

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra geoinformatiky

VLIV STÍNOVÁNÍ NA KOGNICI MAP

Bakalářská práce

Martin GABRYŠ

Vedoucí práce Mgr. Stanislav Popelka, Ph. D.

Olomouc 2017
Geoinformatika a geografie

ANOTACE

Stínování je metoda zobrazení výškopisu, která se používá ve velkém množství map. Není však jasné, zda opravdu pomáhá uživatelům při představování složitosti reliéfu. Proto je hlavním cílem bakalářské práce zjistit, zda je stínování dostatečnou formou zobrazení výškopisu, či pouze vhodným doplňkem jiných metod.

Mezi teoretické cíle práce patří podrobná rešerše literatury věnující se metodám vizualizace výškopisu, stínováním v mapách a hodnocením metod vizualizace terénu. Součástí rešerše je také analýza dostupných mapových portálů obsahujících stínování. Hlavním cílem bakalářské práce je eye-tracking testování a hodnocení uživatelského čtení stínovaných a nestínovaných map. Součástí práce je také dotazníkové šetření, kterého se zúčastnilo 409 respondentů. Díky tomu byly zjištěny preference uživatelů. Na základě dotazníkového šetření byly vytvořeny stimuly pro eye-tracking experiment, kterého se zúčastnilo celkem 40 respondentů (kartografů i nekartografů).

Eye-tracking experiment se zabývá srovnáním směru osvitů 337,5° (NNW) a 315° (NW) a efektem inverzního reliéfu při nastavení směru osvitů 135° (SE). Dále jsou porovnávány různé typy map z mapových portálů obsahujících stínování s mapami bez stínování. V poslední části experimentu jsou testovány alternativní metody vizualizace výškopisu.

Výsledkem práce je potvrzení výsledků jiné studie, kde bylo dokázáno, že při směru osvitů 337,5°(NNW) bylo dosahováno lepších výsledků při identifikaci terénu. Následovalo také ověření efektu inverzního reliéfu a jeho vlivu na uživatelské čtení map. Dalším výsledkem je zjištění vlivu stínování na kognici map, kdy stínování je vhodným doplňkem vrstevnic a kót pro vizualizaci terénu. Záleží však na informaci, kterou chce čtenář z mapy získat a také na množství prvků v mapě. Dále bylo zjištěno, že samotné stínování nestačí k vyvolání dostatečné představy o průběhu terénu. V případě volby stínovaného reliéfu, jakožto reprezentace povrchu je vhodné použít méně výrazné stínování. V poslední řadě byly vybrány vhodné alternativní metody vizualizace stínovaného reliéfu a terénu.

Bakalářská práce obsahuje ucelený pohled na problematiku vhodnosti stínování v mapách.

KLÍČOVÁ SLOVA

stínování; uživatelské testování; eye-tracking.

Počet stran práce: 70

Počet příloh: 11 (9 vázaných, 2 volné)

ANOTATION

Shading is method of depiction of height used in a lot of maps. But it is not clear if it is really helps with vision complexity of relief for users. Main goal of bachelor's work is determination if the shading is sufficient form of depiction height or it is only suitable complement for other method.

Within theoretical goals belong a detailed review of literature including other methods of visualization elevation, shading maps and rating other methods of terrain visualization. Part of the research is the analysis of available map portals including shading. Main goal of this bachelor's work is the eye-tracking testing rating of users reading the shaded and unshaded maps. The work also includes a survey of 409 respondents. Thanks to survey preferences of users were detected. Based on survey were created stimulus for eye-tracking experiment which was attended by total of 40 respondents (Cartographers and Noncartographers).

Eye-tracking experiment deals with comparison of the light direction $337,5^{\circ}$ (NNW) and 315° (NW) and effect of inverse relief with setting light direction 135° (SE). Furthermore, there is compared various types of maps from map portals including shading with maps without shading. In the last part of the experiment there is alternative methods of altimetry visualization tested.

The result of bachelor's work is acknowledgement other studies about light direction $337,5^{\circ}$ (NNW) which showed better results in the identification of relief. Followed also evaluate the effect of inverse relief and its impact on the user reading a map. In eye-tracking testing is verification of inverse relief and impact on the user map reading. Another result is determine the influence of shading on map cognition where shading is a suitable complement to the contours and dimensions to visualize the terrain. It depends on the information which the reader wants to get out of the map and also on the number of items in the map. Other finding is, that the shading alone is not enough to produce a sufficient idea of the terrain shape. When selecting a relief, as a representation of the surface, usage of less expressive shading is recommended. Finally, they were selected suitable alternative methods of shaded relief and terrain visualization.

Bachelor's work contains comprehensive view on the issue of the appropriateness in map shading.

KEYWORDS

Shading; user-testing; eye-tracking

Number of pages 70

Number of appendixes 11

Čestně prohlašuji, že

- bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu,
- jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užívat (§ 35 odst. 3),
- souhlasím, aby jeden výtisk bakalářské práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,
- souhlasím, že údaje o mé bakalářské práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,
- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé bakalářské práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona, použít výsledky a výstupy mé bakalářské práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Olomouci dne

Martin Gabryš

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Mgr. Stanislavu Popelkovi, Ph.D. za vedení bakalářské práce, podněty, poznámky a rady při vypracování.

Poděkování patří účastníkům dotazníkových šetření a především těm, kteří se zúčastnili eye-tracking experimentu a svou účastí na testování přispěli k realizaci této práce.

Moje poděkování patří také mé rodině a přítelkyni za jejich neustálou podporu po dobu mého studia.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin GABRYŠ**
Osobní číslo: **R14486**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika a geografie**
Název tématu: **Vliv stínování na kognici map**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem bakalářské práce je eye-tracking hodnocení uživatelského čtení stínovaných a nestínovaných map. V rámci práce budou pomocí GIS software (např. TerrainTools pro ArcGIS) vytvořeny dvě varianty map. Na jedné z nich bude terén znázorněn pomocí vrstevnic a kót, na druhé bude doplněn o stínovaný reliéf. Kromě vytvořených map může student použít i hotové mapy z různých zdrojů. Celkem bude práce obsahovat alespoň čtyři různé typy map (např. běžný hillshade, hillshade z TerrainTools, mapy z Mapy.cz a mapy z Swiss World Atlas), vždy ve variantě bez stínování a se stínováním.

Tyto mapy budou použity jako stimuly pro eye-tracking hodnocení, kterého se zúčastní nejméně 40 respondentů. Polovina z nich bude mít kartografické vzdělání, druhá polovina budou respondenti bez kartografického vzdělání. Úkoly v experimentu budou zaměřeny tak, aby bylo nutné si zobrazený terén představit (ne hledání určitého místa, ale například hledání nejstrmějšího svahu). Eye-tracking experiment bude doplněn o dotazník zaměřený na subjektivní hodnocení stínování uživateli.

Naměřená data budou vhodnými metodami vizualizována a statisticky vyhodnocena. Práce by měla odpovědět na otázku, zda je vhodné používat stínované mapy či nikoliv.

Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně vytvoří zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI. Povinnou přílohou práce bude poster formátu A2.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

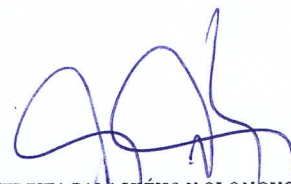
Seznam odborné literatury:

BOJKO, A. Eye tracking the user experience: A practical guide to research. Edition ed.: Rosenfeld Media, 2013. 320 p.
HOLMQVIST, K., M. NYSTRÖM, R. ANDERSSON, R. DEWHURST, et al. Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures. Edition ed.: Oxford University Press, 2011. 537 p.
IMHOF, E. Cartographic relief presentation. Edition ed.: ESRI, Inc., 2007. 388 p.
POPELKA, S. Hodnocení 3D vizualizací v GIS s využitím sledování pohybu očí. Edition ed. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, 2015. 167 p.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Stanislav Popelka, Ph.D.**
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce: **15. června 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2017**



UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOINFORMATIKY
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc
-1-

L.S.

prof. RNDr. Ivo Frébort, CSc., Ph.D.
děkan

prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 15. června 2016

Obsah

| | | |
|------------|---|-----------|
| | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK..... | 9 |
| | ÚVOD..... | 10 |
| 1 | CÍLE PRÁCE..... | 11 |
| 2 | METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ | 12 |
| 2.1 | Použité metody..... | 12 |
| 2.2 | Použitá data a programy | 12 |
| 2.3 | Postup zpracování | 13 |
| 3 | METODY VIZUALIZACE TERÉNU | 14 |
| 3.1 | Výškopis..... | 14 |
| | 3.1.1 Historie..... | 14 |
| | 3.1.2 Metody zobrazení výškopisu | 16 |
| 3.2 | Stínování v mapách | 19 |
| | 3.2.1 Historie..... | 19 |
| | 3.2.2 Stínování | 21 |
| | 3.2.3 Techniky tvorby stínování..... | 24 |
| | 3.2.4 Design metody stínování..... | 29 |
| | 3.2.5 Software pro tvorbu stínování..... | 31 |
| 4 | METODY HODNOCENÍ VIZUALIZACE TERÉNU | 32 |
| 4.1 | Hodnocení turistických map | 32 |
| 4.2 | Hodnocení vizualizace terénu | 33 |
| 4.3 | Hodnocení stínování v mapách | 34 |
| 5 | HODNOCENÍ KOGNICE STÍNOVÁNÍ V MAPÁCH | 37 |
| 5.1 | Dotazníkové šetření..... | 37 |
| | 5.1.1 Obsah dotazníku | 37 |
| | 5.1.2 Odpovědi na dotazník | 37 |
| 5.2 | Příprava eye-tracking testování..... | 39 |
| | 5.2.1 Průběh a design experimentu | 41 |
| | 5.2.2 Testování – část 1 | 43 |
| | 5.2.3 Testování – část 2 | 44 |
| | 5.2.4 Testování – část 2a | 45 |
| | 5.2.5 Testování – část 2b | 45 |
| | 5.2.6 Testování – část 3 | 46 |
| | 5.2.7 Účastníci experimentu | 46 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 5.3 | Vyhodnocení eye-tracking testování | 46 |
| 5.3.1 | Vyhodnocení – část 1 | 47 |
| 5.3.2 | Vyhodnocení – část 2 | 50 |
| 5.3.3 | Vyhodnocení – část 2a | 51 |
| 5.3.4 | Vyhodnocení – část 2b | 54 |
| 5.3.5 | Vyhodnocení – část 3 | 59 |
| 6 | VÝSLEDKY | 63 |
| 7 | DISKUZE..... | 66 |
| 7.1 | Úvodní dotazníkové šetření..... | 66 |
| 7.2 | Metoda eye-tracking | 66 |
| 7.3 | Stimuly | 67 |
| 7.4 | Směr osvitu | 67 |
| 7.5 | Respondenti experimentu | 68 |
| 7.6 | Stínování v mapách | 68 |
| 8 | ZÁVĚR | 70 |
| | POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE..... | 78 |
| | SEZNAM ILUSTRACÍ..... | 78 |
| | SEZNAM TABULEK | 78 |
| | SEZNAM GRAFŮ | 78 |

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| Zkratka | Význam |
|----------------|---------------------------------|
| DEM | Digital Elevation Model |
| AOI | Areas of Interest |
| ET | Eye-tracking |
| GIS | Geografický informační systém |
| KGI | Katedra geoinformatiky |
| SMI | Senso Motoric Instruments |
| SW | Software |
| UPOL | Univerzita Palackého v Olomouci |
| DTM | Digital Terrain Model |
| GIS | Geographic Information System |
| NW | north-west – severo-západ |
| NNW | north-west – severo-severozápad |
| SE | south-east – jiho-východ |

ÚVOD

Stínování je způsob znázornění výškopisu založený na nasvícení terénu. Vychází z představy nasvícení plastického modelu reliéfu vhodným způsobem, kdy je následně daný obraz zachycen na mapovém listu (Veverka a Zimová, 2008).

V odborné literatuře se můžeme setkat s řadou studií zabývajících se způsoby zobrazení povrchu pomocí stínování, které je používáno již od začátku 16. století.

Existují tři základní způsoby stínování. Podle Imhofa (2007) je to stínování svahů (slope shading), šikmé stínování (oblique shading nebo hillshading) a kombinované stínování (combined shading), které je kombinací předchozích dvou.

Řada profesionálů i neprofesionálů v oblasti kartografie vytváří denně mnoho map, kde znázorňují výškopis pomocí stínování. Na druhou stranu vzniká spousta map, u nichž je výškopis znázorněn pouze pomocí vrstevnic a kót.

Cílem této bakalářské práce je eye-tracking hodnocení uživatelského čtení stínovaných a nestínovaných map. Tato práce by měla vymezit nejvhodnější metodu či kombinaci metod zobrazení výškopisu v případě, kdy čtenář mapy pracuje s terénem. Testování se budou účastnit jak kartografové věnující se především tvorbě map, tak "nekartografové" tvořící většinu uživatelů kartografického produktu. Uživatelem může být například turista, který hledá na mapě trasu s nejmenším převýšením pomocí vrstevnic, kót nebo pomocí stínování. U poslední zmiňované metody ale není jasné, jak na čtenáře mapy působí, a proto je potřeba to zjistit.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je eye-tracking hodnocení uživatelského čtení stínovaných a nestínovaných map. Stínování je metoda zobrazení výškopisu, která je hojně využívaná i přes nejasné důkazy snadnější vizualizace složitosti reliéfu. Hlavním cílem bakalářské práce je zjištění, zda je stínování vhodným zobrazením výškopisu v mapě či pouze vhodným doplňkem jiných metod.

Mezi teoretické cíle práce patří podrobná rešerše literatury věnující se metodám vizualizace výškopisu, stínováním v mapách a hodnocením metod vizualizace terénu a také provedení analýzy existujících mapových portálů.

Začátkem praktické části bude vytvořeno dotazníkové šetření, na základě kterého budou vybrány stimuly pro eye-tracking experiment. Cílem je vytvoření dvou variant map, kde například na jedné z nich bude terén znázorněn pomocí vrstevnic a kót, na druhé bude doplněn stínovaným reliéfem. Tyto dvojice budou zobrazovat stejné území a z důvodu, aby si respondenti nezapamatovali odpovědi, bude mezi oběma testy alespoň třídenní pauza.

Eye-tracking testování se zúčastní nejméně 40 respondentů. Polovina z nich bude mít kartografické vzdělání, druhá polovina budou respondenti bez kartografického vzdělání. Oba testy budou mít podobnou strukturu, počet stimulů a budou rozděleny do tří částí. Úkoly v experimentu budou zaměřeny tak, aby bylo nutné si zobrazený terén představit. Cílem první části bude porovnat směry osvitů NW (315°), NNW (337,5°) a SE (135°). Ve druhé části testu budou srovnávány zobrazení výškopisu pomocí stínování, vrstevnic a kót. Stimuly pro druhou část budou vytvořeny formou screenshotů z vybraných mapových portálů s pomocí toolboxu Terrain Tools Sample v1.1.

Výsledkem bude tvrzení o nejlépe zvoleném směru osvitů a také o vhodně zvolených metodách zobrazení výškopisu a jejich kombinacích. Součástí výsledku bude také porovnání skupin respondentů.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Pro stanovení metod využitých v bakalářské práci byla nejprve pečlivě prostudována literatura týkající se metod zobrazení výškopisu, zaměřené především na stínování v mapách, ale také na způsoby hodnocení vizualizace reliéfu. Na základě databáze podle práce s názvem *Frekvence využívání mapových metod na mapových portálech* (Nétek, 2008) byly dohledány dostupné mapové portály. Kromě využití informací z této databáze byly dohledány další mapové portály. Z těchto zdrojů byl proveden výběr k tvorbě obrázků do on-line dotazníku vzniklého za účelem přiblížení uživatelských potřeb. Vybrané mapové portály byly později použity pro tvorbu stimulů do eye-tracking experimentu.

Výsledky testování byly statisticky vyhodnoceny a vhodně vizualizované.

2.1 Použité metody

Bakalářská práce byla zpracována s využitím nejmodernějších dostupných metod. Ke zpracování literární rešerše, byly využity knižní zdroje, elektronické odborné příspěvky, odborné studie a on-line odborné publikace.

V přípravné fázi před navržením eye-tracking experimentu byly hodnoceny mapy a mapové portály prostřednictvím on-line dotazníku zrealizovaného v prostředí Google Forms. Výsledky tohoto šetření poskytly podněty pro navrhovaný eye-tracking experiment. Online dotazník byl použit z důvodu rychlého šíření prostřednictvím internetu (pomocí e-mailových schránek, sociálních sítí a dalších), rychlé aktualizace a dostupnosti. Hlavní využívanou metodou v této práci je metoda eye-tracking.

Jedním z nejčastějších způsobů vyhodnocení eye-tracking dat je statistické vyhodnocení. Data byla prostřednictvím softwaru SMI BeGaze™ převedena do textových dokumentů. U těchto dat byla vyhodnocována správnost jednotlivých odpovědí v tabulkovém procesoru Microsoft Excel, čas strávený na snímcích a počty fixací na jednotlivých stimulech. Data byla statisticky zkoumána v softwaru RStudio prostřednictvím Kruskal Wallis testu a Posthoc Kruskal Wallis testu – metoda Tukey. Statistické zpracování dat bylo provedeno prostřednictvím boxplotů tzv. krabicových grafů. V rámci realizace práce byly využity odborné konzultace.

2.2 Použitá data a programy

Prvotní on-line dotazník byl vytvořen v prostředí Google Forms a následné statistické zpracování bylo provedeno v tabulkovém procesoru Microsoft Excel 2010.

Pro účely eye-tracking testu byly vytvořeny stimuly z webové aplikace Plan Oblique Europe ¹, která využívá data programu Copernicus (Global Monitoring for Environment and Security).

Pro druhou část testu byly použity vybrané mapové portály a to: Cykloserver.cz, Google Maps, HERE WeGo, Kompass, ČÚZK a platforma Mapbox.

U poslední části testu byla použita data Českého Úřadu Zeměměřického a Katastrálního, konkrétně Digitální model reliéfu 5. generace. Pomocí služby ArcGIS Online byly staženy části tohoto modelu, ze kterých pak byly v programu ArcMap 10.2a

¹ Zdroj: <http://cartography.oregonstate.edu/tiles/PlanObliqueEurope/>

nástroje Terrain Tools Sample v1.1 vytvořeny stimuly. Tyto mapové obrazy byly dále exportovány a v programu IrfanView 4.38 upraveny na velikost 1920 × 1200 px. V programu CorelDRAW X7 byly připraveny otázky a cvičné úlohy.

Zjišťování vlivu stínování na kognici map pomocí eye-tracking testu probíhalo v eye-tracking laboratoři na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci (UPOL). Pro snímání pohybu očí byl využit přístroj SMI RED 250 s frekvencí 250 Hz. Test byl vytvořen v programu SMI Experiment Center™.

Závěrečný export dat proběhl v programu SMI BeGaze™. Pro statistické zpracování bylo využito softwaru RStudio a tabulkového procesoru Microsoft Excel 2010.

2.3 Postup zpracování

Stanovení postupu práce (Obrázek 1) bylo konzultováno s vedoucím práce. Došlo k zohlednění teoretických i praktických cílů práce, které vedou k realizaci bakalářské práce a splnění jejího hlavního a předpokládaného cíle. Nejprve bylo zapotřebí podrobného prostudování literatury a dalších zdrojů souvisejících s danou problematikou. Neméně důležité bylo i podrobné prostudování několika desítek dostupných mapových portálů, z nichž se následně vybíraly podklady pro další práci.

