

Analýza kartografické gramotnosti pomocí eye-trackingu

Mgr. Markéta Beitlová,
Katedra geoinformatiky,
Univerzita Palackého v Olomouci

Abstrakt

Jedním z uživatelských aspektů map je kartografická gramotnost čtenáře mapy. Analýza uživatelských aspektů je v současné době jedním z trendů v kartografii. Článek se zabývá analýzou kartografické gramotnosti, která byla provedena na základě dvou případových studií – on-line dotazníkové šetření a eye-tracking experimentu. Účelem bylo ověřit kartografickou gramotnost u vybraných uživatelů map. On-line dotazníkové šetření bylo zaměřeno na zjištění kartografické gramotnosti mezi respondenty s kartografickým vzděláním a bez něj. Eye-tracking experiment vznikl za účelem podrobnější analýzy kartografické gramotnosti pomocí statistických metod a spolu s využitím nástroje ScanGraph byly zkoumány rozdílné strategie čtení map vybranými skupinami uživatelů.

Analysis of the Cartographic Literacy using Eye-tracking

Abstract

Cartographic literacy is one of users' aspects of maps being a trend in modern cartography. The paper deals with analysis of the cartographic literacy, which was based on two case studies – on-line questionnaire and eye-tracking experiment. The main object of the studies was verification of cartographic literacy in different groups of map users. On-line questionnaire was focused on the identification of cartographic literacy among cartographers and non-cartographers. The eye-tracking experiment deals with a detailed analysis of the data obtained with help of statistical methods and together with ScanGraph tool different map reading strategies by chosen users' groups were examined.

Keywords: cartography, map use, eye-tracking

1. Úvod

Kartografická gramotnost uživatele je nezbytnou součástí zpracování geografických informací, vyjádřených pomocí mapy. Je jednou z proměnných vstupujících do procesu kartografické komunikace. Kognitivní výzkum v oblasti kartografie se proto zaměřuje na posuzování vizuálního vnímání s cílem zlepšit komunikační proces mezi čtenářem mapy a mapou. Příčinné nových forem kartografických děl percepci uživatelů je podle [1] považováno za jeden ze základních směrů kartografického výzkumu.

Stejně důležitou roli, jakou hraje v přenosu informací samotná mapa, hrají také znalosti uživatele, jeho dovednosti a zkušenosti, na nichž závisí efektivita a rychlost získaných informací z mapy. Podle [2] kartografická gramotnost představuje schopnost čtení map a dovednost tvorby map. Čtení map se skládá z vnímání mapy (její grafické formy), z používání legendy mapy, a z chápání obsahu mapy [3]. Jedná se o proces získávání informací díky znalosti jazyka mapy. Existují dva druhy kartografické gramotnosti: přirozená (vrozená) a dodatečně získaná (učení). Podle [3] je kartografická gramotnost komplexní pojem, který má dvě úrovně: čtení (v širším smyslu i využití) map a tvorbu mapy. Komponenty čtení mapy jsou vlastní mapa, mapový jazyk, subjekt čtenáře mapy a jeho vědomí, ovládání mapového jazyka a nové poznání čtenáře mapy. Z pohledu pedagogicko-didaktického jsou všechny druhy gramotností strukturovány. Na nejnižším stupni jsou znalosti, na vyšším stupni dovednosti, následují návyky a na nejvyšším stupni jsou postoje. Každá vědní disciplína tyto stupně jasně vymezuje, dodává jim odpovídající obsah a náplň a realizuje výchovu v oboru, od nejnižšího stupně k nejvyššímu [2].

Autoři dělí (tematické) mapy různě a každý z těchto druhů je definován specifickým účelem mapy. Účel mapy je nutné zohlednit nejen při specifikaci charakteristických proměnných mapy jako je měřítko, obsah mapy, kompozice atd., ale je třeba brát ohled také na aspekty uživatelské. Adaptace mapové tvorby potřebám uživatelů je řešena v řadě případových studií, například [4], [5], [6] a další.

Jedním z mnoha uživatelských hledisek je také míra kartografické gramotnosti uživatelů mapy, jimž je mapa určena. Při zkoumání uživatelských aspektů je proto třeba multidisciplinární přístup propojující znalosti zejména z geografie, kartografie, psychologie a didaktiky. Vyšší úroveň kartografické gramotnosti přináší přesnější a efektivnější rozhodování při získávání informací z mapy.

Otázka, proč se někteří lidé vyznají v mapách a orientují v terénu lépe než ostatní, je zajímavá jak pro kartografy, tak pro psychology. Psychologické kognitivní studie začaly být prováděny před více než 100 lety, kartografické studie pak poprvé v 50. až 60. letech 20. století [7]. V této době mnoho geografů převzalo myšlenky poprvé formulované Wrightem v roce 1942 v článku pod názvem „Map makers are human“. Významným milníkem bylo vydání knihy [8], která odstartovala výzkum zaměřený na design map a kognitivní aspekty v kartografii. V knize autor vyzval kartografy, aby systematicky sledovali a měřili data o tom, jak se lidé dívají na mapy a jak je interpretují. Uvedená kniha byla rovněž základem tvorby takzvaných komunikačních modelů, tedy rozsáhlých a komplexních teoretických rámců pro popis a vysvětlení kartografie.

1.1 Modely kartografické komunikace

Kartografická komunikace vychází ze Shannonovy informační teorie resp. z komunikačního systému, který před-

stavil spolu s Weaverem [9]. Ten je rozdělen do pěti různých částí: 1. informační zdroj, 2. vysílač (kodér), 3. kanál, 4. přijímač (dekodér), 5. místo určení [10]. Tato teorie byla v různých pojetích aplikována také v kartografii, kde se jí zabývala řada autorů. Na počátku 60. let 20. století se výzkumem kartografické komunikace začal zabývat Robinson [8], který zdůrazňuje funkci mapy, jako komunikačního prostředku. Zpráva, kterou kartograf odesílá pomocí mapy, závisí na vizuálním vzhledu mapy, kterou určuje kartograf volbou jejího designu. Aby bylo možné pochopit a následně zlepšit funkčnost mapy, musí kartografové vnímat a reflektovat efektivitu designu směrem k uživatelům mapy. Proto je nutné systematicky sledovat a měřit, jak lidé mapy studují a interpretují. Rada autorů jako např. Koláčný [11], Morrison [12] nebo Board [13] na práce Robinsona koncem 70. let navázali a vytvořili první modely kartografické komunikace. Koláčného model se stal, i přes jeho pozdější kritiku, významným zdrojem inspirace pro řadu dalších autorů a je označován paradigmatem kartografické komunikace.

Morrison [12] ve svém výzkumu vycházel z teorie komunikace a vnímal mapu jako komunikační kanál, který je tvořen celou řadou procesů, a to jak z pohledu kartografa, tak z pohledu uživatele mapy. Do kartografického komunikačního procesu z pohledu kartografa zařadil kognitivní výběr dat a jejich třídění, zjednodušení obsahu a generalizaci symbolů pro tvorbu mapy. Z uživatelského pohledu sleduje kognitivní interpretaci a ověření získaných informací čtenářem mapy. Později vytváří také model přenosu kartografické informace, jenž definuje řadou vztahů mezi realitou jako zdrojem přímé informace, kartografem, mapou a jejím uživatelem.

Board [13] byl dalším, kdo se pokusil navrhnout funkční model kartografické komunikace. Jeho model vychází z kognitivních map kartografa i uživatele, které obsahují různé vztahy mezi čtyřmi základními elementy komunikačního modelu: reálným světem, kartografem, mapou a čtenářem mapy.

Grygorenko [14] vysvětluje kartografickou komunikaci prostřednictvím obecné teorie informace a teorie systémů, skládající se ze čtyř dílčích procesů: získání znalostí o reálném světě, produkce kartografické zprávy, interpretaci zprávy a ověření zprávy. Grygorenko považuje kognitivní mapu za prostředník komunikace mezi reálným světem a modelem reprezentujícím realitu, tj. mapou [15].

MacEachren [1] uvádí primární funkci kartografie jako formální komunikační systém. Mapy vnímá jako jejich záznam a prostředky přenosu prostorové informace. Tento přístup umožňuje, aby byl proces přenosu informace analyzován jako funkční systém. Cílem je dopravit zjednodušený, generalizovaný, tříděný a symbolizovaný prostor k uživateli, bez filtrování nebo snížení informačního obsahu a rozšířit tak jeho geografické znalosti. Zdůrazňuje rovněž přírůstek znalostí na straně uživatele v důsledku užití a integrace informací prezentovaných v mapě [16]. Podle [17], [18] a později i [1] se vymezují proti primárnímu chápání mapy jako kanálu pro přenos kartografické informace, a chápou mapu jako jednu z možných reprezentací objektů či jevů v prostoru. Zdůrazňují potřebu studovat percepční a kognitivní procesy, které probíhají jak při „čtení“ mapy, tak při zpracování prostorové informace.

