množství vizuálně komunikovaných dat se na síti nachází v podobě rastrových grafických souborů. Metoda výzkumného týmu Choie z rastrového vstupu automaticky extrahuje původní data tak, aby se dal graf zprostředkovat i jinak, než (mnohdy bohužel chybějícím) *alt* popiskem. I to může být další zásadní krok na cestě k vizualizaci dat pro „nevizuální“ uživatele.

Zpřístupnění vizualizací dat pro nevidomé je ovšem ve vizualizačním poli i nadále upozaděnou oblastí diskuse i výzkumu. Nejen ve světle pandemické situace je však nutné, aby se tyto výzkumné směry dočkaly širšího zájmu – otevřít toto téma i pro české jazykové prostředí bylo jedním z cílů tohoto textu. V koncepčním článku jsme také argumentovali pro využívání optiky inkluzivního designu, která by měla být při debatách o asistivních technologiích a při navrhování těchto systémů uplatňována – v jejím jádru je kladen důraz nejen na inkluzi u využívání asistivních technologií, ale také na zásadnější zapojení znevýhodněných uživatelů do samotného procesu návrhu těchto technologií.

Bibliografie

- ANSCOMBE, F. J., 1973. Graphs in Statistical Analysis. *The American Statistician* [online]. **27**(1) [cit. 2020-08-07]. DOI: 10.2307/2682899. ISSN 00031305. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/2682899>
- BRINTON, Willard C., 1914. *Graphic methods for presenting facts*. 1st. New York: The Engineering Magazine Company.
- CARROLL, Dustin, Suranjan CHAKRABORTY a Jonathan LAZAR, 2013. Designing Accessible Visualizations: The Case of Designing a Weather Map for Blind Users. STEPHANIDIS, Constantine a Margherita ANTONA, ed. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Design Methods, Tools, and Interaction Techniques for eInclusion* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, s. 436-445 [cit. 2020-08-09]. Lecture Notes in Computer Science. DOI: 10.1007/978-3-642-39188-0_47. ISBN 978-3-642-39187-3. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-39188-0_47
- COTGREAVE, Andy, 2020. Visualizing COVID-19: A discussion on the “flatten the curve” visualization and responsible data use. In: *Tableau Blog* [online]. Tableau Software [cit. 2020-08-07]. Dostupné z: <https://www.tableau.com/about/blog/2020/3/covid-19-discussion-history-flatten-curve-visualization>
- EHRENKRANZ, Melanie, 2020. Vital Coronavirus Information Is Failing the Blind and Visually Impaired. In: *Vice* [online]. New York: Vice Media [cit. 2020-08-07]. Dostupné z: https://www.vice.com/en_us/article/4ag9wb/vital-coronavirus-information-is-failing-the-blind-and-visually-impaired
- ERHARDT, Robert J. a Michael P. SHUMAN, 2015. Assistive Technologies for Second-Year Statistics Students who are Blind. *Journal of Statistics Education* [online]. **23**(2) [cit. 2020-08-07]. DOI: 10.1080/10691898.2015.11889733. ISSN 1069-1898. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10691898.2015.11889733>
- FEW, Stephen, 2013. Data Visualization and the Blind. In: *Perceptual Edge: Visual Business Intelligence* [online]. [cit. 2020-08-06]. Dostupné z: <https://www.perceptualedge.com/blog/?p=1756>
- FRANCES VAN SCOY, A., Don MCLAUGHLIN, J. VERNON ODOM, Richard T. WALLS a Mary E. ZUPPUHAUR, 2006. Touching mathematics: a prototype tool for teaching pre-calculus to visually impaired students. *Journal of Modern Optics* [online]. **53**(9), 1287-1294 [cit. 2020-08-06]. DOI: 10.1080/09500340600618652. ISSN 0950-0340. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500340600618652>

FRITZ, J.P. a K.E. BARNER, 1999. Design of a haptic data visualization system for people with visual impairments. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering* [online]. 7(3), 372-384 [cit. 2020-08-06]. DOI: 10.1109/86.788473. ISSN 10636528. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/788473/>

FRITZ, Jason P., Thomas P. WAY a Kenneth E. BARNER, 1996. Haptic representation of scientific data for visually impaired or blind persons. In: *Proceedings of the Eleventh Annual Technology and Persons with Disabilities Conference*. California State University: Los Angeles.