Byl vytvořen on-line dotazník, který obsahoval obrázky z vybraných mapových portálů, obrázky vlastní tvorby a screenshoty z webové aplikace Plan Oblique Relief. Na základě všech odpovědí on-line dotazníku, kterého se zúčastnilo 409 respondentů, byly vytvořeny stimuly sloužící k testování pomocí technologie eye-tracking. Po seskupení stimulů byly vytvořeny dvě varianty eye-tracking testu spolu s danými úlohami.

Testu se zúčastnilo 20 respondentů s kartografickým vzděláním a 20 respondentů tvořili účastníci bez kartografického vzdělání, dále rozlišení na studenty prvního ročníku geoinformatiky s minimálními zkušenostmi (10) a ostatní zcela bez kartografického vzdělání (10). Po sesbírání dat byla provedena statistická analýza testování a analýza pohybu očí (tzv. eye-movement data). Závěrem byla validována kognice stínovaných map a jejich využitelnost jako samostatná metoda zobrazení výškopisu nebo jako kombinace více metod zároveň.

| POSTUP PRÁCE |
|---|
| ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE |
| STUDIUM LITERATURY Metody zobrazení výškopisu Metody hodnocení zobrazení výškopisu |
| TEORETICKÉ VYMEZENÍ PROBLEMATIKY Metody vizualizace terénu Stínování v mapách Metody hodnocení vizualizace terénu |
| ANALÝZA EXISTUJÍCÍCH MAPOVÝCH PORTÁLŮ České Zahraniční |
| ON-LINE DOTAZNÍK Google Forms – 409 respondentů |
| TVORBA STIMULŮ Webová aplikace: http://cartography.oregonstate.edu/tiles/PlanObliqueEurope/ Screenshoty z mapových portálů Vybrané metody Terrain Tools |
| NÁVRH EYE-TRACKING EXPERIMENTU 2 testování (po 3 a více dnech) rozdělení každého testu do dílčích částí |
| REALIZACE EYE-TRACKING EXPERIMENTU 20 zkušených uživatelů (kartografů) 10 méně zkušených uživatelů 10 nezkušených uživatelů |
| VYHODNOCENÍ EYE-TRACKING EXPERIMENTU Statistické hodnocení Hodnocení pohybu očí |
| WEBOVÉ STRÁNKY |
| POSTER |
| DOKONČENÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE |

Obrázek 1 Postup práce.

3 METODY VIZUALIZACE TERÉNU

3.1 Výškopis

Výškopis je podle Čapka a kol. (1992) obrazem reliéfu na mapě. Reliéfem se přitom rozumí zemský povrch, ať již vytvořený přírodními silami, nebo činností člověka. Reliéf je vytvořen vždy bez objektů a jevů na něm, nad ním a pod ním. Pro výškopis souše se užívá termín hypsometrie a pro výškopis zemského povrchu zakrytého vodou (mořského nebo jezerního dna) termín batymetrie.

Kartografické znázorňování tvarů zemského povrchu řeší úlohu, jak geometricky přesně a zároveň plasticky vyjádřit třetí rozměr. Pro účely kartografického znázorňování se detailně členěný reliéf nahrazuje spojitou vyhlazenou plochou, označovanou jako topografická plocha. Pro vyjádření výškopisu existuje řada metod kartografického znázorňování používající kartografické prostředky (například metoda barevné hypsometrie používá plošný znak – barvu).

Dříve se výška v terénu zobrazovala na mapě pouze přibližným nakreslením kopečků bez výškových poměrů, které se později začaly měřit a došlo tak k položení matematických základů k měření výškopisu (Čapek a kol., 1992).

Dnes existuje mnoho metod zobrazení výškopisu v mapách. Mezi tyto metody patří vrstevnice, kóty, barevná hypsometrie, šrafy, perspektivní pohled, stereoskopické 3D, stínování a další. Mezi nejpoužívanější z nich patří vrstevnice, barevná hypsometrie a stínování, které pouze z části doplňuje tyto metody. Díky stínování získá uživatel lepší představu o terénu, jelikož mapa pak působí více plasticky a dochází zde k trojrozměrnému efektu (Čapek a kol., 1992).

3.1.1 Historie

Podle Pravdy (2005) je georeliéf (zemský reliéf, reliéf povrchu Země) prvek obsahu mapy, který si na rozdíl od ostatních prvků zobrazených dvojrozměrně, vyžaduje i třetí rozměr. Tato zvláštnost byla příčinou mnoha způsobů a metod jeho zobrazení po dobu celé historie tvorby map. Na nejstarší známé mapové památce, tzv. Pavlovské mapě, pocházející z období asi 25 000 př. n. l., je georeliéf (ohraňovaný na rovinné kresbě obdélníkem) vyjádřený systémem paralelních zaoblených čar vyrytých do povrchu mamutiho klu. Způsob zobrazení georeliéfu na Pavlovské mapě je zvláštní a v dějinách zobrazování georeliéfu ojedinelý. Jedná se o ortogonální zobrazení s prvky perspektivy. Není známé, že by byl někde zopakován či napodoben.

Další zachovanou památkou je mapa Mezopotámie, asi z třetího tisíciletí před Kristem, na které je georeliéf poprvé znázorněn řadou kopečků (Pravda, 2005). Takové grafické vyjádření informovalo uživatele mapy pouze o charakteru zobrazované krajiny (Roček, 2008).

Popisem vývoje metod se důkladně zabýval Robinson (1960). Ten uvádí, že v 15. až 18. století se zobrazování povrchu Země vyvíjelo spolu s krajinou malbou. Oblíbené byly ptačí pohledy, perspektiva či šikmý pohled. Začátkem 16. století byly linie spojeny s body ve stejné nadmořské výšce (tzv. isarithmic map). Zmíněná metoda byla použita inženýry a kartografy v Holandsku a později i ve Francii. Isarithmické mapy byly prvně použity k zobrazení hladiny podzemní vody. Později byly využity k zobrazení rozložení suché půdy na Zemi. Tyto linie se staly známé v německém jazyce jako Hohenlinien, ve francouzském jazyce jako courbes de niveau a v anglickém jazyce jako Contour lines, tzv. konturovací linie neboli vrstevnice. Nevýhodou vrstevnic podle

vnímání tehdejších uživatelů (např. vojáci) byl nedostatek plasticity ve vyjádření terénu. Pro lepší vystižení plasticity terénu byla používána i metoda stínování vrstevnic (Dušátko, 2004).

Jiné metrické metody se staly známé v roce 1799. Australský armádní úředník Johann Georg Lehmann použil krátké přímočaré linie. Tyto linie nazýváme v německém jazyce jako Schraffen, v anglickém a francouzském jazyce jako hachures (Robinson, 1960). Lehmann do terénu zapojil numerické hodnoty a zavedl charakteristickou geometrii (Dušátko, 2004).

Během 18. století se v Evropě odehrál velký topografický pokrok. Šikmé zobrazení reliéfu bylo nahrazeno ptačí perspektivou. Symboly byly reprezentovány bez polohopisného posunutí. Objev litografie (Senefelder, 1796) umožnil zavedení barev do mapové tvorby a tisku map.

Podle Pravdy (2005) vznikla na základě vrstevnicové metody ve 30. letech 19. století dodnes používaná metoda hypsometrie, což je vyjádření výšek pomocí barevných vrstev, výškových stupňů. Metoda barevné hypsometrie je využívána ve dvou variantách: se stmívající se stupnicí (podle zásady „čím vyšší, tím tmavší“) a se zesvětlující se stupnicí („čím vyšší, tím světlejší“).

Metodou hypsometrie se zabýval i český kartograf Karel Kořistka. Tuto metodu aplikoval již v roce 1856 pro znázornění terénu Prahy a jeho okolí. Tento kartograf se stal klasikem hypsometrických a orografických směrů v geografii a kartografii, který je i ve světě dosud uznávaný jako průkopník těchto snah (Kudrnovská, 1974).

Začátkem 20. století kartografové odsouhlasili tři jednoduché metody prezentace terénu ve velkém měřítku topografických map.

Tyto metody jsou:

- konturování,
- šrafování,
- stínovaný reliéf.

Nesoulad, mezi snahou pro vizualizaci reality a přesnými hodnotami, byl zjevný. Tento problém byl vyřešen až za několik desítek dekad (Robinson, 1960).

Přibližně v 60. letech minulého století vznikla myšlenka ukládat a organizovat prostorové informace pomocí počítačů. První zemí, která využila možnosti geografických analýz z podrobných mapových podkladů, byla Kanada. Koncem 60. let vyvinula kanadská vláda první geografický informační systém CGIS, obsahující informace o zemědělství, lesnictví, životním prostředí, rekreačních podmínkách, hustotě zalidnění a využívání krajiny (Voženílek, 1998).

Začaly se tedy používat počítače, plošné fotoaparáty (kamery) a elektronické senzory s vysokou měřicí přesností. Tato kombinace vynálezů umožňovala získat kartografům přesná data a otevřely se nové možnosti pro výškopisné zobrazení. Digitální modely reliéfu rychle překonaly konvenční, do té doby známé konturování a o stínování v mapách se automaticky postarala počítačová grafika. Digitální model terénu (Digital Terrain Model, DTM), složený z rastrových obrázků a dat, často tvoří základ pro vizualizaci. Čtenáři a uživatelé map mohou otáčet a naklánět výsledný pohled podle potřeby. Také mohou čerpat přesné informace z databází. Toto byla revoluce v zobrazení zemského povrchu.

Zavedením nových digitálních technologií do kartografie a naopak zavedení kartografie do informačních a komunikačních technologií prakticky ukončilo ruční kartografickou

tvorbu. Současný proces mapování a tvorby map je pružný, dynamický a interaktivní. Jedinečné vlastnosti multimédií a virtuální reality dodaly digitálním mapám novou hloubku a poskytly nové možnosti, jak kartografii jako vědě, tak i široké veřejnosti jako uživatelům (Voženílek, 2006).

3.1.2 Metody zobrazení výškopisu

Metody zobrazení výškopisu dělí kartografové různě. Často se tato dělení prolínají a místy jsou shodná, rozlišnosti pozorujeme pouze v názvu. Pro tuto práci bylo vybráno dělení dle čtyř autorů (Obrázek 2), kterými jsou Richard Čapek, Terry Slocum, Borden Dent a Arthur Robinson.

| Čapek | Slocum | Dent |
|---------------------|----------------------------------|---|
| Výškové body | Contour lines | Isarithmic mapping |
| Vrstevnice | Hypsometric tints (shaded areas) | Shaded relief maps |
| Barevná hypsometrie | Continuous-tone map | Wireframe maps |
| Stínování | Fishnet | Surface maps |
| Šrafy | Stereo pair | |
| | Anaglyph | |
| Robinson | | |
| | Perspective pictorial maps | Block diagrams Oblique regional views Schematic maps |
| | Morphometric map | Terrain unit maps Hachures Contouring Hill shading |

Obrázek 2 Dělení výškopisu dle autorů.

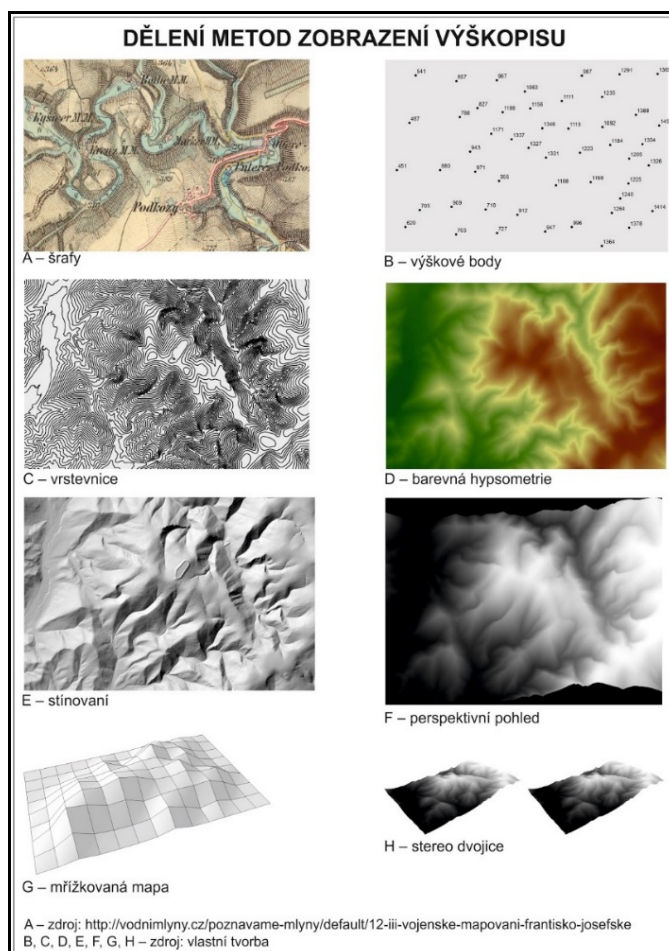
Již na historických mapách lze pozorovat snahu o co nejrealističtější vyjádření reliéfu, tedy vyvolání pseudoprostorového vjemu. K vyvolání 3D efektu byly využívány některé metody např. symboly kopečku, šrafování nebo stínování (Petrovič a Mašera, 2004).

Existuje řada dalších metod, které lze využít pro vizualizaci terénu. Byla vybrána dělení dle Čapek a kol., (1992), Slocum (2009), Dent (1999) a Robinson (1960). Dle zmíněných autorů byl vytvořen vlastní souhrn (Obrázek 3) s různými děleními. Byly vybrány jak metody známé a často používané, tak i ty, které se používají méně, kam řadíme například mřížkovanou mapu.

| Dělení dle autora |
|---------------------|
| Výškové body |
| Šrafy |
| Vrstevnice |
| Barevná hypsometrie |
| Stínovaný reliéf |
| Perspektivní pohled |
| Stereo dvojice |
| Mřížkovaná mapa |

Obrázek 3 Dělení metod zobrazení výškopisu dle autora.

Dělení autora vychází z výše zmiňovaných metod. Uvedené metody se prolínají či shodují i přes odlišný název. Například Slocum (2009) ve svém dělení uvádí metodu Fishnet, která je stejná jako Wifeframe maps definována Dentem (1999). Jednotlivé metody byly více rozvedeny. Abychom předešli kombinaci dvou a více metod různých autorů, byly vymezeny určité podkategorie. V následující části textu budou popsány jednotlivé metody zobrazení výškopisu (Obrázek 4).



Obrázek 4 Metody zobrazení výškopisu.

Nejjednodušší metodou zobrazení výškopisu je prosté zobrazení výškových bodů obsahující souřadnici Z s konkrétní hodnotou.

Výškové body

Výškovými body rozumíme body, jejichž výška byla geodeticky či fotogrammetricky určena. V mapě jsou značeny bodovými značkami, k nimž jsou připsány číselné údaje, které nazývají kóty. Pro názorné vystižení výškového uspořádání zemského povrchu jsou voleny body na orografických čarách (těž terénních), vytvářejících terénní kostru. Počet výškových bodů závisí na měřítku mapy, výškové členitosti reliéfu a také na kombinaci s dalšími metodami kartografického znázorňování (Čapek a kol., 1992).

Šrafy

Tuto metodu poprvé představil Johann Georg Lehmann v roce 1799. Jeho záměrem bylo umístit jednotlivé linky nebo šrafy ve směru největšího sklonu. Šrafy jsou kolmé

k vrstevnicím (Robinson, 1960). Jsou to krátké čáry, jimiž se v mapě zobrazují půdorysné průměty částí spádnic zemského povrchu. Sestrojují se na podkladě vrstevnic podle určitých pravidel. Dělí se na sklonové, které fungují na základě principu „čím strměji, tím temněji“ a stínové, kde je strmost svahu dána délkou šraf o jednotné tloušťce (Čapek a kol., 1992). V dnešní době mají šrafy v mapách pouze doplňkovou funkci u znázornění drobných terénních útvarů, které nelze zachytit pomocí vrstevnic. Nejčastěji používanou metodou vyjádření terénu jsou vrstevnice neboli izohypsy.

Vrstevnice

Vrstevnice je čára spojující všechny body reliéfu o stejné účelně zaokrouhlené výšce vzhledem ke srovnávací ploše. Každá vrstevnice tvoří spojitou uzavřenou prostorovou křivku, kterou si lze představit jako průsečnici reliéfu a plochy rovnoběžné s mořskou hladinou (Čapek a kol., 1992). Podle Robinsona (1960) jsou to linie spojující body o stejné nadmořské výšce. Robinson (1960) také uvádí, že konturování je nejpřesnější způsob, jak dát informaci o nadmořské výšce uživatelům mapy. Podle Slocuma (2009) je to jedna z nejpoužívanějších metod zobrazení spojitého jevu. Vrstevnice se v dělení podle Denta (1999) řadí do části Isarithmic mapping. Oproti vrstevnicím je možné pomocí barevné hypsometrie zobrazit výšku ve všech částech zobrazovaného území pomocí určité barevné stupnice.

Barevná hypsometrie

Metoda barevné hypsometrie (metoda barevných vrstev) je barevné nespojitě znázornění výšek zemského povrchu po jednotlivých výškových stupních vypočítaných jako rozdíl vrstevnic. Vychází z metody vrstevnic (Veverka a Zimová, 2008). Mezi těmito vrstevnicemi je plocha nazývaná se výšková vrstva. Jedná se tedy o kombinaci liniové a plošné interpretace reliéfu terénu (Plánka, 2006). Plošná interpretace se vykřívá barvou odpovídající příslušnému výškovému stupni podle hypsometrické stupnice barev (Čapek a kol., 1992). Přiřazení konkrétních barev jednotlivým výškovým stupňům závisí na vydavateli kartografického díla a volba intervalu výškových stupňů závisí na měřítku, účelu mapy a v neposlední řadě i na výškové členitosti zobrazovaného území (Plánka, 2006).

Podle Čapka a kol. (1992) se metoda barevné hypsometrie uplatňuje převážně na obecně geografických mapách. Podává globální přehled o výškovém uspořádání, umožňuje rychlou výškovou orientaci a prostorovou představu. Tato metoda bývá často doplňována výškovými kótami a stínováním (Plánka, 2006).

Hypsometrickou stupnici podle (Čapek a kol., 1992) barev tvoří sled barev uspořádaných za sebou podle určitého principu či zásady, mezi které patří:

- „čím výše, tím temněji“,
- „čím výše, tím světleji“,
- „čím výše, tím teplejšími barvami“.

Barevná hypsometrie se často používá v kombinaci s jinými metodami. V současné době se kombinuje především se stínováním. Specifickým typem barevné hypsometrie je **Continuous-tone map** (Slocum, 2009). Principem této metody je stínování každého bodu povrchu šedými tóny úměrnými hodnotami povrchu v bodě. Tento přístup je analogický pro nespécifikované kartogramové mapování. Problémem je složité přiřazení hodnot v legendě s konkrétním místem (Slocum, 2009).

Stínování

Vrstevnice přesně vyličí nadmořské výšky, ale mapa obsahující pouze vrstevnicemi nevypadá příliš realisticky a laikové mohou mít problém se získáním představy o terénu. Namísto toho většina lidí rozezná tvary povrchu díky vzájemnému působení světla a tmy (Robinson, 1960).