Jiný náhled na proces kartografické komunikace prezentuje [19]. V jeho pojetí, je informace poskytovaná pomocí mapy, transformována na obraz popisovaného objektu v mysli příjemce a z tohoto obrazu je usuzováno na vlastní objekt (shodně s přístupem Koláčného). Navíc tento

přístup zohledňuje proces myšlení na straně kartografa i uživatele mapy a vytvoření přidané hodnoty informace, tzn. její zhodnocení v tomto procesu. Lze tedy očekávat, že vlastní proces přenosu informací z mapy na čtenáře (uživatele) probíhá ve více rovinách a je do velké míry ovlivněn postupem kartografa.

Robinson a Petchenik [18], a dále Petchenik [20] se v polovině 80. let vymezují vůči systémovým modelům kartografické komunikace, založeným na informační teorii a přichází s Vennovým digramem, který je oproti zmíněným modelům, sledujícím pouze proces přenosu kartografické informace, zaměřen na míru a kvalitu informačního přenosu při použití mapy. Podle [21] výzkum Petchenik reflektuje současné trendy behaviorální a kognitivní psychologie a zabývá se popisem a pochopením procesů, prostřednictvím kterých si čtenář mapy, na základě informací v této mapě prezentovaných, vytváří vlastní představu o vztazích mezi zobrazovanými objekty a jevy. Petchenik navrhuje zkoumat percepci mapových symbolů např. sledováním pohybu očí a zkoumat tak širší předpoklady, které jsou základem duševních procesů, kterým je i čtení mapy. Touto problematikou se hlouběji zabývá vědní obor kognitivní kartografie.

1.2 Kognitivní kartografie a výzkum kartografické gramotnosti

Kognitivní kartografi je možné členit do tří základních výzkumných směrů [22]:

- Map-design research – jeho cílem je vylepšit mapy.
- Map-psychology research – jeho cílem je pochopit lidskou percepci a kognici.
- Map-education research – jeho cílem je vylepšit výuku s mapami a o mapách.

Výzkum kartografické gramotnosti lze považovat za součást map-education research, neboť je spíše zaměřen na uživatele než na vlastní mapu. V minulosti se tuzemským výzkumem kartografické gramotnosti zabývali například [23] či [3]. V těchto studiích měli respondenti většinou za úkol popsat předloženou mapu. Vyhodnocení kartografické gramotnosti probíhalo formou analýzy vzniklých textů.

Pravda [3] se ve svém výzkumu, probíhající s přestávkami od roku 1985, zabýval čtením map. Jeho experiment byl založen na zdánlivě jednoduché otázce: „Co všechno je možné z mapy vyčíst?“ Studie byla provedena na dvou skupinách studentů. První se skládala z 17 – 18letých studentů gymnázia, zdravotní školy a hotelové akademie. Do druhé skupiny byli zařazeni 20 – 23letí studenti přírodovědeckých fakult prvního a třetího ročníku. Každý student dostal výřez 1 dm² turistické mapy v měřítku 1 : 100 000 s legendou. Jednalo se o topografickou mapu doplněnou o turisticky zajímavé objekty. Úkolem každého respondenta bylo během jedné vyučovací hodiny napsat samostatnými větami vše, co dokáže z mapy vyčíst. Z 5 602 získaných výroků (vět) od 168 studentů bylo zjištěno, že v průměru každý účastník experimentu napsal (během jedné vyučovací hodiny) 33 vět. Materiál se skládal z textů složených z jednotlivých vět (výroků, logických závěrů). Analýza textu byla zaměřena na několik okruhů. Pomůckou pro analýzu byly i tabulky, ve kterých byly zařazeny různé druhy (i třídy) poznatků s jejich absolutní i relativní kvantifikací. Pravda třídy poznatků rozdělil na atributové (týkající se podstatných vlastností objektů a jevů zobrazených na mapách), lokační (týkající se polohy), figurativní (týkající se půdorysného tvaru) a kvantitativní/kvalitativní

(týkající se množství, velikosti, intenzity, hustoty a dalších analogických charakteristik objektů a jevů).

Cílem výzkumu Nižnanského [23] byla charakteristika komunikace pomocí mapy, hledání způsobu, kterým se informace z mapy získává a definování myšlenkových operací při čtení mapy. Metodický způsob byl zvolen obdobně jako v případě již zmíněného experimentu Pravdy. První soubor respondentů tvořili 17 – 18letí studenti hotelové akademie. Druhý soubor tvořili studenti prvního ročníku učitelského studia geografie. Respondenti měli k dispozici výřez mapy s měřítkem 1 : 100 000 s topograficko-vlastivědně-turistickou tematikou v barevném provedení. Pod výřezem se nacházela legenda. U kolem respondentů bylo po dobu 40 minut psát, co vidí na mapě. Zpracování získaných informací spočívalo v analýze každé věty s cílem odhlédnout od variability používaných jazykových prostředků. Toho bylo dosaženo dekompozicí vět na tři celky z hlediska poskytované informace. Tyto celky se staly základními údaji pro tři soubory dat. První soubor tvořila slovní spojení se substantivním jádrem. Druhý soubor tvořila hlavně adjektiva. Význam prvků třetího souboru byl definován relací mezi objekty. Tento soubor obsahoval zejména přísudky. Použitý analytický postup využil přirozený a mapový jazyk s cílem poznat procesy generování informace z mapy. V závěru Nižnanský zdůrazňuje výraznou faktografii a stručnost popisu mapy v případě, kdy byla úloha definována příliš volně, a o výběru informací rozhodl respondent. Pro další výzkum doporučuje zpřesnění, zjednodušení a zřehlednění cílů studie.

V zahraničí se podobnou tematikou zabývala například práce [23]. Zabývala se zkoumáním kartografických dovedností nizozemských studentů ve věku 12–13 let, kteří byli v rámci výzkumu rozděleni do tří skupin. V první skupině proběhl před testem kartografických dovedností tříhodinový trénink rozvoje kartografických dovedností a dále měli studenti možnost vybrat si v testu pořadí, ve kterém chtějí úlohy plnit. Druhá skupina měla stejný trénink jako první skupina, ale neměla možnost volby úloh a jejich pořadí a třetí skupina neměla žádný kartografický trénink, ani možnost volby úloh. Podle autorů studie je možné všechny geografické jevy na mapě znázornit pomocí bodů, linií a ploch. Tyto tři typy prostorových dat mohou být na mapách kombinovány různými způsoby. Na základě kombinace bodových, liniových a prostorových znaků navrhli pro svůj výzkum tabulku, která umožňuje rozlišovat úlohy podle jejich geografické komplexnosti a podle požadavků na kartografické dovednosti. Podle této tabulky vytvořili 15 úloh, kdy ke každé úloze byla vytvořena mapa obsahující kombinaci různého počtu bodů (prostorové rozmístění), linií (prostorová interakce) a ploch (rozlišení areálů). Kombinací těchto prvků tedy rostla náročnost úkolů a také náročnost kladená na kartografické dovednosti. Výsledky výzkumu ukázaly, že skupina studentů, která byla trénována v získávání kartografických dovedností, měla v testu lepší výsledky než ta, která trénována nebyla. Lepších výsledků dosáhli i studenti, kteří měli možnost vybrat si pořadí jednotlivých úloh [25].

Cílem studie popsané v tomto článku bylo hodnocení kartografické gramotnosti tří skupin uživatelů map pomocí eye-tracking experimentu a on-line dotazníku. V obou částech studie byly respondentům předloženy mapy, na kterých řešili zadané úkoly. Pro vyhodnocení dat bylo klíčové zaznamenat správné odpovědi, tedy souřadnice kliků v mapách. V případě eye-tracking experimentu byl kromě těchto kliků samozřejmě zaznamenáván i pohyb očí.

Ve studii byly definovány následující výzkumné otázky:

1. Budou zaznamenány rozdíly mezi analyzovanými skupinami respondentů?
2. Zvolí skupina kartografů (expertů) výrazně odlišnou strategii a dosáhne lepších výsledků?