Global Data on Visual Impairments 2010, 2012. 1st. Geneva: WHO, 17 s. Dostupné také z: <https://www.who.int/blindness/GLOBALDATAFINALforweb.pdf>

HERMANN, Thomas, Jan M. DREES a Helge RITTER, 2003. Broadcasting auditory weather reports: a pilot project. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Auditory Display (ICAD2003)*. Boston: International Community for Auditory Display.

CHOI, Jinho, Sanghun JUNG, Deok Gun PARK, Jaegul CHOO a Niklas ELMQVIST, 2019. Visualizing for the Non-Visual: Enabling the Visually Impaired to Use Visualization. *Computer Graphics Forum* [online]. 38(3), 249-260 [cit. 2020-08-07]. DOI: 10.1111/cgf.13686. ISSN 0167-7055. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cgf.13686>

Inkluzivní design, 2020. *Microsoft Docs: Learn* [online]. California: Microsoft [cit. 2020-08-08]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/cs-cz/learn/modules/inclusive-design-principles/>

JANSEN, Yvonne, Pierre DRAGICEVIC a Jean-Daniel FEKETE, 2013. Evaluating the efficiency of physical visualizations. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '13* [online]. New York, USA: ACM Press, s. 2593-2602 [cit. 2020-08-06]. DOI: 10.1145/2470654.2481359. ISBN 9781450318990. Dostupné z: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2470654.2481359>

JAVŮREK, Adam, 2017. Velmi neobvyklá skladba: Poslechněte si zhudebněné výsledky voleb 2017. In: *IRozhlas* [online]. Praha: Český rozhlas [cit. 2020-08-08]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/volby/velmi-neobvykla-skladba-poslechnete-si-zhudebnene-vysledky-voleb-2017_1710251115_dp

JEONG, Wooseob, 2006. Force feedback textual and graphic displays for the blind. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology* [online]. 43(1), 1-11 [cit. 2020-08-06]. DOI: 10.1002/meet.14504301156. ISSN 00447870. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/meet.14504301156>

KABISCH, Eric, Falko KUESTER a Simon PENNY, 2005. Sonic panoramas: Experiments with interactive landscape image sonification. In: *Proceedings of the 2005 international conference on Augmented tele-existence - ICAT '05* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, s. 156-163 [cit. 2020-08-08]. DOI: 10.1145/1152399.1152428. ISBN 0473106574. Dostupné z: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1152399.1152428>

KARSTEN, Karl G., 1923. *Charts and Graphs: An Introduction to Graphic Methods in the Control and Analysis of Statistics*. 1st. New York: Prentice-Hall.

KRAMER, Gregory, Bruce WALKER, Perry COOK, John FLOWERS, Nadine MINER, John NEUHOFF a Terri BONEBRIGHT, 1997. Sonification Report: Status of the Field and Research Agenda. *International Community for Auditory Display* [online]. ICAD [cit. 2020-08-08]. Dostupné z: <http://www.icad.org/websiteV2.0/References/nsf.html>

MCGOOKIN, David K. a Stephen A. BREWSTER, 2006. SoundBar. In: *Proceedings of the 4th Nordic conference on Human-computer interaction changing roles - NordiCHI '06* [online]. New York, USA: ACM Press, s. 145-154 [cit. 2020-08-06]. DOI: 10.1145/1182475.1182491. ISBN 1595933255. Dostupné z: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1182475.1182491>

Metodický pokyn: k vyhlášce č. 64/2008 Sb., o formě uveřejňování informací souvisejících s výkonem veřejné správy prostřednictvím webových stránek pro osoby se zdravotním postižením (vyhláška o přístupnosti), 2008. Verze 1.10. Praha: MVČR, 25 s.

NIKOLAKIS, G., K. MOUSTAKAS, D. TZOVARAS a M. G. STRINTZIS, 2005. Haptic representation of images for the blind and the visually impaired. In: *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI '05)*. Las Vegas, Nevada.

NIST 'Pins' Down Imaging System for the Blind, 2002. In: *NIST* [online]. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology [cit. 2020-08-06]. Dostupné z: <https://www.nist.gov/news-events/news/2002/09/nist-pins-down-imaging-system-blind>

PINKER, Steven, 1990. A theory of graph comprehension. FREEDLE, Roy, ed. *Artificial intelligence and the future of testing*. 1st. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, s. 73-126. ISBN 0805801170.