Mapy se stínovaným reliéfem jsou vytvořené tak, že je trojrozměrný povrch znázorněn pomocí stínovaného efektu (Dent, 1999). Podstatou stínování je představa, že na všechny plochy reliéfu dopadají světelné paprsky z téhož směru, což vytváří rozdíly v osvětlení. Bílá místa vznikají dopadáním paprsků kolmo a tmavá místa jsou ta, kam přímé světlo nedopadá vůbec. (Čapek a kol., 1992). Problémem je limitovaný počet odstínů naznačující stupňovitý povrch na rozdíl od hladkého (Slocum, 2009). Zdroj světla je obvykle umístěn v severozápadním kvadrantu (Dent, 1999). Protože je stínování v mapách hlavním obsahem této práce, bude detailněji popsáno v kapitole 3.2.

Další metody vizualizace terénu

Mezi další metody patří například využití pravého 3D, a to buď pomocí stereopáru, která je používanější nebo pomocí metody anaglyfu.

Stereo pair – dvě mapy povrchu jsou zobrazeny stereoskopem, který je běžně využíván k trojrozměrným leteckým fotografiím (Slocum, 2009). V současné době je tato metoda používaná stále častěji; díky rozvoji technologických prostředků pro virtuální realitu.

Dříve se stereovjemu dosahovalo pomocí tzv. anaglyphu. Podle Slocuma (2009) se **anaglyph** využívá k tvorbě trojrozměrného obrazu pomocí zabarvených čoček. Na dva obrázky, jeden červený a druhý zelený či modrý, se pohlíží přes speciální brýle, což umožňuje vidění tzv. 3D obrazu.

Metody, využívající mřížku zobrazenou přes terén, se používají méně. Tyto metody se nazývají buď Fishnet (Slocum, 2009) nebo Wireframe maps (Dent, 1999) a slouží především k získání představy o terénu kvůli složitému odečítání konkrétních hodnot. Specifickým typem jsou Surface maps, které jsou kombinací stínování a mřížky.

Wireframe maps – mřížkovaná mapa reprezentuje strukturu spojitého povrchu pokrývající povrch s mřížkovaným základem. Pokud je mřížka použita samotná, mapa je generována v interpolačním procesu zobrazující spojitý povrch v trojrozměrném pohledu (Dent, 1999). Slocum (2009) tento typ map nazývá **Fishnet**. Říká, že podle tohoto přístupu se nejenom povrch plynule mění, ale můžeme vidět, že určité body jsou vyšší nebo nižší než ostatní. Nevýhodou je blokování nízkých bodů těmi vyššími.

Surface maps – tzv. povrchové mapy, jsou další forma trojrozměrného mapování kombinující úhel pohledu a přímý pohled mřížkové mapy se stínováním a map se stínovaným reliéfem (Dent, 1999).

3.2 Stínování v mapách

3.2.1 Historie

Stínovaný reliéf se vyskytuje už v časných rukopisných mapách. Ty však nemohly být reprodukovány pro velmi složitý proces tvorby.

Dříve používaným termínem byl šerosvit, což byla technika, která používala světlé tóny v obrazové reprezentaci trojrozměrných tvarů, což využívali umělci po mnoha staletích.

Leonardo da Vinci dosáhl velmi povedeného výsledku v mapě Toskánska, kreslené v roce 1502 a 1503.

Tato mapa obsahovala šikmé stínované pohledy reliéfu osvětlené z levé strany. O půl století později vytvořil Murer dřevoryty z oblasti kolem Curychu ve Švýcarsku, kde jsou stínované pohledy ze stran. Po dalších sto letech poprvé v mapě použil horní pohledy Gyger (Horn, 1981).

Hans Conrad Gyger v 17. století vytvářel po dobu 38 let mapu s názvem "Grosse Landtafel des Kantons Zürich" v přibližném měřítku 1 : 32 000 (Obrázek 5). Jedná se o perokresbu v kombinaci s Guache (Kvaš) malováním. Její význam spočívá jak v přesnosti, tak v zobrazení topografie přirozeným způsobem (Jenny a Räber, 2017).²



Obrázek 5 Malovaná mapa kantonu Curych.

S vynálezem litografie v roce 1798 přišla i možnost tisknout polotóny. Není však známo, kdy byla vytištěna první mapa se stínovaným reliéfem.

Vrcholem tvorby 19. století byl Atlas Japonska. Jedná se o atlas malého měřítka vytvořený německým kartografem Brunem Hassensteinem.

Kartografové pak začali kombinovat stínování s jinými způsoby zobrazení terénu.

Současně s experimentováním s trojrozměrnými reliéfními modely byly odvozeny fotografické stínované reliéfy. V roce 1925 Karl Wenschow zmechanizoval postup

² Zdroj: <http://www.crouchrarebooks.com/maps/view/gygerus-conradus-nova-descriptio-ditionis-tigurinae-regionumque-finitimarum>

pro tvorbu stínovaného reliéfu (Obrázek 6), díky čemuž se stal jedním z nejznámějších představitelů tohoto oboru. Z důvodu četných, zejména ekonomických nevýhod se mechanizované reliéfní stínování nikdy neprosadilo (Jenny a Räber, 2017).³



Obrázek 6 Wenschowův stínovaný reliéf.

Po druhé světové válce se používala retušovací pistole na barvu (přístroj, který se používá pro malování nebo jemnou práci na zlepšení fotografií).

Díky výpočetní počítačové technice byl na konci 20. století vytvořen nový stínovaný reliéf, který byl vytvářen na základě digitálních výškových modelů. Reliéf bývá často zpřesněn díky používání rastrových editorů. Stínovaný reliéf je v topografických mapách tvořen v šedých odstínech, zatímco barevné varianty se stále často nacházejí ve školních atlasech (Jenny a Räber, 2017).

3.2.2 Stínování

Kóty ani vrstevnice neposkytují dostatečný prostorový vjem. Obraz reliéfu je tedy nutné doplnit stínováním (Veverka a Zimová, 2008).

Pojem stínování je všeobecně rozšířený termín, ale přesnější označení je tónování z důvodu podobnosti s měnícími stíny ve skutečné krajině (Čapek a kol., 1992). V české literatuře (např. John, Gojda, 2013) se můžeme setkat i s cizojazyčným termínem hillshade, popř. hill-shading.

Hlavní funkcí stínování je dodat mapě plastičnost a navodit prostorový vjem (Čapek a kol., 1992). Díky stínovanému reliéfu získáme rychlou představu o členitosti terénu (Horn, 1981). Vyjádření terénu stínováním se přibližuje leteckému pohledu, a proto by výškopis podaný touto formou měl být pro laickou veřejnost srozumitelnější než vrstevnice či barevná hypsometrie.

³ Zdroj: <http://www.reliefshading.com/techniques/wenschow/>

Hlavní podstatou metody je představa, že na určité pozorované území dopadají světelné paprsky z imaginárního zdroje světla a nahrazují sluneční záření. Intenzita tónu závisí na úhlu dopadu paprsku. V místech, kam paprsky dopadají kolmo, jsou znázorňovány nejsvětější tóny, naopak v oblastech, kam paprsky vůbec nedopadají, jsou tóny nejtmaší (Čapek a kol., 1992).

Na rozdíl od vrstevnic, stínování a stinné tóny nemůžou vyjádřit povrch s metrickou přesností, jelikož mají pouze vizuální charakter. Pro zobrazení povrchu je lepší gradace tónu než sítě vrstevnic. Odhalí se tak jednotlivé tvary a zároveň dochází k představení povrchu (Imhof, 2007). Stínovaný reliéf je vhodným doplňkem vrstevnic, které poskytují přesné nadmořské výšky, ale často vyžadují důkladné prověření (Horn, 1981). Na druhé straně může být stínovaný reliéf použit i samostatně, bez vrstevnic (Imhof, 2007).

Mapa se stínovaným reliéfem se využívá pro případ, kdy má uživatel mapy málo času na čtení nebo není kartograf. V minulosti i současnosti byl stínovaný reliéf využíván převážně na mapách menších měřítek. Pokud by byl členitější reliéf v mapě malých měřítek zobrazován pomocí vrstevnic, mohla by vzniknout nepřehledná spleť čar. Stínování se používá převážně pro vizualizaci hornatých území, díky nimž je rozeznání terénních detailů snadnější. V podhorských oblastech či nížinách se často nachází i další obsah (např. silnice, domy), tudíž by zde stínovaný reliéf značně ztížil čitelnost mapy. Z tohoto důvodu se stínování u rovinatějších oblastí upravuje (Horn, 1981).

Stínování, resp. tónování, je založeno na odrazu světla od různě skloněných a orientovaných ploch. Často je simulováno stíny vrhanými reliéfem při různém směru osvitu.

Podle Imhofa (2007) lze stínování v kartografii rozdělit do tří kategorií.

1. **Stínování svahů (slope shading)** se stupňujícími se tóny podle principu “the steeper, the darker”, což znamená čím prudší tím tmavší.
2. **Šikmé stínování (oblique shading nebo hillshading)**, kde kvalita tónu odpovídá souhře stínů používajících se k vyrovnávání ploch v šikmém světle.
3. **Kombinované stínování (combined shading)**, které kombinuje stínování svahů a šikmé stínování.

Stínování svahů (slope shading)

Stínování svahů (Imhof, 2007) nebo Sklonové stínování (Čapek a kol., 1992), funguje na principu “the steeper, the darker”, což znamená čím prudší, tím tmavší. Síla tónu je přímo úměrná úhlu sklonu. Tento typ stínování může být použit pouze v omezené míře. Pokud bychom chtěli ukázat pětistupňovou gradaci od 0° do 60°, pak by bylo potřeba vytvořit 12 intervalů. Taková diferenciacce by nebyla možná u tištěných map, které měly pouze jednu stínící desku. I kdyby to bylo technicky proveditelné, čtenář by nebyl schopen rozlišovat tyto jemné přechody a to zejména v extrémně zatížených vnitřních oblastech mapového listu. Stínování svahů nepůsobí dostatečně plasticky, a proto se samostatně nepoužívá (Čapek a kol., 1992).

Šikmé stínování (oblique shading nebo hillshading)

Správného směru osvitu modelu docílíme tak, že si jej buď zkusíme cvičně nasvítit, nebo si jej jednoduše představíme. Je důležité, aby se stínování co nejvíce přibližovalo skutečnosti, která se pak přenese do mapy. Pochopení stínování souvisí s každodenním životem. Uživatelům se lépe orientuje v dobře vytvořených mapách se stínovaným reliéfem než v mapách s jinými metodami kartografických reprezentací (Imhof, 2007). Na rozdíl od stínování svahů může být totéž území stínováno mnoha způsoby podle

toho, ze které světové strany se model osvětluje (Čapek a kol., 1992). Toto stínování vyvolá neobyčejně účinný a plasticky působící obraz (Boguszak, Šlitr, 1962).

Přirozené (nasvětleno z jihu)

Přirozené šikmé stínování simuluje reálné osvětlení slunečním zářením (na území ČR od jihu pod úhlem maximální kulminace Slunce).

Existuje několik důvodů, proč by bylo vhodné využívat přirozené osvětlení (z jihu). Mezi nejčastější argumenty patří například vyšší hustota zalidnění na jižních svazích. Tato sídla by na mapě osvětlené z jihu byla lépe viditelná. Nicméně velmi důležitým faktem je, že většina uživatelů je zvyklá na osvětlení ze severozápadu, a proto by mapu osvětlenou z jihu vnímali jako negativ, jak uvádí Imhof (2007).

V kartografickém kontextu lze inverzní reliéf v mapách se stínovaným reliéfem s jižním osvětlením do určité míry zmírnit dobrým designem, např. bohatým stínováním a barvami (Imhof, 2007). Imhof navrhl zvýraznění osvětlených svahů žlutým tónem. Dále navrhl přidání řek či vegetace. Některé vlastnosti, například strmost, mohou ovlivnit vnímání efektu inverzního terénu. Podle Patterson (2016) dochází k inverznímu vnímání zejména: "když světlo svítí kolmo k reliéfu", "když se lineární tvary nachází uprostřed pláně" nebo "když je údolí vidět lépe než hřeben".

Konvenční (nasvětleno ze severo-západu)

Již dlouhá desetiletí je používám směr osvitu ze severozápadu pod azimutem 315°, kde je velikost úhlu světelného zdroje k osvětlované ploše 45°. Toto pravidlo bylo navrženo na základě odborných pozorování kartografů. I když tato situace reálně nemůže na severní polokoulinastat, je toto osvětlení z fyziologického hlediska pro vnímání plasticity nejlepší (Kleffner, Ramachandran, 1992).

Bylo prokázáno, že lidský vizuální systém vnímá světlo nejpřirozeněji shora (z důvodů přírodních světelných zdrojů, jako je Slunce nad námi). Imhof (2007) směr osvitu spojuje s tím, že lidé píšou zprava doleva, a proto je světlo na levé straně ruky, která drží pero a pravá strana je ve stínu a zakrývá papír. Osvětlení z levého horního rohu se využívalo již na starých mapách při kreslení skal a rozšířilo se v 16. a 17. Století jako součást šrafování a kopečkové metody. Tento směr osvětlení je tak zakořeněn, že i některé mapové značky mají zakreslen odpovídající stín (Čapek a kol., 1992).

Biland a Çoltekin (2016) zkoumali směr osvitu a efekt inverzního terénu. Tito švýcarští vědci zkoumali, zda je směr osvitu 337,5° je přesnější než 315°. Tato studie je detailněji rozebrána v kapitole 5.2.2.

Kombinované stínování (combined shading)

Třetí způsob stínování kombinuje stínování svahů se šikmým stínováním unikátním způsobem. Kombinované stínování je velmi zvláštní metoda skládající se ze dvou částí. Na jedné straně je přímo vnímán obraz a na druhé straně je vnímán fiktivní či abstraktní prvek. Nelze však ignorovat značné praktické hodnoty této techniky (Imhof, 2007).

V historii vynikaly Švýcarské mapy se stínovaným reliéfem a to hlavně díky jejich čistotě. Vysokohorská pohoří mají větší trojrozměrný efekt díky lepší návaznosti barev prezentující jak plytčí, tak strmější území. Bílé plochy jsou tradičně vnímány jako ploché oblasti a údolí. V těchto níže položených místech začíná stínování na obou stranách. Obrisy a oblasti lesních textur jsou nápomocné při představě forem terénu, které mají být v krajině vidět. Výhodou tohoto stínování je, že ploché, často silně usazené plochy, zůstanou beze změny tónu. Z toho důvodu je tato metoda používaná

hlavně v mapách malého měřítka (Imhof, 2007). Kombinované stínování je nevhodnějším a nepoužívanějším druhem tónování (Čapek a kol., 1992).

3.2.3 Techniky tvorby stínování

Existují různé techniky pro tvorbu stínovaného reliéfu. Některé jsou historického původu a u jiných došlo k vývoji až v poslední době. První stínování bylo vytvářeno klasickou tužkou doplněnou o inkoust. Na začátku 20. století pak Karl Wenschow vymyslel techniku, která byla pojmenována po něm jako "Wenshow". Terén zde byl vyřezáván z bloků sádry. Od poloviny 20. století se používala technika zvaná Airbrush (retušovací pistole na barvu). V dnešní době se pro tvorbu stínovaného reliéfu využívá hlavně analytických a grafických softwarů (Jenny a Räber, 2017).

Graphics Software and Analytical Shading

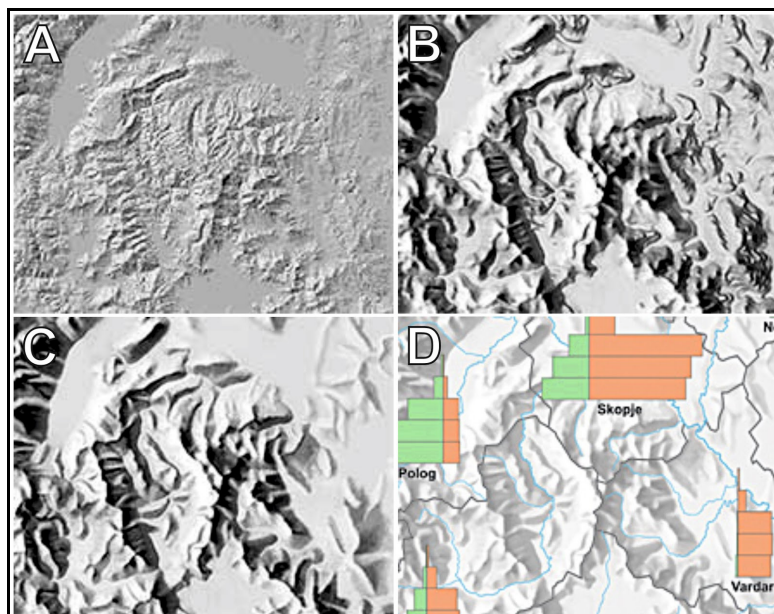
Nejvíce efektivní metodou pro tvorbu stínovaného reliéfu je kombinace analytického stínování a úpravy v grafickém softwaru. Stínovaný reliéf je vytvořen z digitálního výškového modelu pomocí speciálního softwaru a následně upraven v grafickém softwaru pracujícím s rastry jako je například Photoshop.

Photoshop je plně vybavená aplikace pro ruční kreslení stínovaného reliéfu od začátku, nebo pro vylepšení a úpravy digitálního modelu terénu. Stínovaný reliéf vytvořený z digitálních výškových modelů často neodpovídá kvalitě ručního provedení. K nedostatkům patří málo zdůrazněné topografické prvky. Nicméně analyticky stínovaný reliéf může sloužit jako výchozí bod pro následnou úpravu právě grafickým softwarem (Jenny a Räber, 2017).

Čtyři níže uvedené obrázky ilustrují pracovní postup stínování části kopce v Makedonii, jak je uvedeno výše.

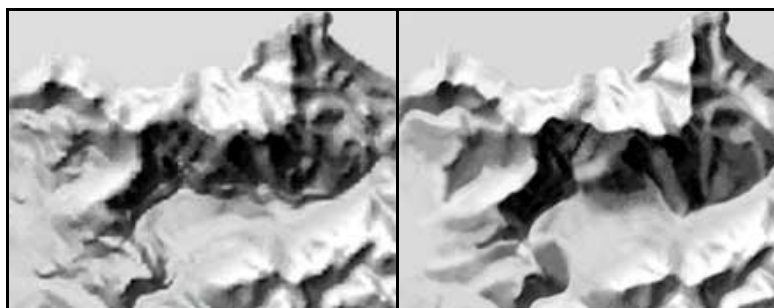
První reliéf „A“ pochází z příliš podrobného DEM. Zcela nerozeznatelné velké tvary činí stínovaný reliéf nepoužitelným. Tento reliéf byl převzorkován a z něj bylo vytvořeno alternativní stínování „B“ za pomoci speciálního softwaru, který umožňuje interaktivní nastavení směru světla a simulaci vzdušné perspektivy. Následně byl tento výstup upraven pomocí grafického softwaru Photoshop „C“. Po provedení úpravy tonality, kde dochází ke kombinaci stínování s tematickými mapovými vrstvami, je získána výsledná mapa „D“ (Obrázek 7).⁴

⁴ Zdroj: http://www.reliefshading.com/techniques/photoshop_analytical/



Obrázek 7 Pracovní postup stínování.

Následující dva obrázky ukazují detailní práci se softwarem Photoshop. Na obrázku vlevo jsou patrné nevzhledné terasy a hřebeny. Po několika tazích nástroje pro editaci obrazu došlo k výraznému vylepšení ostroty, tudíž lze hlavní tvary mnohem snáze odlišit (Obrázek 8).⁵



Obrázek 8 Úprava DEM v prostředí Photoshop.