2. Metody

2.1 Stimuly a úkoly

Při přípravě studie bylo nutné nejprve vybrat vhodné stimuly (mapy). Ty poté vstupovaly jak do on-line dotazníku, tak do eye-tracking experimentu. Způsobem třídění kartografických děl a druhů tematických map se ve svých publikacích věnují [26], [27] nebo [28]. Z uvedených publikací byly vybrány druhy map, jež byly klasifikovány jako mapy pro veřejnost. Jedná se tedy o automapy, turistické mapy, cykloturistické mapy, orientační plány měst, mapy pro orientační běh apod. Pro studii bylo zvoleno celkem 26 map, které byly rozděleny do čtyř kategorií – turistické mapy, ortofotomapy, automapy, kartogramy a kartodiagramy.

Dalším krokem při přípravě studie byla specifikace úkolů, které nad jednotlivými mapami měli respondenti řešit. Pro účely studie bylo vybráno celkem 11 druhů úkolů: prohlášení, selekce, identifikace, srovnání, určení zeměpisných souřadnic, určení měřítka mapy, odhad vzdálenosti, určení profilu trasy, určení nadmořské výšky, orientace dle světových stran, zorientování mapy a navigace. Tyto úkoly byly voleny s ohledem na vybrané druhy map a charakter připravované studie.

Souhrn všech použitých stimulů a úkolů je znázorněn na [obr. 1](#).

2.2 Respondenti

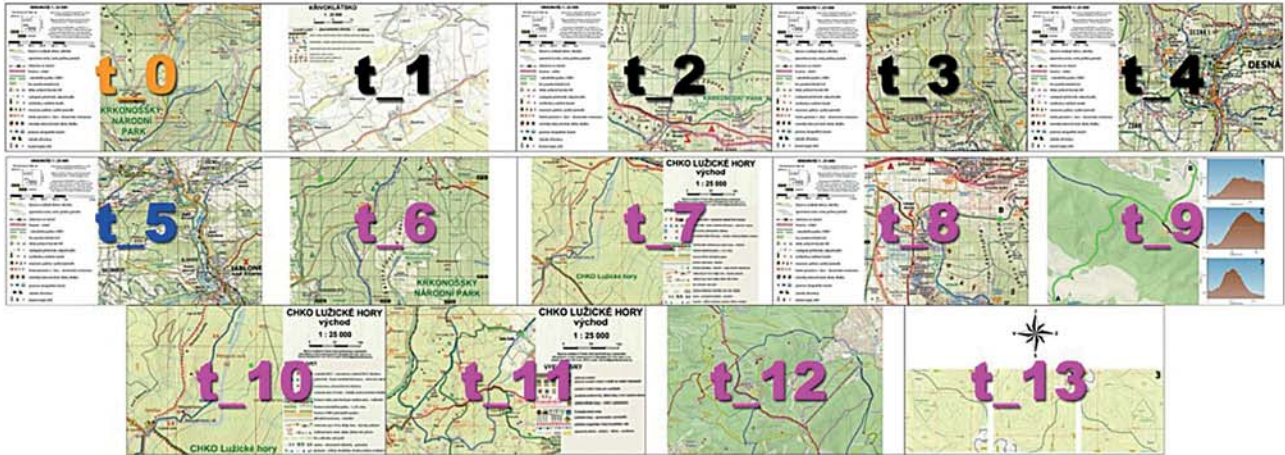
Jak již bylo zmíněno, studie se skládá ze dvou částí, a to on-line dotazníku a eye-tracking experimentu. V on-line dotazníkovém šetření bylo zjišťováno, zda respondent má či nemá kartografické vzdělání. On-line dotazníkové šetření proběhlo v období od 11. 5. 2017 do 26. 6. 2017 a vyplnilo jej celkem 112 respondentů, z nichž při předzpracování dat a odstranění chybných nebo neúplných záznamů zbylo celkem 103 použitelných odpovědí.

Průměrný věk respondentů on-line dotazníkového šetření byl 31 let. Délka vyplnění dotazníku byla průměrně 25 minut. On-line dotazníkového šetření se účastnili převážně muži (63 %). Dosažené vzdělání bylo většinou vysokoškolské (52 %) nebo střední s maturitou (41 %). Nejčastěji používaným druhem map byly mapy turistické, které uvedlo 48 % respondentů. Většina účastníků on-line dotazníkového šetření používá mapy často (38 %), přičemž nejčastěji používají právě turistické mapy. Nejčastěji jsou mapy používány za účelem navigace a orientace (71 %). 54 % respondentů hodnotí své dovednosti při používání map na jedničku (jako ve škole).

U eye-tracking experimentu byl výběr respondentů specifičtější. Byly vybrány tři skupiny uživatelů map: administrativní pracovníci, experti a právníci. Administrativním pracovníkem myšlen úředník dle zákona č. 312/2002 Sb., § 2 odst. 4. Jako expert je v označen respondent s kartografickým vzděláním získaným v rámci pregraduálního



Úkol: Kliknutím označte mapu vhodnou pro pěší výlet



Úkoly: Kliknutím do mapy označte... vodní plochu, státní hranici, oblast s nejvíce penziony...

Určete zeměpisné souřadnice bodu, měřítko mapy, vzdálenost mezi body, nadmořskou výšku...



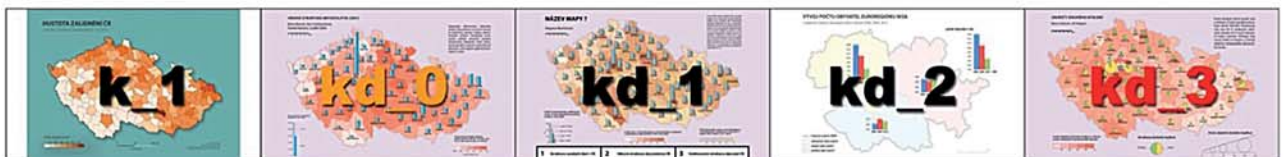
Úkoly: Kliknutím do mapy označte les, silnici, panelový dům

Označte výřez ortofotomapy odpovídající mapě



Úkoly: Kliknutím do mapy vyznačte dálnici, silnici I. třídy, nejrychlejší trasu, nejkratší trasu

Určete vzdálenost mezi městy A a B



Úkoly: Kliknutím do mapy označte obec s hustotou zalidnění X, území s nejnižším počtem obyvatel...

Úkoly této části jsou detailně popsány v další části článku

Typy úkolů: prohlížení, selekce, identifikace, srovnání, navigace, určení...

nebo postgraduálního studia. Právník je označen pro respondenta, vzdělaného případně vzdělávaného v oblasti práva.

Skupiny respondentů byly voleny s ohledem na charakter experimentu, který předpokládal testování velkého množství osob spadajících do vybrané profesní skupiny. Z tohoto důvodu bylo nutné při výběru zohlednit dostupnost respondentů pro autorku studie.

Eye-tracking experimentu se zúčastnilo celkem 55 respondentů. Z důvodů ztráty dat či nepřesné kalibrace však muselo být 15 z nich z vyhodnocení vyřazeno. Do analýzy tedy vstupovala data o pohybu očí 12 administrativních pracovníků, 17 expertů a 11 právníků. Podíl mužů a žen byl téměř vyrovnaný (51 % mužů a 49 % žen). Ve skupině administrativních pracovníků však převládalo zastoupení žen (75 %). Rozdíly mezi skupinami byly logicky zaznamenány ve frekvenci využívání map. Zajímavé ale je, že zastoupení důvodů užívání map je napříč skupinami velmi vyrovnané. V přibližně 55 % případů využívají respondenti mapy pro navigaci a orientaci v terénu.

2.3 Průběh experimentu

Vzhledem k tomu, že pro vyhodnocení odpovědí bylo využito souřadnic kliků myši, bylo nutné najít nástroje, které by umožnily uskutečnit on-line dotazníkové šetření a zaznamenat pohyb myši. Pro vytvoření dotazníku bylo tedy zvoleno řešení poskytované společností JotForm, která nabízí tvorbu on-line formulářů. Navrhovaného konceptu bylo dosaženo až spojením zmiňovaného nástroje pro tvorbu dotazníků JotForm (www.jotform.com) a analytického nástroje Hotjar (www.hotjar.com), který musel být implementován do webové stránky spolu s dotazníkem. Pro celé řešení tak bylo nutné zřídit webhosting s vlastní doménou. V řešení poskytované společností JotForm byla data ukládána do on-line databáze, z níž byl umožněn jejich následný export ve zvoleném formátu. Analytický nástroj Hotjar shromažďoval data pomocí videozáznamu obrazovky každého respondenta. Při následném zpracování dat bylo nutné spojit obě datové dady. Zmíněné přiřazování dat probíhalo ručně analýzou videozáznamu každého respondenta pomocí časových značek zaznamenaných oběma použitými nástroji.