QUEK, Francis a David MCNEILL, 2006. Embodiment Awareness, Mathematics Discourse, and the Blind. *Annals of the New York Academy of Sciences* [online]. **1093**(1), 266-279 [cit. 2020-08-08]. DOI: 10.1196/annals.1382.018. ISSN 0077-8923. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1196/annals.1382.018>

RAMLOLL, Rameshsharma, Wai YU, Stephen BREWSTER, Beate RIEDEL, Mike BURTON a Gisela DIMIGEN, 2000. Constructing sonified haptic line graphs for the blind student: first steps. In: *Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies - Assets '00* [online]. New York, USA: ACM Press, s. 17-25 [cit. 2020-08-09]. DOI: 10.1145/354324.354330. ISBN 1581133148. Dostupné z: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=354324.354330>

SACHDEVA, Neeraj a Reima SUOMI, 2013. Assistive technology for totally blind - barriers to adoption. In: *IRIS/SCIS 2013 , the 36th IRIS seminar and the 4th SCIS conference*. Turku, Finland: IRIS. ISBN 9788232104062. ISSN 1891-9863.

SHINOHARA, Kristen a Jacob O. WOBROCK, 2011. In the shadow of misperception: assistive technology use and social interactions. In: *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems - CHI '11* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, s. 705-714 [cit. 2020-08-07]. DOI: 10.1145/1978942.1979044. ISBN 9781450302289. Dostupné z: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=1978942.1979044>

SCHEPERS, Doug, 2020. Why Accessibility Is at the Heart of Data Visualization. In: *Nightingale: The Journal of the Data Visualization Society* [online]. New York: Data Visualization Society [cit. 2020-08-07]. Dostupné z: <https://medium.com/nightingale/accessibility-is-at-the-heart-of-data-visualization-64a38d6c505b>

TRINDER, Liz, 2008. *Evidence-Based Practice: A Critical Appraisal*. 1st. reprint. Oxford: Blackwell Science, 256 s. ISBN 978-0-470-69843-3.

UBALDI, Barbara, 2013. *Open Government Data: Towards Empirical Analysis of Open Government Data Initiatives* [online]. 1st. Paris: OECD Publishing [cit. 2020-08-08]. OECD Working Papers on Public Governance, No. 22. Dostupné z: <https://doi.org/10.1787/5k46bj4f03s7-en>

WALL, Steven A. a Stephen A. BREWSTER, 2006. Tac-tiles: Multimodal Pie Charts for Visually Impaired Users. In: *Proceedings of the 4th Nordic conference on Human-computer interaction changing roles - NordiCHI '06* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, s. 9-18 [cit. 2020-08-06]. DOI: 10.1145/1182475.1182477. ISBN 1595933255. Dostupné z: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1182475.1182477>

WARE, Colin, 2013. *Information visualization: perception for design*. Third edition. Waltham, MA: Morgan Kaufmann. ISBN 9780123814647.

WU, Shaomei a Lada A. ADAMIC, 2014. Visually impaired users on an online social network. In: *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems - CHI '14* [online]. New York, USA: ACM Press, s. 3133-3142 [cit. 2020-08-07]. DOI:

10.1145/2556288.2557415. ISBN 9781450324731. Dostupné z:
<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2556288.2557415>

YU, Wai a Stephen BREWSTER, 2002. Multimodal virtual reality versus printed medium in visualization for blind people. In: *Proceedings of the fifth international ACM conference on Assistive technologies - Assets '02* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, s. 57 [cit. 2020-08-06]. DOI: 10.1145/638249.638261. ISBN 1581134649. Dostupné z:
<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=638249.638261>

YU, Wai, Kenneth GUFFIE a Stephen BREWSTER, 2001. Image to haptic data conversion: A first step to improving blind people's accessibility to printed graphs. In: *Proceedings of Eurohaptics 2001*. Birmingham, s. 87-89.

ZHAO, Haixia, Catherine PLAISANT, Ben SHNEIDERMAN a Ramani DURAISWAMI, 2004. Sonification of geo-referenced data for auditory information seeking: Design principle and pilot study. In: *Proceedings of ICAD 04. Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display*. Sydney: International Community for Auditory Display.

Poznámka o autorovi

Tomáš Marek je odborným pracovníkem na Katedře informačních studií a knihovnictví na Filozofické fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Dlouhodobě se věnuje tématu vizualizace dat; základy vizualizace dat na FF MUNI vyučuje a nepravidelně též školí. Podílí se na organizaci setkávání odborníků z české praxe datové vizualizace.

E-mail: marek@kisk.cz