Než se začaly využívat počítače, stínování se vytvářelo technikami, mezi které patří prosté kreslení tužkou.

Drawing

Původně byla tužka jediný nástroj potřebný pro tvorbu stínovaného reliéfu. Ačkoliv tužky neposkytují čistě černé odstíny, pomocí doplňkového černého inkoustu lze dostatečně zatemnit stíny na nejvyšší vrcholky hor. Opačný konec tónového rozsahu vykazuje podobný problém. Čistě bílého odstínu není možné dosáhnout tužkou, protože i ty nejjasnější papíry obsahují bledé tóny. Řešením je přidávání malého množství bílé barvy kladoucí důraz na nejjasnější osvětlené svahy.

⁵ Zdroj: http://www.reliefshading.com/techniques/photoshop_analytical/

Stínování však vyžaduje kvalitní tužky všech stupňů tvrdosti (Obrázek 9). Tyto tužky by měly vytvářet ostrou tvrdou linii a také by měly být schopny dávat dobrý černý obraz (Imhof, 2007).⁶



Obrázek 9 Ruční kresba stínování (vlevo), nedokončený stínovaný reliéf kreslený tužkou (vpravo).

Kvůli velmi vysokým nákladům a časové náročnosti se dnes ruční kresba příliš nepoužívá. Lepší a rychlejší způsob, jak získat kvalitní stínovaný reliéf, je kombinace analytického stínování s vylepšením v grafickém softwaru.

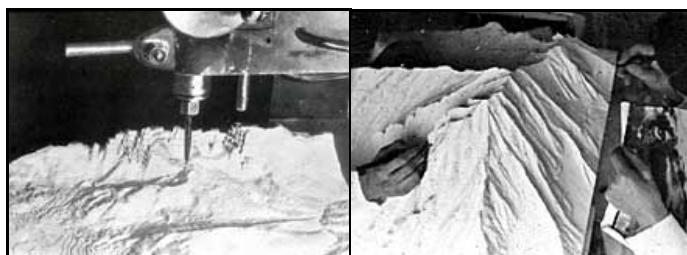
Wenschow

Kolem roku 1925 vyvinul Karl Wenschow z Německa postup pro vytváření stínovaného reliéfu, který je po něm pojmenován (Obrázek 10).

Tento postup vyžaduje trojrozměrný model terénu vyřezávaný z bloků sádry přesnými frézami.

Tento model je šikmo osvětlen a vyfotografován ze vzdálenosti 40 až 50 cm pomocí speciální kamery.

Postup postihl značné nedostatky. Lokální úpravy světelného zdroje, které líčí složitý terén, jsou nemožné. V důsledku toho jsou špatně definované velké tvary a nadměrné množství detailně charakterizovaného "fotografického" stínovaného reliéfu. Dodatečné fotografické retušování pomáhá překonat tato omezení, ale vyžaduje hodně času a úsilí. Wenschow technika se tedy už nepoužívá (Jenny a Räber, 2017).⁷



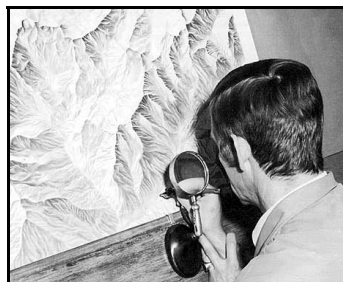
Obrázek 10 Fréza a model vyrobený ze sádry.

⁶ Zdroj: <http://www.reliefshading.com/techniques/drawing/>

⁷ Zdroj: <http://www.reliefshading.com/techniques/wenschow/>

Airbrush

Airbrush (Obrázek 11) je v překladu retušovací pistole na barvu. Pistolí prochází stlačený vzduch přes trysku kolem rozprašené vodové barvy až na papír. Tímto způsobem je dosaženo rovnoměrného pokrytí barvy na povrchu (Imhof, 2007). Od roku 1950 Airbrush technika dominuje ruční výrobě stínovaného reliéfu. Ve srovnání s inkoustem, tužkou nebo křídou je mnohem rychlejší. Výsledný obraz má vyšší kontrast a plynulejší tónové přechody. Na druhou stranu manipulace s pistolí je poměrně složitá. Kromě toho se také špatně upravují tmavší části stínovaného reliéfu (Jenny a Räber, 2017).⁸



Obrázek 11 Technika Airbrush.

Design⁹

Stínování je velmi obtížná práce, mimořádně náročná na prostorovou představivost (Čapek a kol., 1992). Kartografové potřebují mít nějaké základní znalosti a také by měli dodržovat jistá pravidla. V ukázce na obrázku 12, vlevo je znázorněno nestrukturované stínování. Při aplikaci určitých pravidel stínování je výsledná vizualizace mnohem kvalitnější. Čtenář může na první pohled lépe identifikovat vysoká pohoří a také rozeznat menší detaily Obrázek 12, vpravo.¹⁰



Obrázek 12 Nestrukturované stínování (vlevo), stínování podle určitých pravidel (vpravo).

Nejdůležitějším pravidlem je zachycení tvarů terénu snadným, avšak výrazným způsobem. Než začne kartograf tvořit stínovaný reliéf, musí zajistit základní data,

⁸ zdroj: <http://www.reliefshading.com/techniques/airbrush/>

⁹ Zdroj: <http://www.reliefshading.com/design>

¹⁰ Zdroj: <http://www.reliefshading.com/design>

kterými jsou myšleny vrstevnice, vodní toky, letecké snímky, již existující mapy a další informace popisující tvar terénu. Říční síť a vrstevnice slouží jako rámec pro následující kroky a musí být viditelné během celého procesu tvorby stínovaného reliéfu. Stínovaný reliéf by měl být samozřejmě v souladu se zobrazenými vrstevnicemi a také by měl být vytvářen s ohledem na charakter zobrazované krajiny. Důležité tvary, svahy a kopce musí být dobře viditelné ze vzdálenosti. Výrazné terénní změny, které vyplynuly z jednotlivých povodí, jsou rozděleny do světlých a tmavých oblastí (Jenny a Räber, 2017).

Další důležité pravidlo je, že pro každý bod stínovaného reliéfu by měl být zřejmý směr odtoku vody. Na Obrázku 13, vlevo jsou špatně znázorněná výše položená místa, naopak vpravo je tento nedostatek odstraněn a jednotlivá povodí jsou dobře identifikovatelná. Menší změny tvaru reliéfu jsou stejně důležité jako ty hlavní. Výše položená místa jsou zvýrazněna pomocí nástrojů v prostředí Photoshop.¹¹



Obrázek 13 Santa Cruz Island, California, Analytické stínování.

Jakékoliv šikmé osvětlení na topografické ploše vytváří slabý stín na vodorovných plochách (Imhof, 2007). Kolika tóny by měly být znázorněny rovné plochy je předmětem mnoha diskuzí kartografů. Na většině map je podstatně více plochých oblastí než kopcovitých. Proto někteří kartografové nepoužívají žádné odstíny pro rovné plochy, aby zbytečně nezatěžovali zrak čtenáře mapy (Jenny a Räber, 2017).

Na Obrázku 14, vlevo vyplňuje šedý tón ploché oblasti, kdežto obrázek vpravo znázorňuje osvětlené kopce přilehlé k rovné ploše a ty jsou sotva viditelné, jelikož jsou rovné plochy vyplněny bílou barvou.¹²



Obrázek 14 Tón pro ploché plochy, © swisstopo.

¹¹ Zdroj: <http://www.reliefshading.com/design/landforms/>

¹² Zdroj: <http://www.reliefshading.com/design/flat-areas/>

Perspektivní pohled - aerial perspective

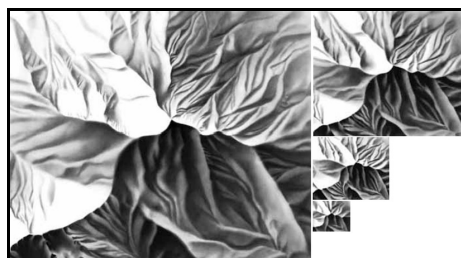
Při používání stínovaného reliéfu (Obrázek 15) slouží perspektivní pohled k rozlišení vysokých horských vrcholů a vzdálenějších nížin. Velké využití také nachází pro turistické a také propagační účely. Cílem je imitace atmosférického oparu tvořeného kapkami vody a prachu, který vytváří šedomodrá závoj nad krajinou. Tento jev se nazývá aerial perspective (Imhof, 2007), neboli perspektivní pohled. Barvy objektů blíže k pozorovateli vykazují vysoký kontrast, zatímco objekty níže položené vypadají světlejší a jejich kontrast je mnohem nižší. Nejvyššího kontrastu tedy dosahují vrcholky hor. Ideálním způsobem ztvárnil tuto techniku Eduard Imhof na následující mapě z roku 1938 (Jenny a Räber, 2017).¹³



Obrázek 15 Detail mapy oblasti jezera Walensee.

3.2.4 Design metody stínování

Stínovaný reliéf v malých měřítcích zvýrazňuje hlavní části terénu, jako jsou pohoří, tabule či sopky. Pro úspěšné ztvárnění stínovaného reliéfu musí kartograf vědět, které části reliéfu zdůraznit. U velkých a středních měřítek jsou vhodným doplňkem pro lepší představu terénu vrstevnice. Se změnou měřítka je nutná generalizace prvků v mapě, a to se týká i stínovaného reliéfu. Použití jednoho stínovaného reliéfu je možné pouze v omezeném rozsahu měřítek. Při oddálení mizí důležité topografické údaje a při velkém přiblížení je důležité tvary reliéfu snáze identifikovat. Výsledná generalizace stínovaného reliéfu závisí na účelu mapy a cílové skupině uživatelů. Následující ukázka (Obrázek 16) ukazuje správnou generalizaci stínovaného reliéfu stejného vrcholku hory v různých měřítcích. Stínovaný reliéf a další prvky obsahu mapy (vrstevnice, vodní toky) musí být generalizovány společně (Jenny a Räber, 2017).¹⁴



Obrázek 16 Generalizace stínovaného reliéfu.

¹³ Zdroj: <http://www.reliefshading.com/examples/walensee/>

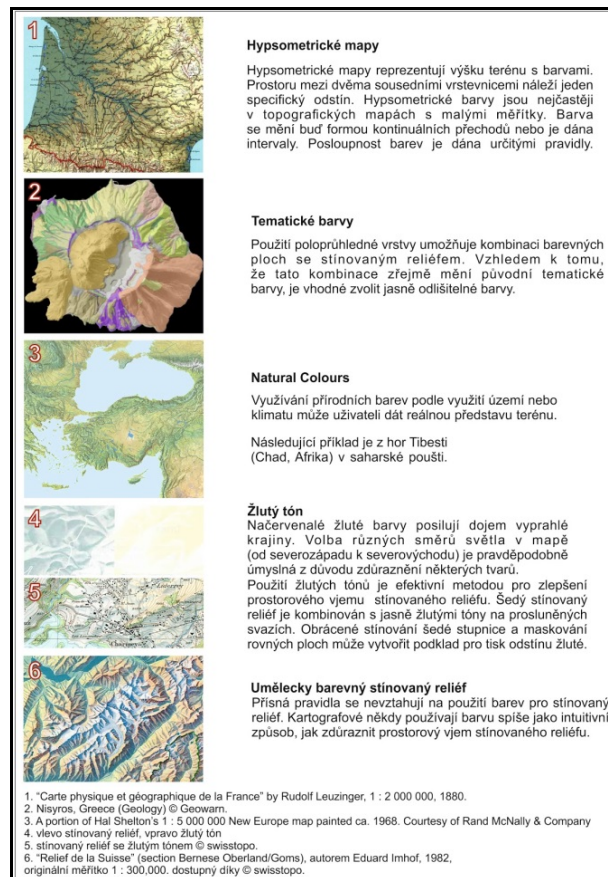
¹⁴ Zdroj: <http://www.reliefshading.com/design/generalization/>

Plan Oblique Relief

Podle Jenny a Pattersona (2007) je Plan Oblique Relief nová digitální technika pro generování trojrozměrného terénu polohopisných map. Terén zobrazuje realisticky v bočním pohledu s kvalitou, která apeluje na uživatele mapy. Plan oblique Relief je technika, která obsahuje znaky jak konvenčně stínovaného reliéfu, tak 3D perspektivního pohledu (například panorama). Jedna z prvních známých map vytvořená před 5000 lety v Mezopotámii líčí hory v profilu s jednoduchými tvary kopečků. Tato mapa je primitivním a zároveň prvním příkladem použití této metody. Metoda Plan Oblique Relief je využívána hlavně pro malá a střední měřítká. Hory jsou zobrazeny z bočního pohledu. Uživatel vidí mapu zemského povrchu podobně jako z letadla. Za zvláštnost považujeme dřívější objevení této metody, než byly vynalezeny letecké snímky (Jenny a Råber, 2017).

Barvy

Barva má mezi kartografickými vyjadřovacími prostředky výjimečné postavení. Je samostatným vyjadřovacím prostředkem a zároveň je i součástí všech prvků mapy (Voženílek, 2002). Podle využití barev vymezujeme kategorie (Obrázek 17), do kterých řadíme Hypsometrické mapy, Tematické barvy, Natural Colours, Žlutý tón a Umělecky barevný stínovaný reliéf. ¹⁵



Obrázek 17 Využití barev.

¹⁵ Zdroj: <http://www.reliefshading.com/colours/>

3.2.5 Software pro tvorbu stínování

V roce 2002 Dan Van Dorn provedl srovnání funkcí a výstupů v programech určených pro tvorbu stínovaného reliéfu. Svou práci představil na semináři ICA komise pro Mountain Cartography na Mt. Hood. Srovnávacími parametry byly cena, datové formáty pro import a export, formát pro export stínovaného reliéfu, omezení velikosti souboru, hypsometrické tónování, vrstevnice, osvětlení, speciální grafické efekty, georeferencování a projekční transformace, snadnost použití, chyby a omezení (Jenny a Räber, 2017).

Výsledkem jeho zkoumání byl závěr, který obsahoval čtyři části. Na vytvoření stínovaného reliéfu hodnocených aplikací jsou adekvátní jak nejnovější desktop GIS aplikace, tak obyčejné GIS aplikace. Neplatí zde tvrzení, že čím vyšší je cena softwaru, tím kvalitnější bude výsledný produkt.

Stejné nastavení parametrů mohou mít v různých softwarech odlišné výsledky.

Téměř každý vytvořený stínovaný reliéf vyžaduje určité retušování a manipulaci v grafickém programu Photoshop.

Další faktory, které přispívají ke kvalitě obrazu, zahrnují kvalitu DEM, rozlišení, grafické citění, kartografické zkušenosti, pochopení plánovaného rozsahu (příliš mnoho nebo příliš málo dat) a určené médium (Jenny a Räber, 2017).

Existují tři druhy softwaru pro tvorbu stínovaného reliéfu:

1. Freeware, Shareware & Low-Cost Software,
2. GIS software,
3. Grafický a 3D software.

Příklady používaných software pro tvorbu stínovaného reliéfu jsou součástí přílohy 8 a 9.

4 METODY HODNOCENÍ VIZUALIZACE TERÉNU

Mapy se hodnotí různými způsoby, mezi které řadíme dotazníky, rozhovor, eye-tracking a další. V této práci byl použit dotazník v elektronické podobě ve formě Google Forms, díky němuž jsme získali hodnocení vybraných map a mapových portálů. Na základě odpovědí respondentů byl sestaven eye-tracking experiment.

Cílem eye-tracking testování bylo hodnocení vizualizace reliéfu pomocí stínování a vlivu směru osvětlení. Technologie sledování očí umožňuje analyzovat nejen rychlost a způsob čtení map, ale také záznam, správnost či přesnost odezvy uživatele (Vondráková a Popelka, 2014).

4.1 Hodnocení turistických map

Dotazníkovým šetřením hodnotili turistické mapy Novotná a Bláha (2012), kteří se zaměřili na aplikaci specifické metodiky hodnocení kartografických děl s využitím mentálních map uživatelů. Tato metodika byla testována na mapách českých producentů kartografických děl s turistickou tematikou, kam patří SHOCart, Klub českých turistů a Kartografie Praha.

Podnětem ke vzniku výzkumného projektu byla myšlenka zapojení uživatele do procesu hodnocení kartografických děl. Z pozice samotného uživatele je nejdůležitější použitelnost kartografického produktu (Novotná a Bláha, 2012). Proces se skládal z přípravné fáze, sběru dat a samotného vyhodnocení. Respondenti zde odpovídali na dotazy a úkoly rozdělené do tří variant. Snahou bylo zformovat praktické dotazy typu nalezení nejkratší cest, cesty s nejmenším převýšením, či nejzajímavější cesty.

Sběr dat probíhal pomocí dotazníkového šetření, kterého se zúčastnilo celkem 161 osob. Necelá polovina (78) z nich vyplnila dotazník pro území Krkonoš a zbylá část (83) vyplnila dotazník pro území Českého ráje. Samotné hodnocení získaných výsledků proběhlo na základě metody četnosti zakreslených prvků a to zda se daný prvek v mentální mapě uživatele vyskytl či nevyskytl. Byly postupně zaznamenávány všechny zakreslené prvky, které se vyskytly na mentálních mapách všech uživatelů ve variantě A, poté ve variantě B, a nakonec ve variantě C u obou sledovaných území (Novotná a Bláha, 2012). Byla zjišťována závislost počtu zakreslených prvků na věku, pohlaví a nejvyšším dosaženém vzdělání, dále pak na tom, za jakého uživatele map se respondent považuje a jak často mapy používá. Ženy v průměru zakreslily více prvků než muži. Předpoklad, že s rostoucím vzděláním roste i počet zakreslených prvků se nepotvrdila, ale na druhou stranu se potvrdil předpoklad, že s rostoucí četností používání map roste i průměrný počet zakreslených prvků.

V poslední fázi byl materiál zpracován do agregovaných mentálních map pro jednotlivé hodnocené turistické mapy a území, kde každá agregovaná mentální mapa vyjadřovala četnost zakreslení jednotlivých prvků hodnocení turistických map. Největší četnost zakreslení měly objekty, na které byl položen přímo dotaz, anebo se v otázce přímo vyskytovaly. Naopak objekty u otevřených otázek, kde byla ponechána respondentovi volnost, měly mnohem menší četnost zakreslení.

Výsledky byly porovnány s dalšími podobnými výzkumy, například s výzkumem Viška 2009, který hodnotil digitální i analogové mapy firem SHOCart, Kartografie Praha a Klubu českých turistů za pomoci dotazníků, ve kterém respondenti hodnotili určité prvky mapy na stupnici jedna až pět. Výsledky téměř totožné jako u předchozí studie

(Novotná a Bláha, 2012), jelikož z pohledu uživatelské přesnosti byly nejlepší produkty Kartografie Praha.

Dalšími, kteří se zabývali hodnocením turistických map, byli Hrstková a Bláha (2008). Ti se zaměřili na hodnocení kartografických děl z hlediska estetiky a uživatelské vstřícnosti. Zvolili metodu šetření formou řízeného rozhovoru, kterého se zúčastnilo celkem 42 respondentů. V tomto výzkumu bylo zjištěno, že verbální komunikace je vhodným doplňkem kriteriálního hodnocení, jelikož pomáhá zachytit klíčové projevy uživatele.