Příprava eye-tracking experimentu s vybranými mapovými podklady a úkoly podle návrhu případové studie byla uskutečněna v programu OGAMA 5.0, vyvinutém na Freie Universität Berlin. Sběr dat probíhal pomocí rozhraní programu OGAMA a EyeTribe. EyeTribe je zařízení pro sledování pohybu očí, které v rámci eye-tracking zařízení spadá do kategorie low-cost. Toto zařízení bylo použito z důvodu jeho nízkých pořizovacích nákladů v porovnání s ostatními eye-tracking zařízeními, ale také kvůli jeho rozměrům, neboť bylo nutné, aby testování osob v rámci vymezených skupin bylo možné provádět i mimo prostory pracoviště. Zařízení umožňuje záznam pohybu očí s frekvencí 60 Hz. Přesnost a důvěryhodnost měření pomocí tohoto zařízení byla ověřena ve studii [29]. V úvodu byl respondent seznámen se zařízením, předmětem a účelem výzkumu, průběhem experimentu a možnostmi odpovědi. Poté bylo přistoupeno ke kalibraci zařízení, která musela být v řadě případů opakována, než bylo dosaženo požadované kvality. Pokud byla kalibrace úspěšná, přistoupeno se ke spuštění testu a nahrávání dat. Poté co byl experiment úspěšně dokončen a data byla uložena do databáze programu OGAMA, byl respondent požádán o vyplnění krátkého

dotazníku s doplňujícími otázkami, které byly stejné jako v případě on-line dotazníkového šetření.

Před vlastní analýzou dat bylo nutné zkontrolovat jejich kvalitu a vyřadit respondenty, u kterých došlo k chybě záznamu. Pro identifikaci fixací a sakád bylo zvoleno nastavení maximální vzdálenosti 20 px a minimálního počtu bodů 5. Toto nastavení vychází ze studie [30]. Vizualní analýza naměřených eye-tracking dat probíhala přímo v prostředí programu OGAMA. Statistické zpracování dat a vizualizace výsledků testů pomocí boxplotů probíhalo v softwaru RStudio, kde byla data zkoumána prostřednictvím Kruskal-Wallisova testu a Posthoc Kruskal-Wallisova testu – metoda Tukey. Kruskal-Wallisův H test je alternativou pro jednofaktorovou analýzu rozptylu (ANOVA). Testuje nulovou hypotézu, že všechny populace mají stejnou distribuční funkci oproti alternativní hypotéze, že alespoň dvě populace ze vzorku se liší v průměrném pořadí hodnot. Boxploty byly generovány pro tři nejčastěji používané eye-tracking metriky: čas strávený na snímku, počet fixací na snímku a délku trajektorie pohybu oka.

Metrika čas strávený na snímku (Trial Duration) udává, kolik času respondenti strávili při řešení daného úkolu. Metrika počet fixací na snímku (Fixation Count) popisuje počet fixací zaznamenaných během sledování stimulu. Větší počet fixací indikuje nízký stupeň efektivity vyhledávání nebo nevhodné uživatelské rozhraní hodnocené aplikace. Uživatel téká z místa na místo a nenachází odpověď. Metrika délka trajektorie na snímku (Scanpath Length) popisuje délku trajektorie oka v rámci stimulu. V závislosti na její velikosti je možné odvodit obtížnost otázky nebo srozumitelnost stimulu [31].

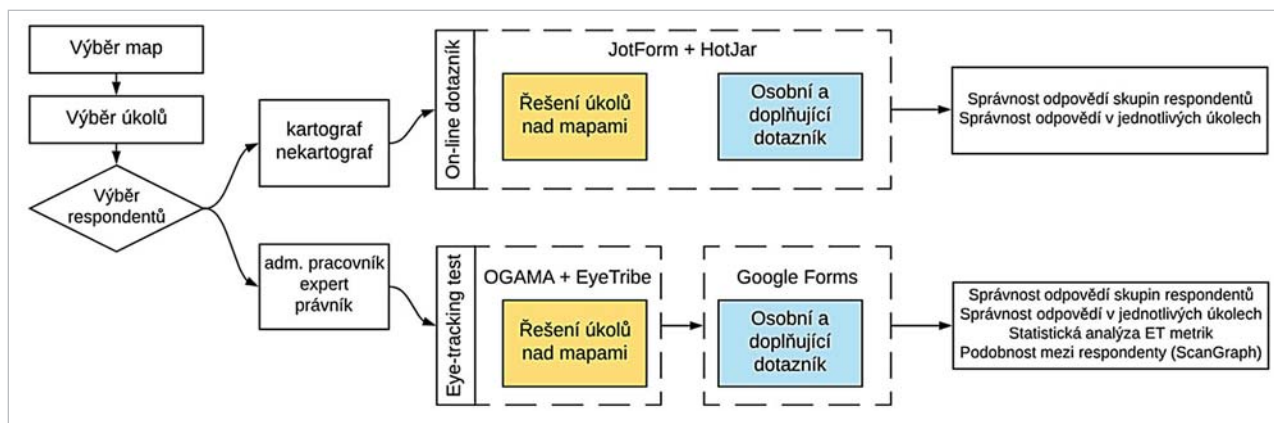
Analýza podobnosti sekvencí fixací jednotlivých respondentů v rámci definovaných oblastí zájmů probíhala pomocí on-line nástroje ScanGraph [32]. Tento nástroj porovnává sekvence fixací v oblastech zájmu vytvořených nad daným stimulem. Výstup nástroje je obyčejný graf, ve kterém jsou identifikovány kliky. Kliky je podmnožina vrcholů v grafu, kde jsou všechny vrcholy spojeny hranou se všemi ostatními z této podmnožiny. Na základě výstupu tohoto nástroje je možné odhalit podobnost strategie sledování stimulu jednotlivými respondenty. Výhoda oproti jiným srovnávacím metodám je, že vizualizace zvýrazní pouze ty účastníky, kteří jsou si podobní na základě uživatelem zadaného parametru (míry podobnosti). Ve všech případech byla použita Levenshteinova vzdálenost mezi dvěma řetězci, která je definována jako minimální počet znaků, které musí být nahrazeny pro změnu řetězce A na řetězec B.

Design celé studie je znázorněn na [obr. 2](#).

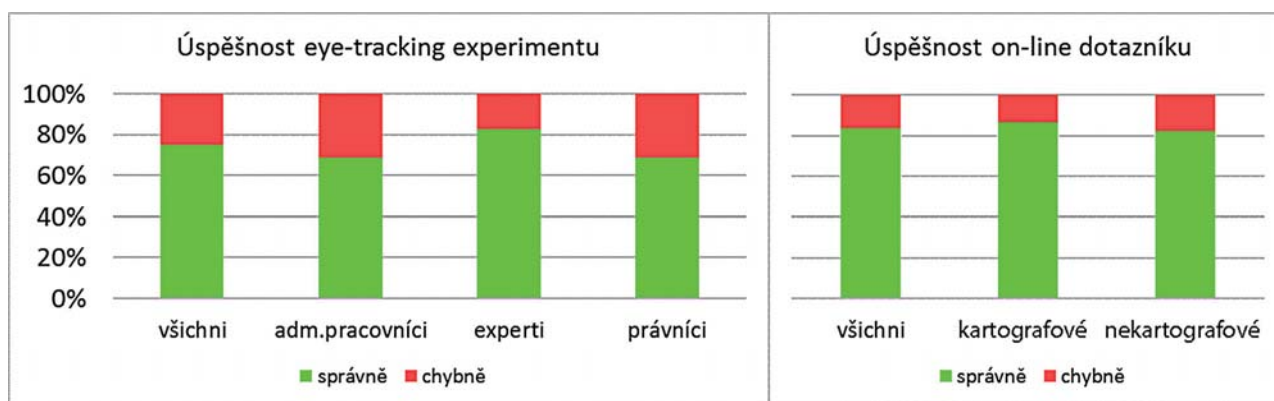
3. Výsledky

3.1 Vyhodnocení správnosti odpovědí jednotlivých skupin respondentů

Respondenti on-line dotazníkového šetření odpovídali na 26 otázek. Diagram na [obr. 3](#), vlevo zobrazuje úspěšnost respondentů on-line dotazníkového šetření. Kartografická gramotnost (úspěšnost) všech respondentů dotazníkového šetření byla 83 %. Objektivnějších výsledků bylo dosaženo rozdělením všech respondentů na dvě skupiny, a to na kartografy a nekartografy. V případě kartografů byla kartografická gramotnost 85 %. U nekartografů, jichž



Obr. 2 Design studie



Obr. 3 Diagram úspěšnosti skupin respondentů on-line dotazníkového šetření (vlevo) a eye-tracking experimentu (vpravo)

se on-line dotazníkového šetření zúčastnilo 38 %, byla kartografická gramotnost 81 %. Rozdíl v úspěšnosti mezi respondenty s kartografickým vzděláním a bez něj byl tedy 4 %.