Hodnocením stínování u turistických map se zabýval Popelka (2014), který pomocí technologie eye-tracking hodnotil české online turistické mapy. Popelka (2014) ve své studii porovnával dvě varianty map a to mapu, kde byl výškopis zobrazen pomocí vrstevnic a kót a mapu se stínovaným reliéfem. Cílem studie bylo posoudit, zda stínování pomáhá uživateli pro lepší představení terénu. Byl proveden eye-tracking experiment, který byl doplněn o krátký dotazník zaměřený na subjektivní názor uživatelů. Výsledky naznačují, že respondentům se z hlediska estetiky více líbí mapa se stínovaným reliéfem, avšak z hlediska efektivity je při vyhledávání konkrétního bodu (obec, vrchol) vhodnější nestínovaná varianta.

4.2 Hodnocení vizualizace terénu

Reliéf lze hodnotit různými metodami. Nejčastěji se používá dotazníkové šetření a v poslední době díky vývoji počítačové techniky a klesající ceně zařízení pro sledování očí i technologie eye-tracking.

Potash a kol. (1978) hodnotili reliéf zobrazený pomocí vrstevnic, stínovaných vrstevnic a stínování. Testování byli zkušení čtenáři map – vojáci. Ti seděli každý den u jiného stolu s jinou analogovou mapou, nad kterou plnili různé úlohy. Výsledek této studie byl srovnáván se studií Philipse a kol. (1975). Výsledky obou studií ukázaly, že díky gradujícím odstínům můžeme lépe interpretovat hřebeny a údolí. Vrstevnice i stínované vrstevnice mají stejně dobré výsledky, ale po přidání stínovaného reliéfu nastává menší přesnost v interpretaci terénu. Zkušené čtenáři map stínování vůbec nepotřebují a vystačí si pouze vrstevnicemi.

Philips a kol. (1975) nenašli žádný významný vliv na získávání informací o terénu pomocí přidání stínování k vrstevnicím nebo k vytvoření stínovaných vrstevnic. Na druhou stranu Kempf a Poock (1969) zjistili, že stínování se společným použitím vrstevnic výrazně snižuje čas potřebný k interpretaci mapy. Podobně Delucia (1972) zaznamenal fakt, že v případě hledání určitého místa na mapě dochází ke zvyšování času za předpokladu, pokud je k vrstevnicím přidáno stínování. I přes využívanější způsob znázornění výškopisu pomocí vrstevnic je pravděpodobnější, že vizualizace výškopisu pomocí stínovaného reliéfu poskytuje lepší vizuální interpretaci využívané zejména při strmějším povrchu, kde jsou od sebe vrstevnice často příliš blízko sebe (Raposo a Brewer, 2014).

Jedním ze způsobů vizualizace terénu je 3D vizualizace. Nadmořská výška je zobrazována pomocí souřadnice Z. Využívání 3D geovizualizace má své výhody i nevýhody. Mnoho uživatelů není schopno pracovat s mapou. Problémy mají zejména s topografickými mapami, na kterých je povrch znázorněn vrstevnicemi. Tito uživatelé pak mohou využít 3D mapy, ze kterých získají jednodušeji představu o výškových poměrech (Schobesberger a Patterson, 2007). Schobesberger a Patterson (2007) porovnávali rozdíly mezi 2D a 3D mapami národního parku Zion v Utahu. Data sbírali dvojím způsobem, a to pomocí informační cedule přímo v lokalitě nebo

pomocí dotazníků vyplněnými návštěvníky parku. Díky atraktivitě se ukázala jako vhodnější varianta 3D mapy. Dotazníků pro zjištění uživatelských preferencí mezi 2D a 3D mapami využili také Petrovič a Mašera (2004). Respondenti se měli rozhodnout, který typ mapy by využili pro řešení čtyř úkolů: měření vzdálenosti, porovnávání výšek, určení směru k severu a hodnocení sklonu trasy. U měření vzdáleností měli uživatelé problémy s 3D mapami, ale pro odhad výšky a směru byly 3D mapy lepší. Dotazníků využila také Savage (2004), která zkoumala využití 3D perspektivního pohledu oproti tradiční 2D topografické mapě. Respondenti byli náhodně rozděleni do dvou skupin a řešili prostorové úlohy nad 2D či 3D mapou. Výsledky této studie odhalily nevýhody 3D varianty u zjišťování výšky objektů (např. měření vzdáleností) a zároveň neodhalily žádnou výhodu u otázky týkající se odhadu výšek.

Chang a kol. (1985) zkoumali čtení topografických map na základě zkušenosti uživatelů. Využili k tomu dotazníky a technologii eye-tracking. Položili si dvě základní otázky: „Čte zkušený uživatel mapu lépe než uživatel nezkušený?“ a „Jak se liší proces čtení map mezi zkušenými a nezkušenými uživateli?“. Deset map bylo zobrazeno 44 respondentům, každá z nich po dobu dvaceti sekund. V průběhu byly zaznamenávány pohyby očí a po každé otázce respondent odpovídal na otázky týkající se zapamatovaných informací z dané mapy. Bylo potvrzeno, že zkušení čtenáři map (studenti geografie) jsou obeznámeni s vrstevnicemi, které odpovídají konkrétním tvarům terénu. Zkušený čtenář mapy má tedy lepší představu o terénu než čtenář nezkušený (student psychologie).

Hodnocením 3D vizualizace pomocí technologie eye-tracking se zabýval Fuhrmann (2009), který zkoumal rozdíly ve vnímání tradiční topografické mapy a jejího 3D holografického ekvivalentu. Respondenti měli za úkol navrhnout optimální trasu. Analýzou eye-tracking metrik bylo zjištěno, že vhodnější je holografická varianta.

Dalším, kdo hodnotil vizualizace terénu pomocí eye-tracking, byla Irvankoski (2012) v diplomové práci zabývající se hodnocením vlivu tří typů vizualizace terénu na řešení čtyř úkolů s mapou (nalezení symbolu, porovnání výšky dvou bodů, výběr oblasti vhodné pro turistiku a hledání optimální trasy mezi dvěma body). Výsledky byly hodnoceny pomocí průměrné délky fixace, kde nejkratší průměrná fixace byla zaznamenána u reliéfu znázorněného pomocí stínování. To naznačuje, že by tato metoda měla být pro uživatele nejjednodušší.

4.3 Hodnocení stínování v mapách

Efekt obráceného terénu může působit iluzi, kdy můžeme vnímat reliéf obráceně (údolí vnímáme jako hřeben a naopak). Tato iluze může vést k hrubým chybám při interpretaci terénu. V současné době dochází k prozkoumávání tohoto jevu. Touto problematikou se zabývali Bernabé-Poveda a Çoltekin (2015). Ti zkoumali efekt obráceného terénu u satelitních snímků obsahujících stíny. Online experimentu se zúčastnilo 535 respondentů. Účastníci testu určovali, zda se jedná o údolí či hřeben nebo určovali, zda je bod A ve vyšší nadmořské výšce než bod B. V testování originálních snímků byli lidé úspěšní v určování tvaru reliéfu. K potížím vnímání tvaru reliéfu došlo při otočení snímků o 180°. Toto zjištění bylo prošetřeno a nabízí se tak otázka, jak vyřešit tento problém, protože při práci v interaktivním prostředí si uživatelé mohou otáčet s obrazem na svých displejích, což může mít za následek špatné vnímání jednotlivých tvarů reliéfu.

V jiné podobné studii zkoumali Biland a Çoltekin (2016) směr osvětlení u map se stínovaným reliéfem a jeho změny a vliv na efekt inverzního reliéfu. Efekt inverzního reliéfu (nebo obrácený terén) je velmi známý jev u mapy nastávající díky stínu, který je hlavním podnětem pro vnímání trojrozměrného tvaru v mapě. Příčinou tohoto efektu je směr osvětlení. Inverzní efekt s ohledem na měnící se směr světla není v současné době uznáván a existuje jen málo důkazů ohledně tohoto tématu.

Studie Bernabé-Poveda a Çoltekin (2015) systematicky hodnotí vliv směru světla na přesnost vnímání terénu u map se stínovaným reliéfem. Byl proveden eye-tracking experiment, kterého se zúčastnilo 27 respondentů. Ti měli určit konkávní a konvexní terén ve stínovaných mapách za použití pěti bodové Likertovy stupnice, kde jsou odpovědi jasně dané v rozmezí údolí-hřeben. Osm různých míst bylo osvětleno z 16 různých směrů pro získání výsledných 128 obrázků.

Výsledky studie ukázaly, že dopadající světlo na 337,5° severo-severozápad značí největší přesnost v identifikaci terénu mezi zkoumanými směry. Výsledek je přesnější než nejvíce používaný směr osvětlení 315° (NW). Proto byla navržena aktualizace této dohody a byl doporučen zdroj světla v úhlu 337,5° při tvorbě stínovaného reliéfu. Je zajímavé poznamenat, že 0° také vede k lepším výsledkům než 315°.

Teoretickým přínosem bylo pozorování, že západní směr osvětlení (tj. vlevo) má větší přesnost než východní (tj. vpravo). Spolu s teoretickým nejlepším směrem světla 13,4° vlevo od svislé osy potvrzují tyto výsledky zaujatost vlevo, a proto spojování vjemové psychologie s kartografickými experimenty má smysl.

Experiment byl vyhodnocen statisticky, ale nebyly vyhodnoceny pohyby očí (eye-movement data). Tento článek byl replikován v praktické části této bakalářské práce s cílem potvrdit nebo vyvrátit tvrzení o zavedení zdroje světla v úhlu 337,5°.

Dalším, kdo se zabýval stínovaným reliéfem za účelem měření účinku stínovaného reliéfu na čtení mapy, byl DeLucia (1972), který provedl celkem dva experimenty. Respondenti plnili určité úkoly v mapě a zaznamenávali odpovědi do záznamových archů. U jedné části testu byl měřen čas trvání při hledání odpovědi. Testovaná hypotéza v obou pokusech byla následující: použití stínovaného reliéfu snižuje čitelnost všech ostatních symbolů v mapě, čímž je pro čtenáře mapy obtížnější najít informaci týkající se symbolů, což má za následek výrazné zvýšení času potřebného vyhledání určité informace, která se netýká povrchu. Výsledek experimentu tuto hypotézu potvrdil.

O tři roky později se čitelností map zabývali také Phillips a kol. (1975). Jejich studie zkoumala na základě 13 map čitelnost čtyř rozdílných způsobů zobrazení terénu pomocí vrstevnic, vrstevnic v kombinaci se stínováním, barevné hypsometrie a kót. Experimentu se zúčastnilo 179 respondentů, mezi kterými byli policejní kadeti ve svém prvním ročníku považováni za zkušené uživatele map. Několik týdnů před testováním byli kadeti rozděleni do skupin podle zkušeností a to pomocí dotazníkového šetření. Celkem vznikly čtyři skupiny, kde každý z určité skupiny kadetů používal mapy s jednou a to vždy stejnou metodou zobrazení reliéfu (například 13 map s vrstevnicemi). Všichni účastníci obdrželi brožuru s mapami a otázkami. Výsledky studie ukázaly, že u velkého množství otázek byly zjištěny statisticky významné rozdíly, ale ani jeden ze způsobů zobrazení terénu neukázal nejlepší výsledky u všech otázek. Výsledky ukázaly, že výběr metody zobrazení reliéfu má velký vliv na to, jak uživatel v mapě čte a volba metody závisí na účelu mapy.

Důležitým prvkem u map je jejich použitelnost. Termín „použitelnost“ (angl. usability) je definován podle standardu (ISO, 1998) jako “Efektivita, účinnost a spokojenost s prostředím, pomocí něhož uživatelé dosáhnou stanovených cílů” (Li a kol., 2010).

Při hodnocení použitelnosti stínování v mapách ve své disertační práci použil Popelka (2015) technologii eye-tracking. Před vlastním experimentem byla na příkladu jedné dvojice stimulů ověřena hypotéza, že stínování z pravého dolního rohu mapy (na severní polokouli z jihovýchodu) je pro uživatele matoucí a mnozí vnímají terén jako negativ. Další potvrzenou hypotézou bylo tvrzení, že respondenti z estetického hlediska preferují stínovanou (3D) mapu, avšak v případě řešení zadaného úkolu (hledání vrcholu či obce) byly odpovědi respondentů vyrovnané a varianta se stínováním se tak neukázala jako efektivnější. Výsledky experimentu dokázaly, že stínované mapy jsou pro vyhledávání obce či vrcholu méně vhodné než jejich varianta bez stínování, a to zejména v případě hledání obce. Výsledky experimentu byly taktéž srovnány se zjištěním práce Putto a kol. (2014), kde se jako nejvhodnější ukázalo právě využití stínovaného reliéfu.

Putto a kol. (2014) zkoumala tři různé vizualizace a to vrstevnice, stínovaný reliéf a perspektivní pohled s trojúhelníkovou mřížkou. Opět byla použita technologie eye-tracking. Experimentu se zúčastnilo 26 studentů ve věku 18 až 37 let. U jednotlivých metod byly srovnány délky fixace. Délka fixace byla nejkratší u stínovaného reliéfu, z čehož plyne, že stínovaný reliéf by měl být nejvhodnější pro vizualizaci povrchu. Delší fixace se pak ukázaly u vrstevnic a vůbec nejdelší pak u perspektivního pohledu s trojúhelníkovou mřížkou.

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem stínování na kognici (vnímání) map a její výsledek by měl objasnit, zda je stínování v mapách vhodnou metodou či nikoliv.

5 HODNOCENÍ KOGNICE STÍNOVÁNÍ V MAPÁCH

Stínování v mapách lze hodnotit několika metodami. V této práci bylo využito on-line dotazníkového šetření na základě kterého byl vytvořen eye-tracking experiment, jehož cílem bylo uživatelské testování stínovaných a nestínovaných map.

5.1 Dotazníkové šetření

Jedním z podkladů pro tvorbu stimulů pro eye-tracking testování byl on-line dotazník využívající technologii Google Forms. Tato metoda byla zvolena z důvodu snadného šíření přes sociální sítě, e-mailové schránky a podobně. Dotazník byl také rozeslán mezi členy Klubu Českých Turistů a byl vyvěšen na fóru webové stránky geocaching. Dotazník byl vytvořen a publikován 7. 11. 2016 a odpovědi se shromažďovaly po dobu tří měsíců. Celkový počet respondentů byl 409.

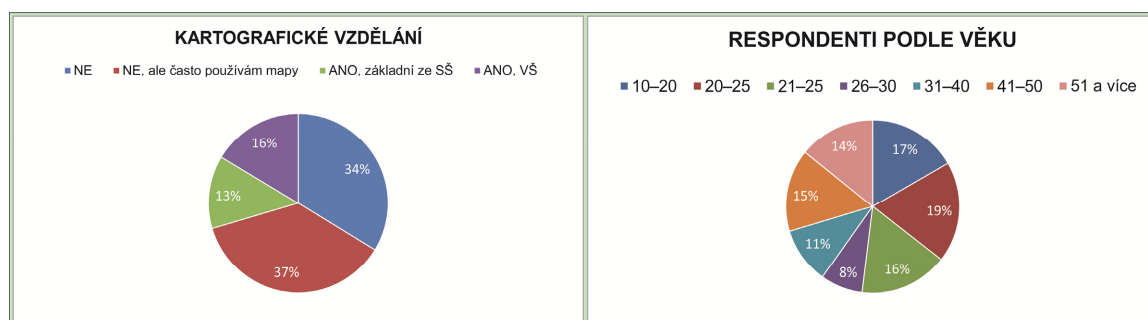
5.1.1 Obsah dotazníku

Cílem dotazníku bylo zjistit preference uživatelů map či mapových portálů. U nejvyužívanějších mapových portálů bylo hodnoceno grafické provedení map zobrazující průběh terénu.

V první části dotazníku se zjišťuje věk a pohlaví účastníka spolu s informacemi typu, jak často uživatel používá digitální či papírovou mapu, zda má kartografické vzdělání (Graf 1) a jestli mu mapa se stínovaným reliéfem pomáhá pro představení terénu, anebo jestli považuje za důležitý obsah stínování u turistické mapy.

V další části byly vytvořeny vždy tři varianty s barevnou stupnicí i bez ní. Tyto mapy obsahovaly buď vrstevnice a kóty; nebo vrstevnice, kóty a stínování; nebo jenom stínování. Následně bylo zjištěno, jaké mapové portály uživatelé používají, a které z nich nejčastěji.

Poslední část dotazníku tvořilo grafické hodnocení screenshotů z mapových portálů, odkud byly později některé z nich vybrány pro tvorbu stimulů.

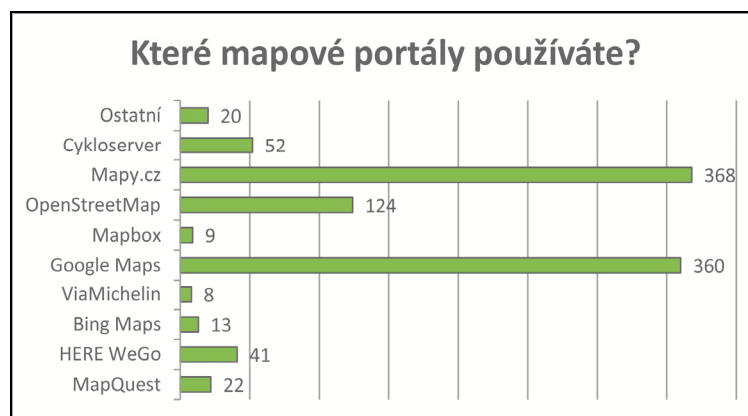


Graf 1 Dělení respondentů podle věku a kartografického vzdělání

5.1.2 Odpovědi na dotazník

Na dotazník odpovědělo celkem 409 respondentů (213 mužů a 196 žen) různého věku a vzdělání. U některých otázek byla zkoumána i použitelnost. V otázce: „Jak často používáte turistickou mapu v digitální či papírové podobě?“ odpovědělo 30 % respondentů několikrát do týdne. Nejméně tj. 6 % respondentů odpovědělo vůbec. Každá ze zbylých odpovědí (1x do týdne, 1x za měsíc a 1x za rok) měla přibližně 20 %. U otázky: „Pomáhá Vám mapa se stínovaným reliéfem pro lepší představení povrchu?“

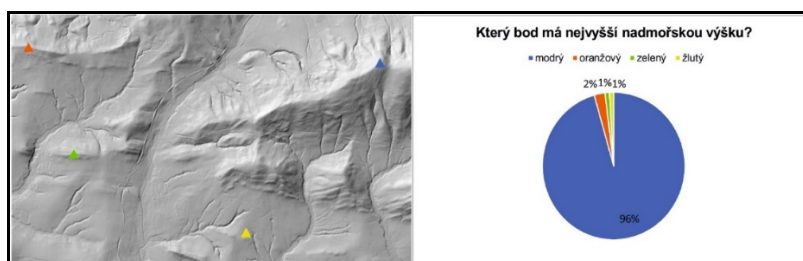
odpovědělo 79 % respondentů, že ano a 73 % z nich pak uvedlo, že pokud kupují turistickou mapu, je pro ně důležité, aby obsahovala stínování. Z těchto odpovědí lze jednoznačně říci, že uživatelé preferují mapu se stínováním. Další dvě otázky se zabývaly používáním mapových portálů.