Účastníci eye-tracking experimentu řešili shodných 26 úkolů jako v případě on-line dotazníkového šetření, avšak při jejich řešení byl pomocí eye-tracking zařízení sledován pohyb očí, který je samostatně hodnocen v další části studie. V rámci řešení úkolů nad mapou respondenti odpovídali na dané otázky podle příslušnosti ke zvolené skupině (administrativní pracovníci, experti, právníci).

Diagram na obr. 3, vpravo zobrazuje úspěšnost respondentů eye-tracking experimentu. Průměrná správnost odpovědí všech respondentů je 75 %. Shodně vyšla úspěšnost u skupiny administrativních pracovníků a právníků 69 %. Rozdíl v úspěšnosti administrativních pracovníků a právníků oproti skupině expertů je pouze 14 %.

3.2 Výsledky on-line dotazníku

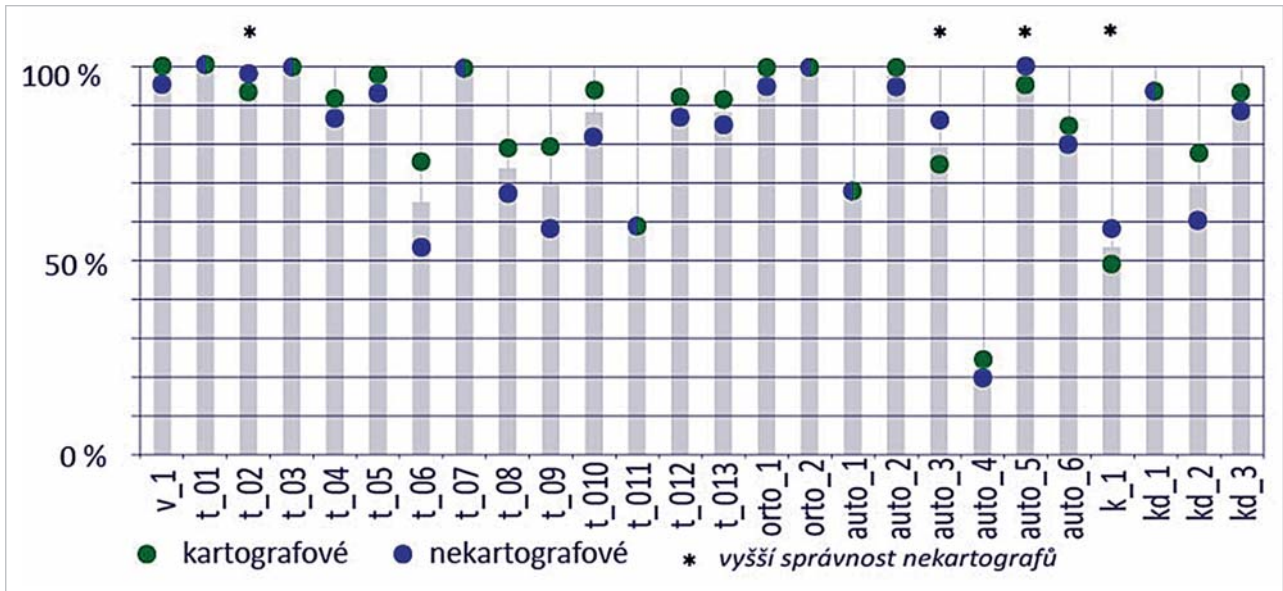
Průměrný čas vyplnění dotazníku kartografy byl o 4 minuty a 36 sekund rychlejší než čas nekartografů, jejichž průměr byl 27 minut a 50 sekund. Správnost jednotlivých odpovědí všech zúčastněných respondentů je zobrazena na obr. 4. Šedé sloupce udávají průměrnou správnost odpovědí všech respondentů. Nejvyšší, tedy 100% správnost odpovědí, se vyskytovala u otázek t_01, t_03, t_07, orto_2. Nejhůře z hlediska správnosti byla hodnocena

otázka auto_4. Barevné body zobrazují správnost odpovědi kartografy a nekartografy. Půlené body označují shodnou správnost odpovědí obou uvedených skupin. Ve většině případů byla správnost odpovědí u kartografů vyšší, a to až na čtyři případy, jež jsou označeny křížkem nad příslušnou otázkou. V těchto případech je nekartografové ve správnosti předčili. Jednalo se o otázky t_02, auto_3, auto_5 a k_1. Nejvýraznější rozdíly byly zaznamenány u otázek t_06, t_09 a kd_2, mezi nimiž byl přibližně 20% rozdíl ve správnosti. O něco menší, zhruba 10% rozdíly, lze vysledovat u otázek t_08, t_10, auto_3 a k_1. Shoda ve správnosti odpovědí u obou skupin se objevuje v případech otázek t_01, t_03, t_07, orto_2 a kd_1, kde dosahuje správnosti rovné nebo velmi blízké 100 %. V případech t_11 a auto_1 panuje taktéž shoda, nicméně s výrazně nižší správností.

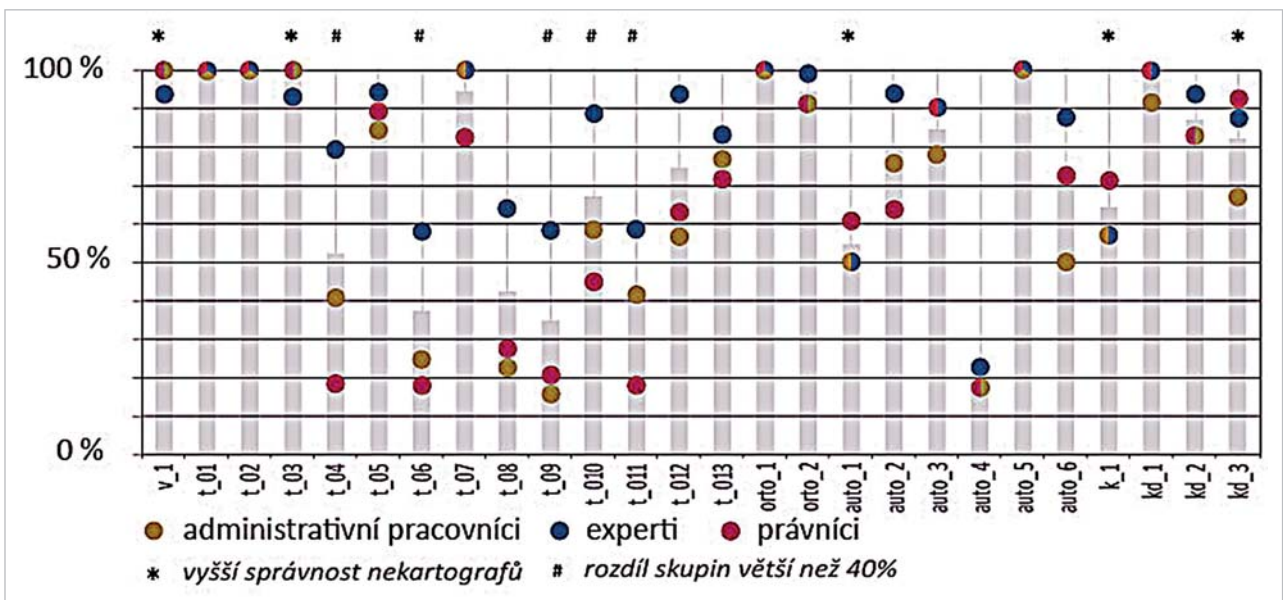
Dále byla hodnocena správnost odpovědí ve vztahu k dalším doplňujícím otázkám, konkrétně věku, pohlaví, vzdělání, četnosti používání map a dovednosti při používání map. Ani v jednom z uvedených vztahů se při použití různých statistických metod (průměr, medián, modus) nepodařilo prokázat významnější vztah mezi úspěšností v testu a danou doplňující otázkou.

3.3 Výsledky eye-tracking experimentu

Správnost odpovědí zaznamenaných během eye-tracking experimentu je zobrazena na obr. 5. Šedé sloupce udávají



Obr. 4 Správnost odpovědí v on-line dotazníkovém šetření

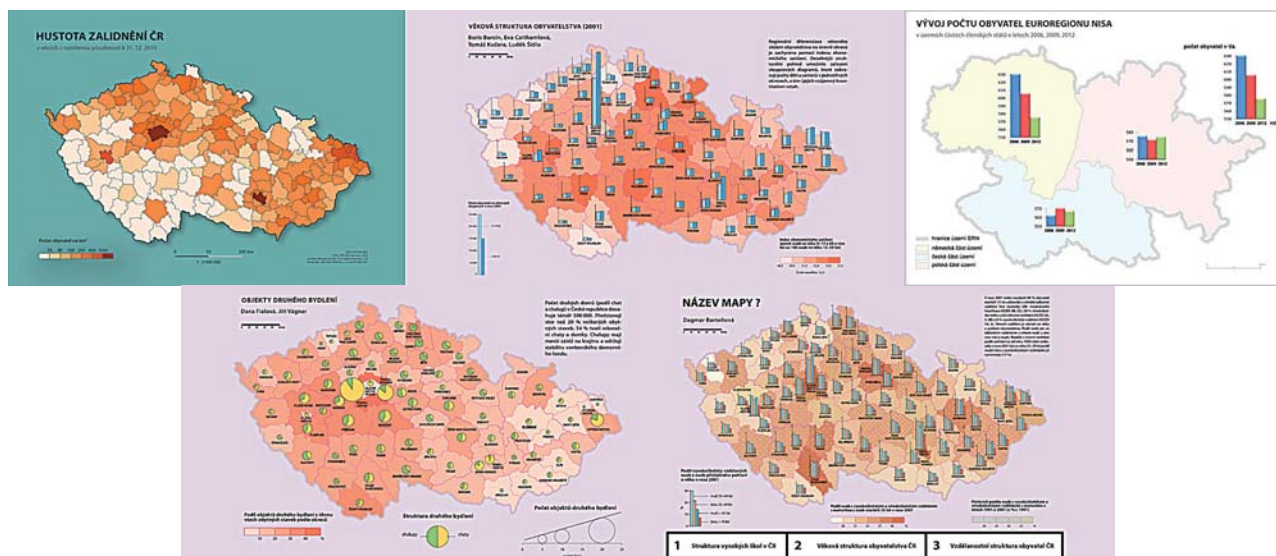


Obr. 5 Správnost odpovědí v eye-tracking případové studii

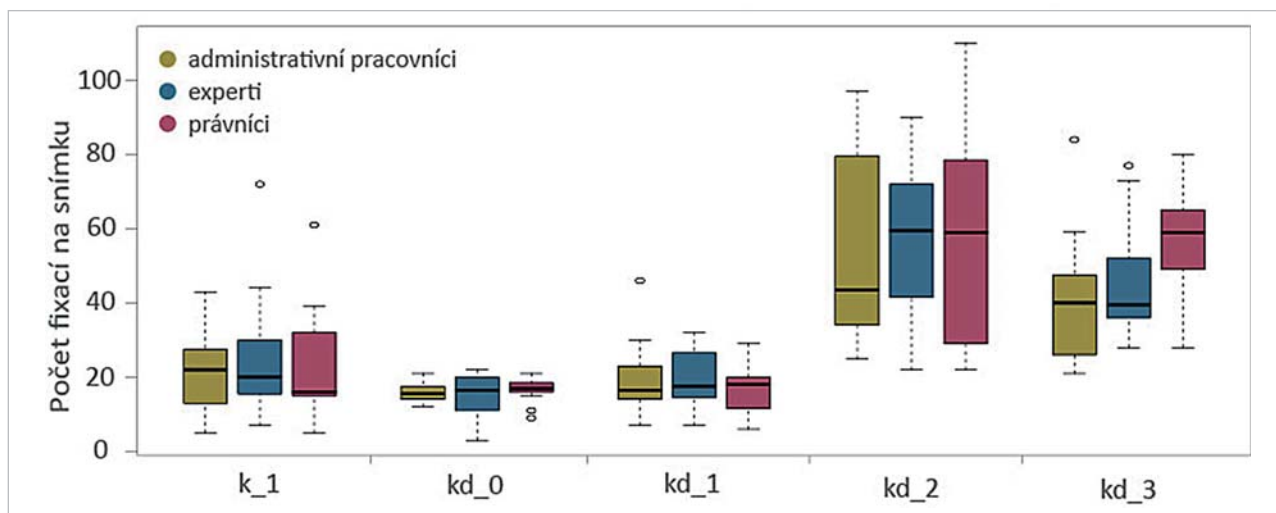
průměrnou správnost odpovědí všech respondentů. Nejvyšší, tedy 100% správnost ve všech skupinách, se vyskytovala u otázek t_01, t_02, orto_1 a auto_5. Nejhorší z hlediska průměrné správnosti byla hodnocena otázka auto_4. Dalšími otázkami, jejichž celková průměrná úspěšnost se pohybovala pod 50 %, byly t_06, t_08, t_09 a t_11. Barevné body zobrazují správnost tří sledovaných skupin. Půlené body označují shodnou správnost odpovědí dvou uvedených skupin. Struktura dělení bodu na třetiny udává shodnou správnost ve všech třech sledovaných skupinách. Ve většině případů byla správnost odpovědí expertů vyšší než u zbývajících dvou skupin až na 5 případů označených nad danou otázkou křížkem. U otázek v_1, t_03, auto_1, k_1 a kd_3 byla zjištěna vyšší správnost buď u skupiny administrativních pracovníků, nebo u skupiny právníků. V otázkách auto_1 a k_1 pak byla úspěšnost expertů

shodná s administrativními pracovníky, avšak průměrně horší než u skupiny právníků. Pouze u otázky kd_3 se průměrná správnost expertů vyskytovala mezi skupinou právníků a administrativních pracovníků. Nejhorší průměrný výsledek právníků byl v otázce t_04, t_06, t_11 a auto_4. Nadprůměrně si naopak právníci vedli v otázkách auto_1, auto_3, k_1, kd_1 a kd_3.

Administrativní pracovníci vynikali nad průměrem v otázkách v_1, t_03, t_07, t_11 a t_13 a nejhůře dopadli v otázkách t_08, t_09 a auto_4. Nejhorší výsledek expertů byl zaznamenán u otázky auto_4 a auto_1. Největší rozdíly mezi jednotlivými skupinami jsou v grafu označeny pomocí #. Jednalo se o otázky t_04, t_06, t_09, t_10 a t_11, u nichž byl rozdíl mezi správnostmi nejlepší a nejhorší skupiny větší než 40 %. Další, o něco nižší rozdíl mezi skupinami, byl zaznamenán u otázek t_08 a t_12.



Obr. 6 Stimuly obsahující kartogramy a kartodiagramy; zleva k_1, kd_0, kd_1, kd_2, kd_3