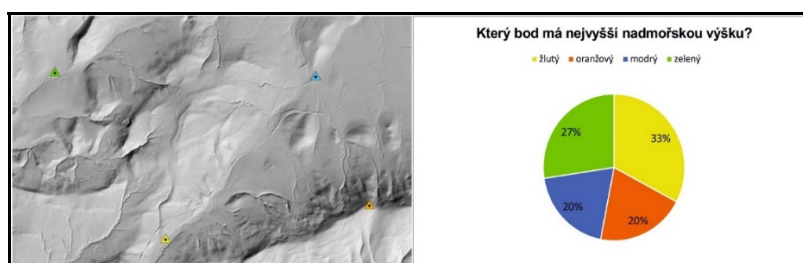
Graf 2 Využití mapových portálů respondentů dotazníku

U první z otázek respondenti označili všechny mapové portály, které používají (Graf 2). Je tedy jasné, že v České republice se používají nejvíce Mapy.cz a Google Maps.

V následující otázce bylo zjišťováno, který mapový portál daný uživatel používá nejčastěji. Mapový portál Mapy.cz označilo 57 % respondentů a Google Maps 36 % z respondentů. Z odpovědí lze určit, že respondenti nižšího věku spíše preferují mapový portál Google Maps, na rozdíl od lidí staršího věku, kteří používají nejvíce český mapový portál Mapy.cz. U další dvojice obrázků (Obrázek 18 a 19) byl zkoumán efekt inverzního terénu.



Obrázek 18 Volba bodu s nejvyšší nadmořskou výškou - směr osvitů 315° (NW).

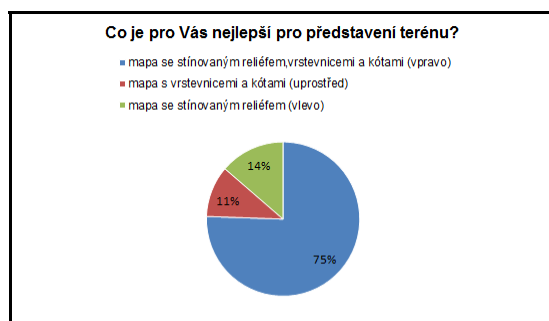


Obrázek 19 Volba bodu s nejvyšší nadmořskou výškou - směr osvitů 135° (SE).

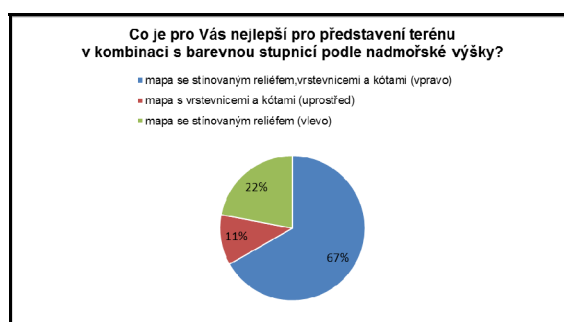
Bylo vybráno stejné pohoří, ale území odlišné. U obrázku s nastavením směru osvitů 315° drtivá většina uživatelů odpověděla správně, že modrý bod má nejvyšší nadmořskou výšku. U dalšího z obrázků se odpovědi respondentů lišily z důvodu efektu

inverzního reliéfu, který vznikl při nastavení směru osvitů 135°. Pouze 20 % lidí odpovědělo správně, že bod s nejvyšší nadmořskou výškou je oranžový.

Z důvodu porovnávání vizualizace výškopisných metod byly do dotazníku zařazeny následující otázky, kde byla zkoumána nejlepší metoda pro představení terénu (Obrázek 20) a také vhodná metoda pro představení povrchu v kombinacích s barevnou stupnicí podle nadmořské výšky (Obrázek 21). U první otázky odpovědělo 75 % respondentů, že je to mapa se stínovaným reliéfem, vrstevnicemi a kótami. U druhé otázky byl povrch navíc zobrazen ještě barevnou hypsometrií a zde odpovědělo 67 % respondentů podobně, jako v prvním případě, ale mapa se stínovaným reliéfem by vyhovovala 22 % respondentů, což je poměrně významný počet.



Obrázek 20 Preference výškové metody.



Obrázek 21 Kombinace s barevnou hypsometrií.

Poslední částí dotazníku bylo hodnocení mapových portálů (příloha 7), které bylo později použito jako podklad pro návrh eye-tracking experimentu. Seznam otázek dotazníkového šetření je součástí přílohy 6. Celý on-line dotazník je pak součástí volné přílohy.

5.2 Příprava eye-tracking testování

Kognitivní kartografie zkoumá percepci map za účelem zvýšení efektivity a jejich přizpůsobení potřebám konkrétních uživatelů, což je označováno jako usability studies neboli studie použitelnosti (Popelka, Vávra, Brychtová, 2014).

Nielsen (2003) definuje použitelnost jako kvalitativní atribut ukazující konkrétní uživatelské rozhraní připravené splnit požadavky uživatele z hlediska ovládnání prostředí.

Eye-tracking je jednou z metod aplikovaných ve studiích použitelnosti (Li a kol., 2010). Technologie eye-tracking je podle Gienka a Levina (2005) založena na principu sledování

pohybu lidských očí při vnímání obrazu. Zařízení, které je schopné tyto pohyby sledovat a měřit, se označuje jako eye-tracker.

Mezi metody hodnocení použitelnosti řadíme průzkum cílové skupiny (Focus Group Studies), rozhovor (Interview), přímé pozorování (Direct Observation), přemýšlení nahlas (Think-aloud Protocol), retrospektivní přemýšlení nahlas (Retrospective Think-aloud Protocol) a zachycení obrazovky (Screen Capture) a metodu zaznamenávání a analýzu pohybu očí (Popelka, 2015).

Eye-tracking byl poprvé využit pro hodnocení map a kartografických děl již na konci 50. let 20. století (Enoch, 1959). Ve větší míře se však využívá až v posledních deseti až patnácti letech. Analýzami eye-tracking dat jsou uvažovány jak metody statistické analýzy, tak vizuální analýzy (visual analytics) různých způsobů vizualizace eye-tracking dat. Metody analýzy eye-tracking dat mohou pracovat buď přímo s prvotními (raw) daty, nebo s daty klasifikovanými na fixace a sakády (Popelka, 2015).

Jeden z nejdůležitějších pohybů očí není ve své podstatě pohyb. Jedná se spíše o schopnost udržet oko zaměřené na určitý bod. Tato schopnost oka je označována jako fixace (Hammoud a Mulligan, 2008). Fixací se rozumí stav, kdy se oko zaměří na určitý předmět a je zdánlivě nehybné. Ve skutečnosti však neúmyslně vykonává nepatrné pohyby – mikrosakády (Fekiač, 2013). Pro přesun z jedné fixace na další provádějí oči rychlé balistické pohyby označované jako sakády. Sakády představují nejrychlejší pohyb části lidského těla. Rotační rychlost velkých sakád dosahuje až 500°/s. Během sakád lidský mozek nevnímá téměř žádné vizuální vjemy. Tento fakt není způsoben pouze rozmazáním vnímaného obrazu, ale také nervovým procesem označovaným jako sakadické potlačení neboli saccadic suppression (Hammoud a Mulligan, 2008).

Většina moderních eye-trackerů, tedy zařízení schopných zaznamenávat pohyb očí, je založena na principu bezkontaktního snímání středu zornice a korneálního odrazu přímého paprsku infračerveného světla (Holmqvist a kol., 2011).

Eye-tracker je nejčastěji umístěn pod monitorem, na kterém je zobrazován studovaný obraz (stimulus). Součástí tohoto zařízení je jedno nebo více infračervených světel, které svítí směrem na uživatele. Zařízení také obsahuje kameru, která snímá oči uživatele. Ta na základě rozpoznávání obrazu nalezne střed zornice a odraz infračerveného světla (Popelka, 2015).

Při tvorbě všech eye-tracking experimentů byl využit within-subject design experimentu, což znamená, že všichni respondenti viděli všechny stimuly experimentu. Experiment se skládal ze dvou testů, kde byly vždy porovnávány dvojice obrázků. Jeden z obrázků byl součástí prvního testu a druhý toho dalšího, který následoval minimálně tři dny poté, jelikož dvojice měly společné území a účastníci testu by si mohli zapamatovat své odpovědi. V této práci bylo cílem eye-tracking experimentu odhalit vlivy stínování na kognici map.

V první fázi byl využit on-line dotazník, který byl hodnocen v kapitole 5.1. Na základě odpovědí dotazníku byl vytvořen eye-tracking experiment.

Na začátku každého experimentu byly vysloveny výzkumné předpoklady, které byly pomocí eye-tracking testování ověřeny. Pomocí objektivní metody eye-tracking byl ověřován vliv směru osvitů a vliv stínování na kognici map.

Testování probíhalo v eye-tracking laboratoři na Katedře geoinformatiky. Pro snímání pohybu očí byl využit přístroj SMI RED 205 s frekvencí 250 Hz. Experiment byl vytvořen

v programu SMI Experiment Center™. Analýza a zpracování naměřených eye-tracking dat bylo provedeno v programu SMI BeGaze™ a RStudio.

Před začátkem tvorby stimulů byl proveden výběr použitých zdrojů a programů na základě dotazníkového šetření a také konzultace s vedoucím práce.

Stimuly pro první část byly připraveny pomocí webové aplikace Plan Oblique Europe.¹⁶ Pro druhou část experimentu byly vytvořeny stimuly pomocí vybraných mapových portálů (Cykloserver.cz, Google Maps, HERE WeGo, Kompass, ČÚZK) a platformy Mapbox.

Stimuly pro třetí část byly vytvořeny pomocí programu ArcMap 10.2 od společnosti ESRI a nástrojů Terrain Tools Sample v1.1, které obsahují doplňující metody pro zobrazení výškopisu. Stínování v prostředí ArcGIS je možné vytvořit pomocí funkce Hillshade, která se nachází v rozšíření 3D Analyst pod záložkou Raster Surface. Pokud chce tvůrce mapy vytvořit sofistikovanější reprezentaci terénu pomocí osvětlení z více míst, nebo chce použít jiné techniky, může využít toolbox Terrain Tools.¹⁷

Pro eye-tracking experiment byly vybrány metody Cluster Hillshade, MDOW hillshade a Illuminated contours. Přehled těchto metod je dostupný jako příloha 1.

5.2.1 Průběh a design experimentu

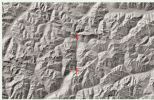
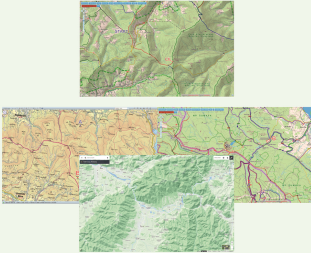
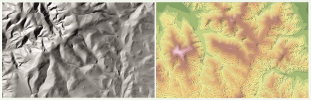
Výběr stimulů pro eye-tracking experiment byl proveden na základě konzultací s vedoucím práce a on-line dotazníku, ve kterém byl na dvou obrázcích testován vliv směru osvětlení a na dalších několika obrázcích byly pak hodnoceny screenshoty z mapových portálů.

Byly vytvořené dva testy z důvodu porovnávání dvojice obrázků. V případě, že by tato dvojice byla v jednom testu, většina respondentů by si pamatovala odpověď, jelikož u každé z dvojic je použito stejné území, ale jiná metoda zobrazení výškopisu.

Oba testy tedy měly stejnou strukturu, stejný počet stimulů a také rozdělení do tří částí. Navržená struktura experimentu skládající se z obou testů je součástí volné přílohy 11. U prvního testu byl respondentovi zobrazen jeden obrázek z dané dvojice a u druhého testu, který následoval nejméně tři dny po prvním testu, byl účastníkovi testu ukázán druhý z dvojice obrázků.

¹⁶ Zdroj: <http://cartography.oregonstate.edu/tiles/PlanObliqueEurope/>

¹⁷ Zdroj: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=4b2ea7c5f87d476a8849c804b81667aa>

| PRŮBĚH EYE-TRACKING EXPERIMENTU každý respondent absolvoval 2 testy, ve kterých se stimuly lišily použitým stínováním následuje popis jednoho z nich | |
|---|--|
| UVÍTÁNÍ ÚVODNÍ INFORMACE O TESTU KALIBRACE VYPLNĚNÍ ZÁKLADNÍCH INFORMACÍ věk pohlaví kartografické vzdělání | |
| ČÁST 1 (16 stimulů) úkol: určení tvaru terénu mezi červenými šipkami 8x směry osvětlu: NW (315°) x NNW (337,5°) 8x směry osvětlu: NW (315°) x SE (135°) |  |
| ČÁST 2 2a. ZMĚNA SKLONU SVAHU (7 stimulů) úkol: označit stoupání a klesání na linii v terénu 2b. TŘÍ RŮZNÉ ÚLOHY (7 stimulů) úkoly: určení viditelnosti bodů určení nejvyššího vrcholu zvolení trasy s menším převýšením |  |
| ČÁST 3 (4 stimuly) úkoly: určení nejprudších svahů (2 nebo 3) určení 1 nebo 2 nejvyšších vrcholů |  |
| UKONČENÍ EXPERIMENTU | |

Obrázek 22 Průběh eye-tracking experimentu.

V úvodu testu byl respondent seznámen s účelem prováděného testování a informacemi o tom, jak bude experiment probíhat. Následovala kalibrace přístroje pro respondentovy oči tak, aby byl záznam co nejpřesnější (odchylka $<1^\circ$).

Po úspěšné kalibraci vyplnil každý respondent několik základních informací (příjmení, věk a kartografické vzdělání). Poté byl respondentovi zobrazen úvodní obrázek s textem, ve kterém byl vysvětlen průběh testu a způsob odpovídání na jednotlivé otázky.

Následovala první část testu, kde byl po cvičné otázce spuštěn vlastní experiment. Jako první se respondentovi vždy zobrazil úkol (určení tvaru terénu mezi červenými šipkami), poté na krátkou dobu fixační kříž (600 ms), jehož účelem je, jak uvádí Popelka (2015), nastavit stejnou počáteční pozici jednotlivých trajektorií. Po fixačním kříži byl respondentovi zobrazen vlastní stimulus na dobu neurčitou. Čas potřebný pro zjištění odpovědi byl individuální. Jakmile účastník věděl odpověď, přesunul se pomocí mezerníku na formulář, do kterého zaznamenal svou odpověď. Následovaly další podobné otázky tohoto typu.

Druhou část testu tvořily screenshoty z mapových portálů. Tato část se dělila na část 2a a 2b (Obrázek 22). V části 2a byla nejprve zobrazena cvičná otázka, kde účastník pomocí kliknutím levým nebo pravým tlačítkem myši zaznamenával změnu sklonu svahu. Těchto úloh bylo celkem 7. Část 2b tvořili úlohy typu hledání nejvyššího vrcholu, viditelnosti mezi body a určení snadnější trasy (s menším převýšením). U otázky hledání nejvyššího vrcholu odpovídal respondent kliknutím levým tlačítkem myši. Ve zbývajících dvou otázkách zaznamenával odpovědi do formuláře.

Třetí část testu se skládala ze 4 stimulů a účastníci po přečtení otázky odpovídali pomocí levým kliknutím myši přímo do mapy a tímto způsobem označovali nejprudší svahy a nejvyšší vrcholy.

5.2.2 Testování – část 1

V první části byla pro tvorbu stimulů použita webová aplikace Plan Oblique Europe.¹⁸ Zde bylo vytvořeno celkem 16 screenshotů (stimulů), které byly součástí první části obou testů. V této části byl testován směr osvitu. Tato část se pak dělila na dvě dílčí části, ve kterých byly porovnávány různé směry osvitu s různě orientovanými částmi terénu.

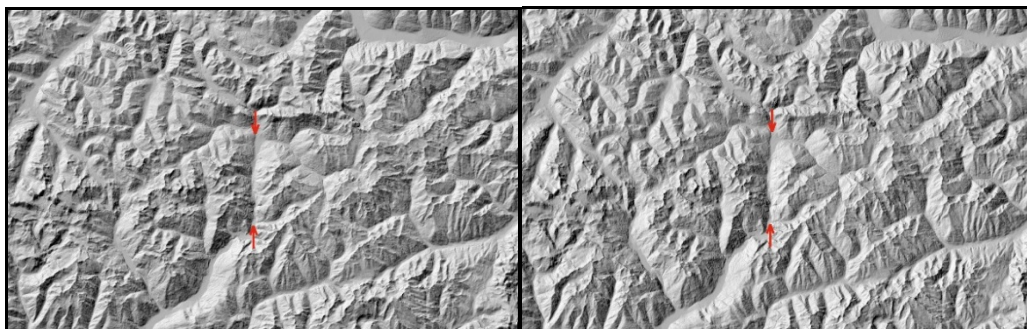


Obrázek 23 Trénovací otázka (část 1).

Na trénovací otázce (Obrázek 23) bylo respondentovi vysvětleno plnění úkolů v první části testu. Účastníkovi byla vždy zobrazena otázka: „Rozhodněte, zda se část terénu mezi červenými šipkami nachází v údolí nebo na hřebenu kopce“. Po této otázce následoval stimulus zobrazený do doby, než se respondent přesunul stisknutím mezerníku k formuláři, kde zaznamenal svou odpověď.

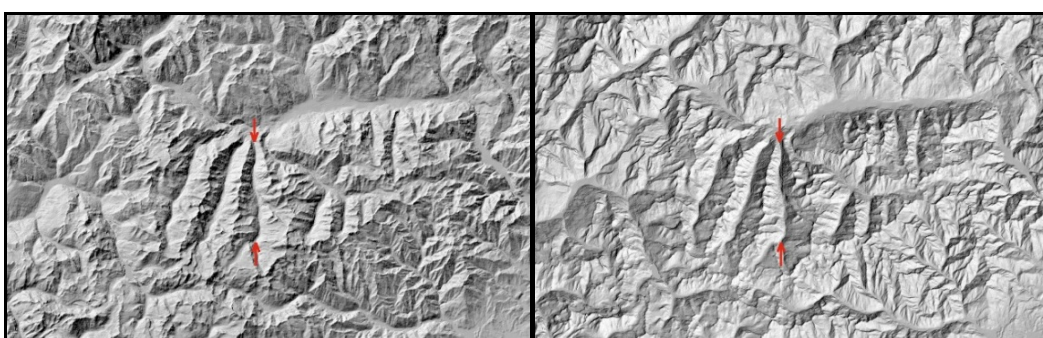
U osmi dvojic byl porovnáván směr osvitu 315° a 337,5° jako replikace studie Biland a Çoltekin (2016). Byly vybrány čtyři údolí a čtyři hřebeny a to tak, že směr tvaru terénu byl buď 0°, 45°, 90° nebo 135°. Účastník tedy například určil tvar terénu se směrem osvitu 315° (NW) a v příštím testu určoval tvar podle směru osvitu 337,5° (NNW) na tom samém území (Obrázek 24). Objektivitu odpovědí bylo dosaženo díky nekolikadenní pauze mezi testy.

¹⁸ Zdroj: <http://cartography.oregonstate.edu/tiles/PlanObliqueEurope/>



Obrázek 24 Směr osvitů 315° (vlevo) a 337,5° (vpravo).