Obr. 7 Délka trajektorie na snímcích kartogramů a kartodiagramů

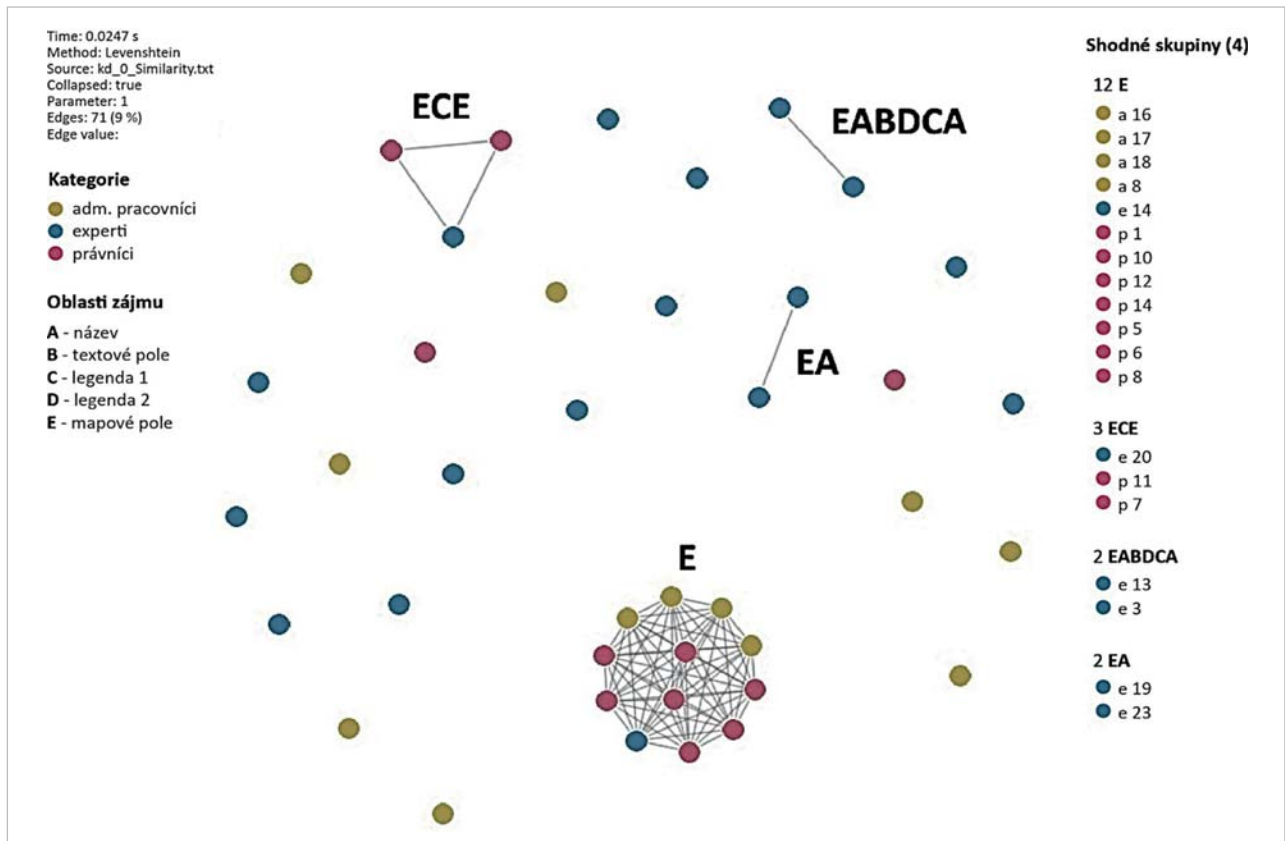
3.4 Eye-tracking analýza kartogramů a kartodiagramů

Pro detailní hodnocení naměřených eye-tracking dat byla pro tento článek vybrána kategorie kartogramů a kartodiagramů. Na obr. 6 je znázorněno všech pět stimulů spadajících do této kategorie.

V boxplotu na obr. 7 jsou znázorněny počty zaznamenaných fixací při řešení jednotlivých úloh zaměřených na kartogramy a kartodiagramy. Mezi studovanými skupinami respondentů nebyl ani v jednom případě zaznamenaný statisticky významný rozdíl. Přesto lze z boxplotu vyčíst, že úloha kd_2 byla pro respondenty nejnáročnější. Největší rozdíly mezi skupinami byly zaznamenány právě u této úlohy, kdy úředníci pro řešení úkolu potřebovali méně fixací než ostatní skupiny. Rozdíly mezi skupinami byly zaznamenány rovněž v případě stimulu kd_3, kde byl nejvyšší počet fixací zaznamenan u právníků. V dalším kroku byly detailně studovány strategie respondentů při řešení zadaných úkolů pomocí nástroje ScanGraph. V této části jsou rovněž detailně popsány úkoly, které respondenti nad mapami řešili.

Prvním analyzovaným stimulem byl kartogram s označením k_1. Úkolem v tomto případě bylo v mapě označit obec s hustotou zalidnění 200 – 400 obyvatel na km². Jako překvapivě se ukázalo, že nejvíce správných odpovědí bylo zaznamenáno ve skupině právníků. Pomocí analýzy nástrojem ScanGraph bylo při nastavení 100% podobnosti pořadí navštívených oblastí zájmu objeveno šest skupin respondentů, jejichž členové však patřili do různých skupin. Největší nalezená skupina byla složena z osmi respondentů (4e, 2p, 2a), kteří při řešení úkolu zvolili pořadí navštívených oblastí zájmu EBEBE. Písmenem E bylo označeno mapové pole, B označovalo legendu. Tito respondenti tak správně zjistili, že měřítko ani tiráž pro řešení úkolu potřebovat nebudou. Stejně tak jejich pohled nesměřoval na název mapy. To, že mapa opravdu popisuje hustotu zalidnění, si totiž mohli ověřit z popisku legendy.

Další stimuly už obsahovaly kartodiagramy nebo kombinaci kartogramů a kartodiagramů. U prvního z nich, označeného jako kd_0 nemuseli respondenti řešit žádný úkol a mapa byla všem zobrazena po dobu 5 s. Cílem stimulu bylo zjistit, jestli existují rozdíly ve způsobu prohlížení mapy v rámci zkoumaných skupin. Při analýze dat po-



Obr. 8 Analýza pomocí nástroje ScanGraph úkolu kd_0

mocí nástroje ScanGraph a stejného nastavení jako v předchozím případě byly objeveny čtyři skupiny, z nichž ta nejvýznamnější, dvanáctičlenná, obsahuje zejména administrativní pracovníky a právníky, tedy respondenty bez kartografického vzdělání (7p, 4a, 1e). V této skupině byl obsažen pouze jeden kartograf, a to respondent e14. Tato skupina se vyznačovala tím, že se její členové během pětivteřinového prohlížení dívali pouze do mapy a vůbec se nepodívali na další kompoziční prvky mapy. Při detailní analýze dat bylo zjištěno, že experti se během této doby stihli podívat na téměř všechny kompoziční prvky obsažené ve stimulu. Průměrná délka sekvence navštívených oblastí zájmu oblastí zájmu byla u expertů 4,7, zatímco například u právníků pouze 2,2. Výstup nástroje ScanGraph pro stimulus kd_0 je znázorněn na obr. 8.

Úkolem na stimulu kd_1 bylo v mapě označit část území, ve které byl v roce 2006 nejnižší počet obyvatel. Vysoká míra správnosti odpovědí naznačuje, že čtení jednoduchého kartodiagramu nedělá respondentům potíže. Při analýze dat pomocí nástrojem ScanGraph byla podobnost pořadí navštívených oblastí zájmu nastavena na 70 %. Oblasti zájmu byly označeny okolo všech kompozičních prvků mapy a okolo všech tří zobrazených kartodiagramů. Při této analýze byla objevena šestičlenná skupina (3p, 2e, 1a) vyznačující se tím, že respondenti se zaměřili pouze na mapové pole a porovnávali tři zde zobrazené kartodiagramy. Sekvence navštívených oblastí zájmu tedy obsahovala pouze písmena D, E a F.

V dalším úkolu, označeném jako kd_2 měli respondenti označit okres, ve kterém je nejnižší podíl objektů druhého bydlení a zároveň nejnižší počet objektů druhého bydlení v tisících. Tento úkol byl tedy náročnější, neboť respondenti museli hledat v mapě dvě různé informace a zkom-

binovat práci s kartogramem a kartodiagramem. Tato složitost úkolu se projevila zejména na počtu nutných fixací (viz obr. 7). Správnost odpovědí u kartografů sice dosáhla 94 %, ale v případě dalších dvou skupin respondentů byla pouze 82 % (viz obr. 5). Zajímavé je, že kartografové strávili v legendě mapy nejkratší dobu a přesto měli vyšší správnost odpovědí. Z důvodů složitosti úkolu, a tím pádem nezbytně komplexnější strategie čtení jednotlivých oblastí zájmu, byly pomocí ScanGraph nalezeny pouze dvojice respondentů s podobným pořadím navštívených oblastí zájmu, a to i při nastavení prahové hodnoty na 75 %. Průměrná délka řešení tohoto úkolu byla napříč skupinami 23,5 s.

Posledním úkolem experimentu zaměřeným na kartogramy a kartodiagramy byl stimulus s označením kd_3. V tomto případě měli respondenti za úkol vybrat správný název mapy. Nejvyšší správnosti v této otázce dosáhla skupina právníků. Ti dosáhli správnosti 91 %, ale zároveň u nich byl zaznamenán nejvyšší medián počtu fixací. Při analýze pomocí ScanGraph byly při nastavení 70% podobnosti pořadí navštívených oblastí zájmu zjištěny dvě skupiny respondentů s podobnou strategií. Respondenti v první z nich si postupně prohlédli všechny kompoziční prvky mapy. Respondenti ve druhé nalezené skupině si prohlédli pouze oblasti zájmu s označením CDEF, tedy mapové pole a všechny tři části legendy.

Nástroj ScanGraph umožňuje i analýzu více stimulů najednou. Díky velké různorodosti použitých stimulů však výsledky této analýzy nejsou příliš zajímavé. Při analýze všech pěti stimulů zaměřených na kartogramy a kartodiagramy a při nastavení průměrné 55% podobnosti pořadí navštívených oblastí zájmu bylo objeveno celkem 32 skupin respondentů. Největší z nich obsahuje 6 respondentů (3p, 3a).