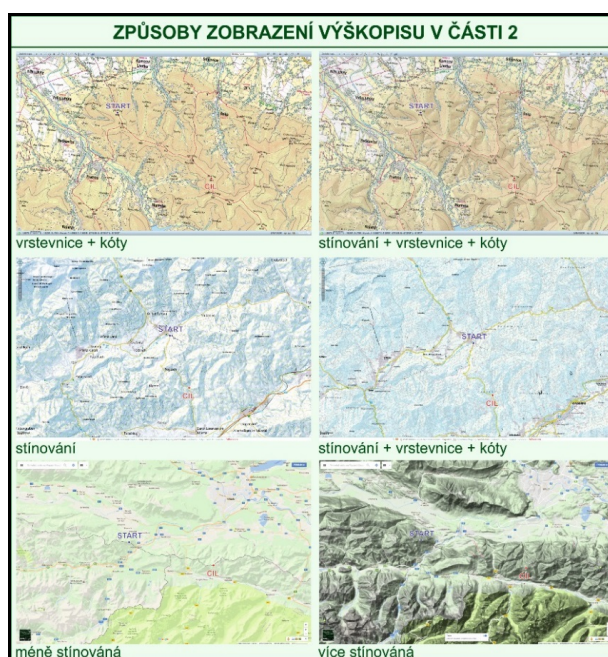
Podobně bylo vytvořeno i zbylých osm dvojic první části porovnávající směr osvitů 315° (NW) a 135° (SE). Zde bylo zjišťováno, zda dojde u respondentů k efektu inverzního terénu (Obrázek 25).



Obrázek 25 Směr osvitů 315° (vlevo) a 135° (vpravo).

5.2.3 Testování – část 2

V celé druhé části testu byly porovnávány jak dvojice obrázků (Obrázek 26), tak skupiny, do kterých byly tyto dvojice zařazeny (viz tabulka v příloze 1).



Obrázek 26 Způsoby zobrazení výškopisu.

5.2.4 Testování – část 2a

Část 2a každého testu tvořilo celkem čtrnáct stimulů. Zde se stimuly odlišovaly, jak otázkami, tak zdroji. Tato část byla opět rozdělena do dvou dílčích částí.

V první z nich byly úlohy stejné. Zde byla využita otázka podle článku (Castner, 1979) a to: „Kolikrát se mění sklon svahu mezi označenými body?“ V tomto případě byla otázka následující (Obrázek 27).

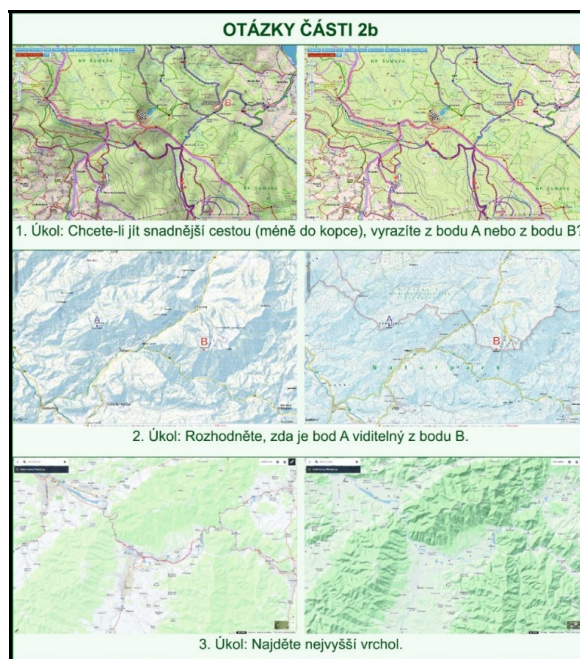


Obrázek 27 Trénovací otázka – část 2a.

V části 2a účastník klikal levým tlačítkem v případě stoupání terénu a pravým při klesání terénu. Kliknutí myši bylo vždy provedeno doprostřed stoupajícího nebo klesajícího svahu. Tato úloha se opakovala celkem 7x.

5.2.5 Testování – část 2b

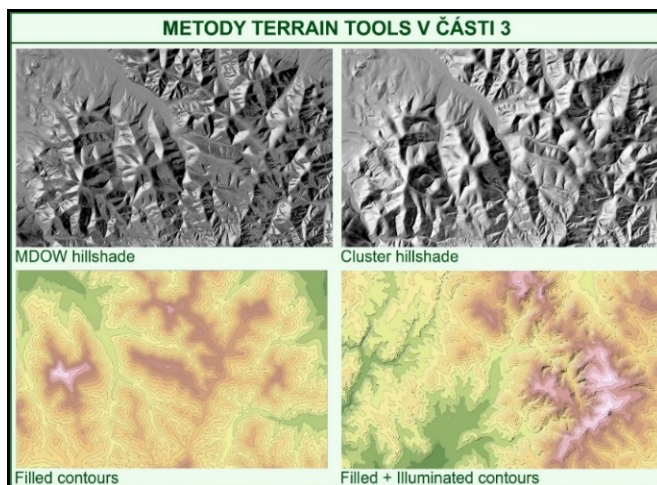
V první z úloh měl účastník rozhodnout, jaká ze dvou tras na vrchol je snadnější – méně do kopce s menším převýšením. Zde odpovídal vždy do formuláře, který následoval po stisknutí mezerníku po stimulu. U druhé z úloh, kde respondenti odpovídali také do formuláře, byl plněn úkol spočívající v určování, zda je bod A viditelný z bodu B. Ve třetí úloze části 2b byl pomocí kliknutí levého tlačítka myši určován nejvyšší vrchol zobrazovaného území (Obrázek 28).



Obrázek 28 Vybrané stimuly s otázkami – část 2b.

5.2.6 Testování – část 3

Třetí a zároveň poslední část testů byla tvořena pouze čtyřmi stimuly. Ty byly vytvořeny za pomoci toolboxu Terrain Tools Sample v1.1 dostupného pro ArcGIS for Desktop nebo ArcGIS. Byly vytvořeny alternativní reprezentace terénu pomocí funkcí “MDOW Hillshade, Cluster Hillshade, Filled Contours a Illuminated Contours” (Obrázek 29). Účastníci odpovídali pomocí levého kliknutí myši přímo do mapy a odpovídali tak na úlohy, kde hledali určitý počet nejprudších svahů či nejvyšších vrcholů.



Obrázek 29 Použité metody Terrain tool – část 3.

5.2.7 Účastníci experimentu

Pro účely bakalářské práce byl proveden eye-tracking test, kterého se zúčastnilo celkem 40 respondentů, a to 25 mužů a 15 žen ve věku 19 až 31 let. Polovina z nich měla kartografické vzdělání. Tuto část respondentů tvořili převážně studenti prvního a druhého ročníku geoinformatiky. Druhou polovinu respondentů tzv. nekartografů tvořilo deset studentů prvního ročníku geoinformatiky, kteří mají minimální zkušenosti s kartografií, a deset zbývajících respondentů tvořili studenti jiných fakult Univerzity Palackého, popřípadě pracující v jiném oboru než v kartografii a geoinformatice. Každý z respondentů se musel testování zúčastnit dvakrát a mezi jednotlivými testováními byla tři dny pauza z důvodu objektivity výsledků.

5.3 Vyhodnocení eye-tracking testování

Vyhodnocení testu je zaměřeno na vlivy stínování na kognici map, kde je pro vyhodnocení použito správných odpovědí a naměřených eye-tracking dat.

V provedeném experimentu byly zkoumány dvě hlavní výkonnostní metriky – účinnost (správnost vyřešení odpovědi) a efektivita (rychlost s jakou respondenti úlohu vyřešili). Další analýzy tvořily vybrané eye-tracking metriky (délka trajektorie oka v rámci stimulu, čas strávený na snímku a četnost fixací).

Tabulka 1 Metriky použité pro analýzu dat (Popelka, 2015)

| Metrika | Popis metriky |
|-----------------|--|
| Trial Duration | Čas strávený na snímku – delší časový interval naznačuje potíže při získávání informací |
| Scanpath Length | Délka trajektorie oka v rámci stimulu [px], na základě její velikosti lze odvodit obtížnost otázky nebo srozumitelnost stimulu |

Ve většině případů byla odchylka kalibrace pod 1°. Průměrná odchylka je 0,52°. Průměrné Tracking Ratio je 98,68 %.

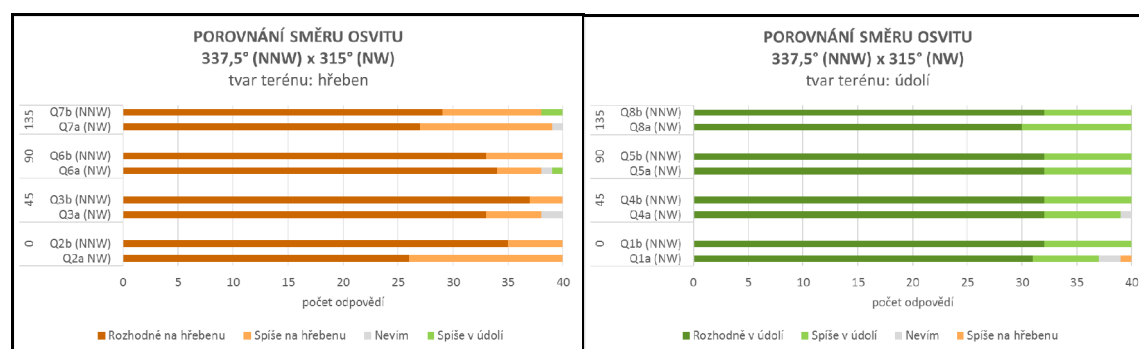
Detekce fixací proběhla pomocí algoritmu I-DT s nastavením parametru pro Min. Duration = 80 ms a Max. Dispersion 50 px podle (Popelka, 2014).

Dne 21. 2. 2017 od 14:30 hod byly u třech respondentů nahraná eye-movement data pouze u každého druhého stimulu. To znamená, že u některých stimulů chybí eye-tracking data některého z respondentů. Odpovědi však byly zaznamenány všechny a po konzultaci s vedoucím práce byla tato neúplná data ponechána v experimentu.

Správnost odpovědí byla zjišťována v programu SMI BeGaze™, odkud byly vyexportovány odpovědi respondentů zaznamenávané do formulářů. Export proběhl ve formě textového souboru formátu *.txt. Soubor byl následně importován a zpracován v tabulkovém procesoru Microsoft Excel, kde byly vytvořeny pruhové grafy. Tyto grafy jsou součástí textu a v plném rozlišení jsou dostupné v příloze.

5.3.1 Vyhodnocení – část 1

V první části, kde byly srovnávány směry osvitů, byla nejprve replikována studie Biland a Çoltekin (2016), ve které byl srovnáván směr osvitů 315° (NW) a 337,5° (NNW). Stimuly s těmito světelnými zdroji tvořily čtyři údolí a čtyři hřebeny se čtyřmi různými směry terénu 0°, 45°, 90° a 135°. Biland a Çoltekin (2016) podle výsledků své studie tvrdí, že při směru osvitů 337,5° (NNW) dosáhnou čtenáři lepších výsledků při identifikaci terénu, což lze potvrdit i podle výsledků provedeného eye-tracking testování v rámci této bakalářské práce. Při určování tvarů terénu (hřeben, údolí) byly nalezeny rozdíly v přesnosti odpovědí, kde hřeben (Graf 3, vlevo) měl menší počet správných odpovědí a respondenti se také prezentovali s menší jistotou ve svých odpovědích, na rozdíl od údolí (Graf 3, vpravo), kde byly odpovědi u všech otázek přibližně stejné. Průměrný počet správných odpovědí s možností rozhodně byl 32, což značilo velkou jistotu odpovědí. Pouze čtyřikrát byla zaznamenána odpověď “Nevím” a jednou špatná odpověď “Spíše na hřebenu”.

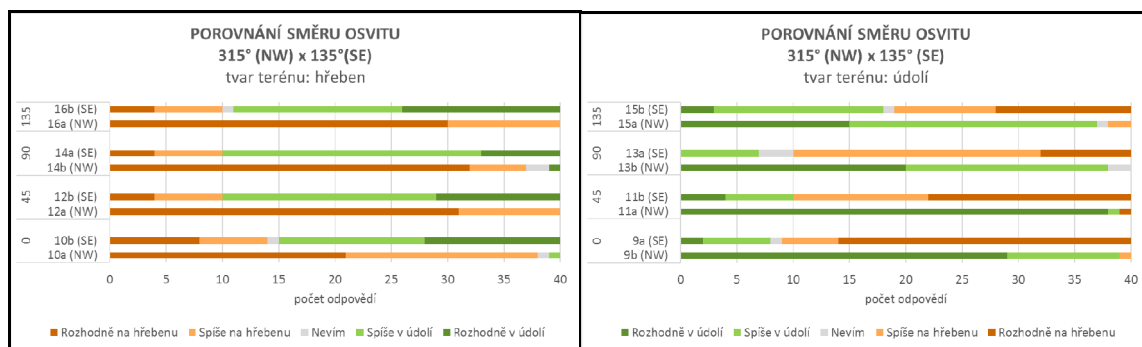


Graf 3 Odpovědi – NNW x NW – hřeben (vlevo) a odpovědi – NNW x NW – údolí (vpravo)

Další čtyři dvojice stimulů měly testovat efekt inverzního reliéfu, který byl prokázán již dříve. Výsledky eye-tracking experimentu dokazují, že při umístění světelného zdroje při úhlu 135° dochází jak k efektu inverzního reliéfu (Graf 4), tak se zvyšuje nejistota čtenářů mapy. U tohoto typu úlohy volili respondenti možnost zahrnující slovo “spíše”, tudíž si nebyli jisti svou odpovědí. Při směru osvitů 135° (SE) se ukázalo jako náročnější určování hřebenu, kde respondenti vykazovali větší nejistotu svých odpovědí. Zajímavostí je, že při určování údolí v úlohách 13 a 15 a směru osvitů 315° (NW)

byla pozorována také velká nejistota při odpovídání v porovnání s předchozími grafy zobrazující srovnání NNW x SE.

Velký vliv na určování tvaru terénu při opačném směru osvitů 135° (SE), a tedy i na efekt inverzního reliéfu, má orientace tvaru terénu. Jistota odpovědi je největší u orientace terénního tvaru při 0°. Nejvyšší míra nejistoty je u tvaru s orientací 90°.

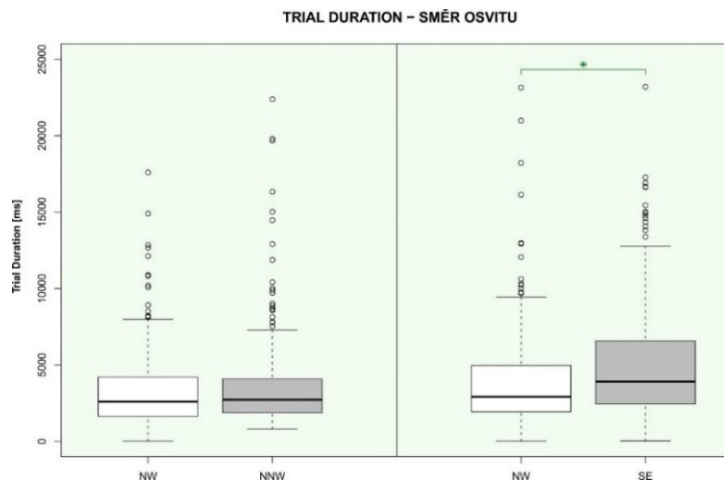


Graf 4 Odpovědi – NW x SE – hřeben (vlevo) a odpovědi – NW x SE – údolí (vpravo)

Při porovnání směru osvitů 315° (NW) a 337,5° (NNW) nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Mírně vyšší hodnoty Trial Duration byly pozorovány u NNW (2726 ms) než u NW (2597 ms).

Naopak statisticky významný rozdíl, značený v této práci symbolem hvězdy nacházející se v grafu, byl zjištěn mezi SE a NW. Při osvitů z jihovýchodu byl medián řešení úkolu 3913 ms a u NW 2925 ms.

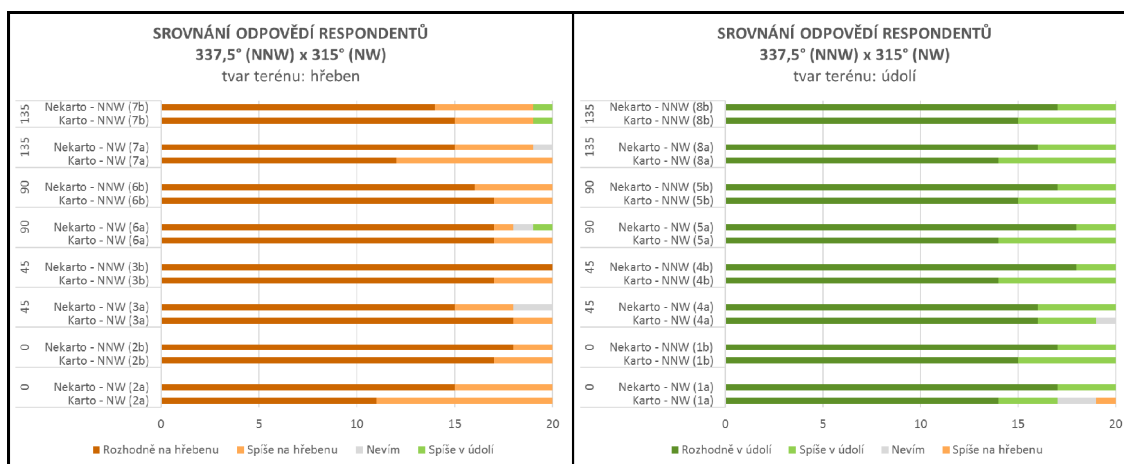
Bylo tedy zjištěno, že při nastavení směru osvitů SE čtenáři mapy déle řeší danou úlohu (Graf 5) a také u nich dochází k efektu inverzního reliéfu, a proto je míra jistoty při identifikaci tvaru terénu nízká.



Graf 5 Čas strávený na snímku u použitých směrů osvitů

Srovnání respondentů v části 1

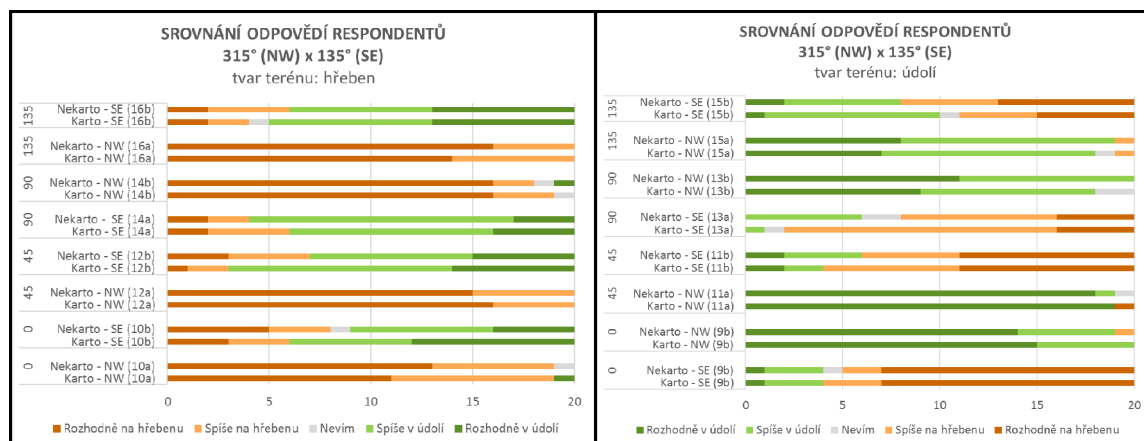
Srovnání kartografů a nekartografů ukazuje větší jistotu v odpovědích u skupiny bez kartografického vzdělání. Správnost u směru osvitů 315° (NW) a 337,5° (NNW) je velmi vysoká u obou skupin, a to jak při určování hřebenu (Graf 6), tak při určování údolí (příloha 3).