4. Diskuse a závěr

Cílem studie představené v tomto článku bylo zjistit, zda budou zaznamenány rozdíly ve způsobu čtení mapy různými skupinami respondentů, a zda bude mít skupina expertů (kartografů) vyšší kartografickou gramotnost, tedy zda dosáhne výrazně lepších výsledků než respondenti bez kartografického vzdělání. Ve studii bylo využito 26 map ze čtyř kategorií. Při vyhodnocování výsledků se ukázalo, že studie byla pojata příliš široce, nicméně při užším zaměření (například pouze na jeden typ map) by nedošlo ke komplexnímu hodnocení kartografické gramotnosti, ale pouze k hodnocení práce s tímto specifickým druhem map.

Pro dosažení cíle studie bylo využito dvou metod, a to dotazníkového šetření a záznamu pohybu očí pomocí eye-trackingu. Z hodnocení obou částí studie bylo zjištěno, že respondenti s kartografickým vzděláním dosáhli vyšší správnosti odpovědi, ale rozdíl nebyl nijak markantní. V případě on-line dotazníku byli kartografové lepší pouze o 4 %. V případě eye-tracking experimentu byla skupina expertů o 14 % lepší než další dvě studované skupiny respondentů.

Díky technologii eye-trackingu bylo možné detailně zkoumat nejen odpověď respondenta, ale také způsob, jakým se k dané odpovědi dopracoval. A právě tyto výsledky se ukázaly jako velmi zajímavé. V mnoha případech se totiž ukázalo, že experti volí při čtení mapy diametrálně odlišnou strategii než respondenti bez kartografického vzdělání.

Použité metody se tedy ukázaly jako velmi přínosné. Analýza eye-tracking dat odhalí detaily strategie čtení stimulu, zatímco z on-line dotazníkového šetření je možné zjistit správnost a časovou náročnost řešení úkolů u velké množství respondentů.

Článek byl vytvořen v rámci projektu *Výzkum a aplikace metod geoinformatiky pro řešení prostorových jevů reálného světa (IGA_PrF_2019_014) s podporou interní grantové agentury Univerzity Palackého v Olomouci.*

LITERATURA:

- [1] MACEACHREN, A. M.: How maps work: representation, visualization and design. New York: Guilford Press, 1995. ISBN 1-57230-040-X. information science, 2001, No. 28, Vol. 1, pp. 3-12.
- [2] VOŽENÍLEK, V.: Geoinformatická gramotnost: nezbytnost nebo nesmysl? Geografie – Sborník ČGS. 2002, 107, 4, s. 371-382.
- [3] PRAVDA, J.: Kartografická gramotnosť, čítanie máp a generovanie poznatkov z máp. Geodetický a kartografický obzor 47(89), 2001, č. 8-9, s. 213-216.
- [4] PUCHER, A.: Use and users of the ÖROK-Atlas online. *The Cartographic Journal*, 2008, 45.2: pp. 108-116.
- [5] KRAMERS, R. E.: The atlas of Canada - User centred development. In: *Multimedia cartography*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007, pp. 139-160.
- [6] TSOU, M.-H.-CURRAN, J. M.: User-centered design approaches for web mapping applications: A case study with USGS hydrological data in the United States. In: *International perspectives on maps and the Internet*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008, pp. 301-321.
- [7] LOBBEN, A.: Tasks and Cognitive Processes Associated with Navigational Map Reading: A Review Perspective, *The Professional Geographer*, 2004, 56(2), pp. 270-81.
- [8] ROBINSON, A. H.: *The Look of Maps*. Madison: University of Wisconsin Press, 1952.
- [9] SHANNON, C. E.-WEAVER, W.: *The mathematical theory of communication*. 1949. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1963.
- [10] NIVALA, A. M. et al.: *Usability perspectives for the design of interactive maps*. Helsinki University of Technology, 2007. ISBN 978-951-2289-431.
- [11] KOLÁČNÝ, A.: Užití kartografie cesta k optimální účinnosti kartografické informace. *Geodetický a kartografický obzor* 15(57) 1969, č. 10, s. 239-244.
- [12] MORRISON, J. L.: The science of cartography and its essential processes. *International yearbook of cartography*, 1977, 16, pp. 58-71.
- [13] BOARD, CH.: Map reading tasks appropriate in experimental studies in cartographic communication. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 1978, Vol. 15, No. 1, pp. 1-12.
- [14] GRYGORENKO, W.: *A cybernetic model of cartographic communication*. Internationales Jahrbuch für Kartographie. Kirschbaum, Bonn, 1984, pp. 95-107.
- [15] LECHTHALER, M.: Cartographic models as a basis for geocommunication. In: D. Kereković (ed.). *Geographical Information Systems in research & practice*, 2004.
- [16] ŠAŠINKA, Č.: *Interindividuální rozdíly v percepci prostoru a map*. Brno, 2012. Disertační práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. Vedoucí práce Josef Švancara. [online]. [cit. 2018-07-12] Dostupné na: http://is.muni.cz/th/44276/ff_d/.
- [17] ZBOŘIL, J.: *Kontextová kartografická vizualizace a její využití v krizovém managementu*. Brno, 2010. Disertační práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. [online]. [cit. 2018-07-12]. Dostupné na: http://is.muni.cz/th/23501/prif_d/.
- [18] ROBINSON, A. H.-PETCHENIK, B. B.: *Nature of maps*. University of Chicago Press, 1976.
- [19] KUBÍČEK, P.-STACHOŇ, Z.-HAVLÍČEK, Z.: *Nové mapové technologie v kartografické komunikaci*. Kartografické listy. 2009, 17, s. 100-107.
- [20] PETCHENIK, B. B.: Cognition in cartography. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 1977, Vol. 14, No. 1, s. 117-128.
- [21] KING, R.: On Geography, Cartography and the „Fourth Language“. [online]. 1982 [cit. 2018-07-12]. Dostupné na: <http://raphael.geography.ad.bgu.ac.il/ojs/index.php/GRF/article/view/33/29>.
- [22] MONTELLLO, D. R.: Cognitive map-design research in the twentieth century: Theoretical and empirical approaches. *Cartography and Geographic Information Science*, 2002, Vol. 29, No. 3, pp. 283-304.
- [23] NIŽNANSKÝ, B.: Mapa ako zdroj informácie. *Kartografické listy*. 1997, č. 5, s. 29-40.
- [24] SCHEE, Van Der-DIJK, H. Van: The effect of student freedom of choice in learning map skills. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 1999, 8.3: pp. 256-267.
- [25] RODEROVÁ, P.: *Tvorba typizovaných kartografických úloh pro procvičování kartografické gramotnosti*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. [online]. [cit. 2018-07-17]. Dostupné na: https://is.muni.cz/th/371461/pedf_b/BP_Roderova.pdf.
- [26] HOJOVEC, V.-DANIŠ, M.-HÁJEK, M.-VEVERKA, B.: *Kartografie*. 1. vyd., Praha, Geodetický a kartografický podnik, 1987, 660 s.
- [27] NOVÁK, V.-MURDYCH, Z.: *Kartografie a topografie*. 1. vyd., SPN, Praha, 1988.
- [28] VOŽENÍLEK, V.-KAŇOK, J. a kol.: *Metody tematické kartografie: vizualizace prostorových jevů*. Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky, 2011.
- [29] POPELKA, S.-STACHOŇ, Z.-ŠAŠINKA, C.-DOLEŽALOVÁ, J.: EyeTribe Tracker Data Accuracy Evaluation and Its Interconnection with Hypothesis Software for Cartographic Purposes. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2016, pp. 1-14 [online]. Dostupné na: <https://doi.org/10.1155/2016/9172506>.
- [30] POPELKA, S.: Optimal eye fixation detection settings for cartographic purposes. Paper presented at the 14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Albena, Bulgaria.
- [31] GOLDBERG, J. H.-KOTVAL, X. P.: Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1999, 24.6: pp. 631-645.
- [32] DOLEŽALOVA, J.-POPELKA, S.: ScanGraph: A novel Scanpath Comparison. Method Using Visualisation of Graph Cliques. Olomouc, 2016. [online]. [cit. 2018-06-1]. Dostupné na: https://bop.unibe.ch/index.php/JEMR/article/download/2522/pdf_945v3.

Do redakce došlo: 28. 8. 2018

Lektoroval:
doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.,
Fakulta stavební, ČVUT v Praze