Graf 6 Kartografové/Nekartografové – NNW – NW – hřeben (vlevo), NNW – NW – údolí (vpravo)

U směru osvitu 135° (SE) lze pozorovat větší efekt inverzního reliéfu u kartografů při určování hřebenu i při určování údolí. Jistota odpovídání je podobná u obou skupin. Byl dokázán velký vliv na určování tvaru terénu při opačném směru osvitu 135° (SE) a tedy i na efekt inverzního reliéfu má orientace tvaru terénu.

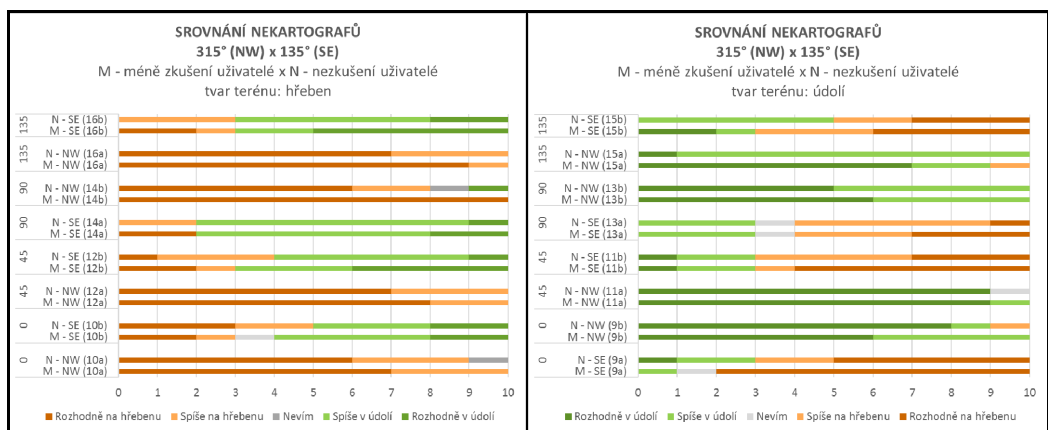
Obě skupiny vykazují podobnou jistotu odpovědí (Graf 7).



Graf 7 Nekartografové – NNW x NW – hřeben (vlevo), NNW – SE – údolí (vpravo)

Při směru osvitu 135° (SE) bylo zjištěno, že efekt inverzního reliéfu má větší vliv na uživatele s kartografickými zkušenostmi.

U této skupiny se ukázala i větší jistota v odpovědích. Efekt inverzního reliéfu byl výrazný při identifikaci údolí (příloha 5) i při identifikaci hřebenu (Graf 8), kde byl výraznější.



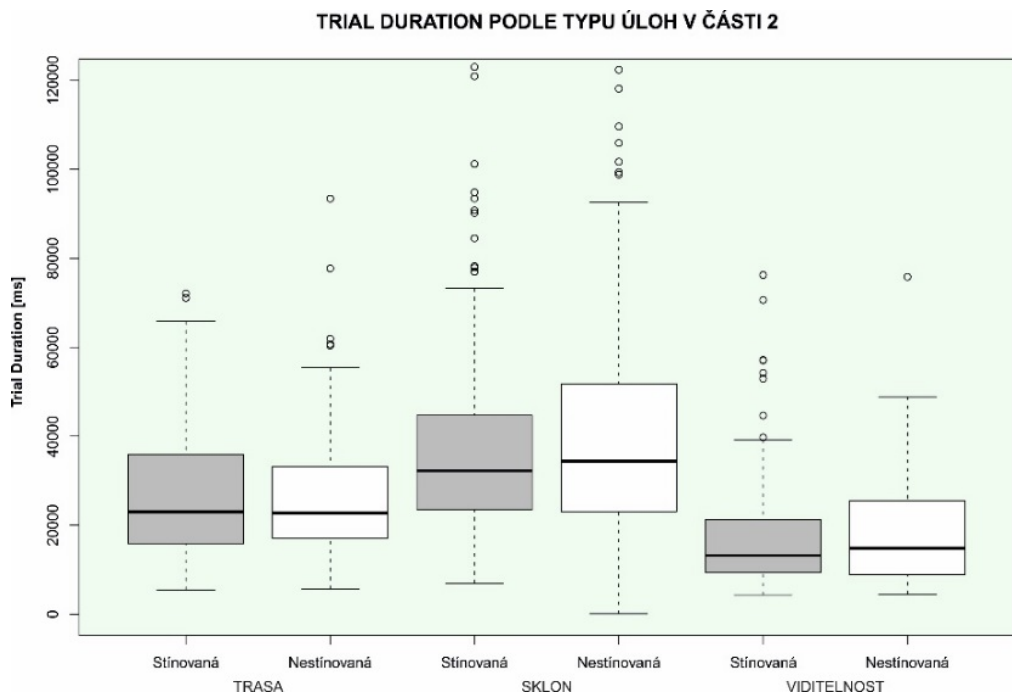
Graf 8 Nektartografové – NW x SE – hřeben (vlevo), NW x SE – údolí (vpravo)

5.3.2 Vyhodnocení – část 2

Ve druhé části byly porovnávány mapové portály s různými typy úloh. Nejdříve rozdíl mezi mapou s vrstevnicemi a kótami a pak mapou obsahující kromě vrstevnic a kót i stínování.

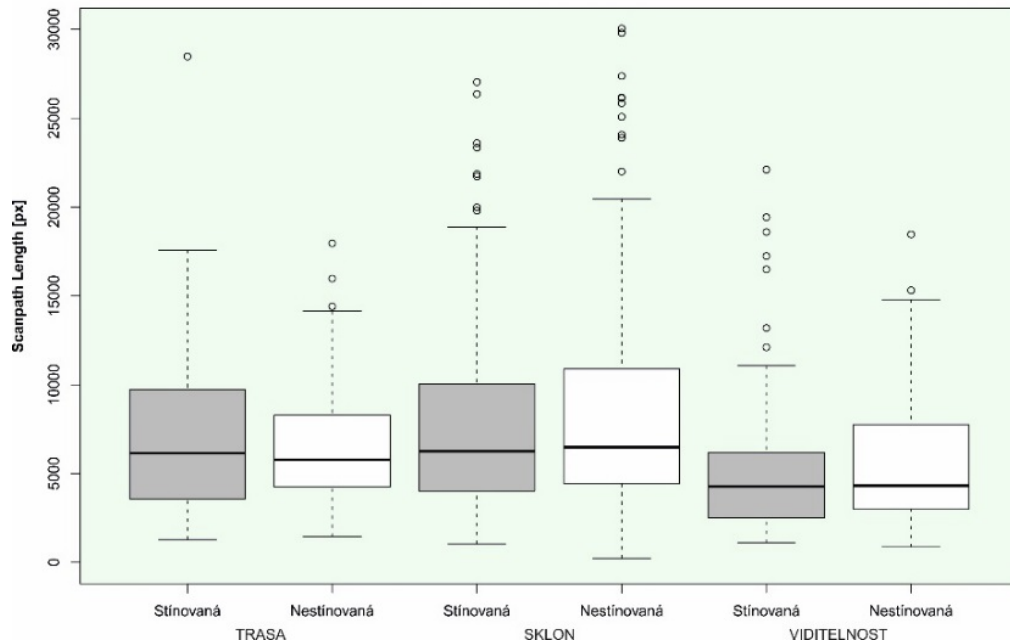
Respondenti plnili úkoly, mezi které patřilo určení změny sklonu svahu, viditelnost mezi body a trasa s menším převýšením.

Zde nebyl zjištěn významný statistický rozdíl, ale rozdílná náročnost úkolů je zaznamenána na následujících dvou obrázcích (Graf 9 a 10).



Graf 9 Čas strávený na snímku podle typu úloh v části 2

SCANPATH LENGTH PODLE TYPU ÚLOH V ČÁSTI 2



Graf 10 Délka trajektorie pohybu oka podle typu úloh v části 2

Výsledné grafy ukazují, že Scanpath Length a Trial Duration spolu koreluji.

V této práci je pro porovnání varianty se stínováním a bez stínování použita metrika Trial Duration. Pro porovnání uživatelů s různou odborností je pak použita metrika Scanpath Length.

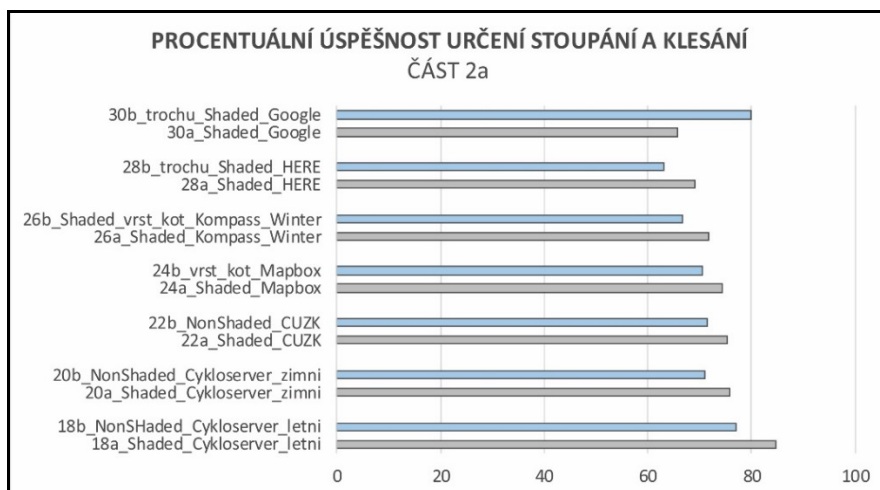
5.3.3 Vyhodnocení – část 2a

V části 2a byly porovnávány mapové portály s různým provedením výškopisu obsahující alespoň v jedné z variant stínování. Respondenti zde kliknutím myši označovali stoupání a klesání po určité linii v terénu.

U otázek s čísly 18, 20, 22 a 24 byla porovnávána varianta s vrstevnicemi a kótami a stínování s vrstevnicemi a kótami. Správnost odpovědí byla vyšší u varianty obsahující stínování (Graf 11).

V úloze 26 byl srovnáván stimulus obsahující pouze stínování s dalším, který obsahoval stínování, vrstevnice i kóty. Přesnější se ukázala možnost obsahující stínování, vrstevnice i kóty. Stimuly s čísly 28 a 30 se vyznačovaly výrazným či méně výrazným stínováním.

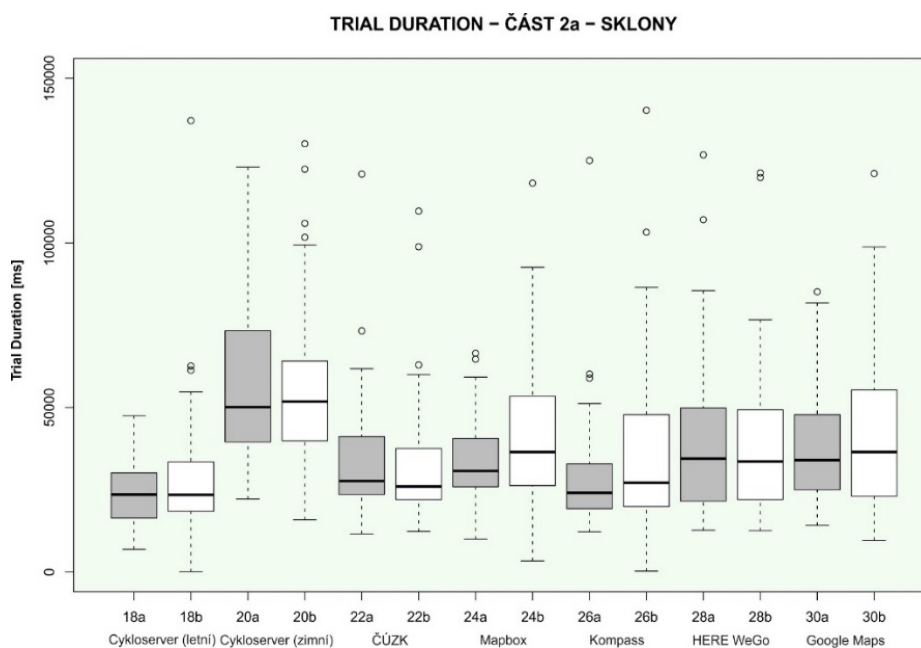
Přesnější odpovědi pak byly zaznamenány u méně výrazného stínování. Stimuly 28 a 30 byly porovnány v části 2b se stimuly 27 a 29.



Graf 11 Procentuální úspěšnost určení stoupání a klesání v části 2a

Při porovnání stínované a nestínované varianty u jednotlivých mapových portálů pomocí Wilcoxonova testu nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly.

Nelze tedy tvrdit, že jedna z variant je vhodnější. Napříč mezi portály byly nalezeny rozdíly pomocí Kruskal-Wallisova testu (Graf 12, Tabulka 2).



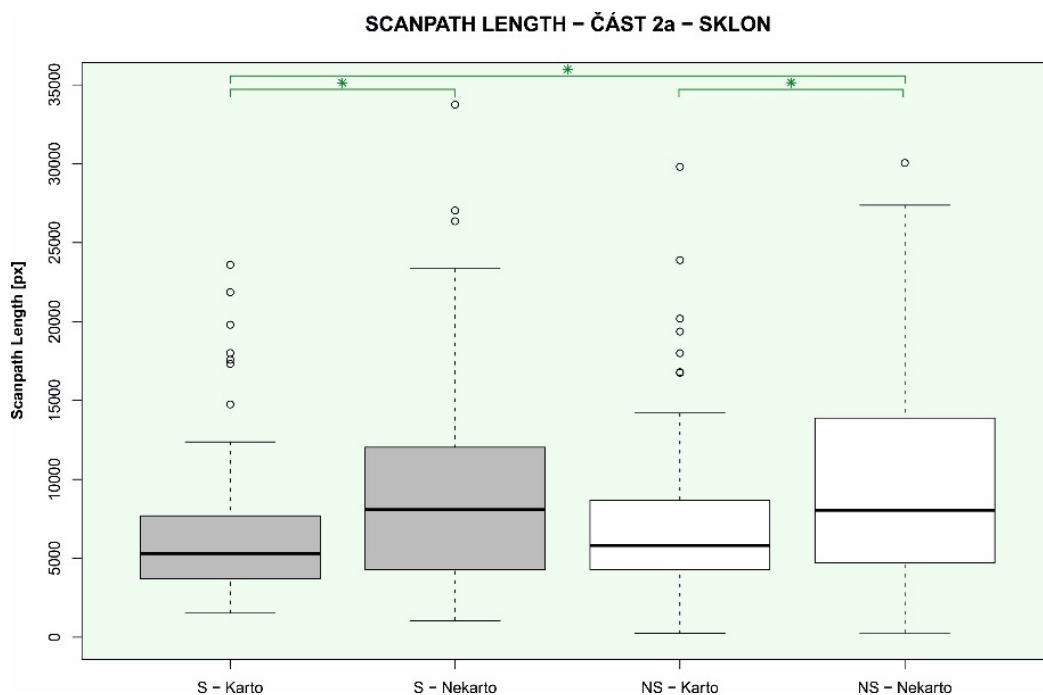
Graf 12 Čas strávený na snímku u stimulů části 2a

Tabulka 2 Statisticky významné rozdíly mezi stimuly části 2a

| STATISTICKY VÝZNAMNÉ ROZDÍLY MEZI STIMULY ČÁSTI 2a | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 18a | 18b | 20a | 20b | 22a | 22b | 24a | 24b | 26a | 26b | 28a | 28b | 30a |
| 18b | x | | | | | | | | | | | | |
| 20a | ano | ano | | | | | | | | | | | |
| 20b | ano | ano | x | | | | | | | | | | |
| 22a | x | x | ano | ano | | | | | | | | | |
| 22b | x | x | ano | ano | x | | | | | | | | |
| 24a | x | x | ano | x | x | x | | | | | | | |
| 24b | ano | x | x | x | x | x | x | | | | | | |
| 26a | x | x | ano | ano | x | x | x | x | | | | | |
| 26b | x | x | ano | ano | x | x | x | x | x | | | | |
| 28a | x | ano | ano | x | x | x | x | x | x | x | | | |
| 28b | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| 30a | ano | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| 30b | ano | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

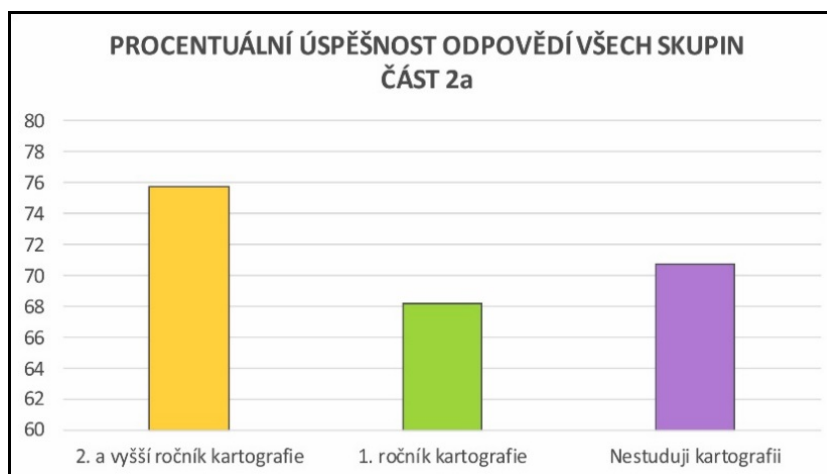
Srovnání respondentů v části 2a

V části 2a při určování stoupání či klesání nebyl mezi stimuly nalezen statisticky významný rozdíl. Při porovnání kartografů a nekartografů byly však zjištěny rozdíly mezi nekartografy (Graf 13).



Graf 13 Srovnání délky trajektorie pohybu oka v části 2a

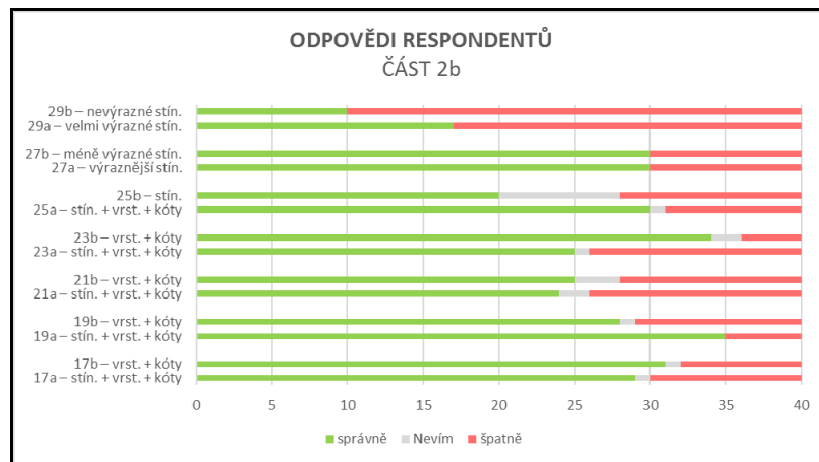
Procentuální úspěšnost odpovědí části 2a (Graf 14) u kartografů byla asi 76%, u nekartografů to bylo necelých 70%. Respondenti, kteří nestudují nebo nikdy nestudovali kartografii, dosahovali v tomto případě lepších výsledků než méně zkušené uživatele prvního ročníku kartografie. Procentuální úspěšnost odpovědí u každého ze stimulů pro každou ze tří skupin je dostupná v přílohách 2.



Graf 14 Procentuální úspěšnost odpovědí skupin v části 2a

5.3.4 Vyhodnocení – část 2b

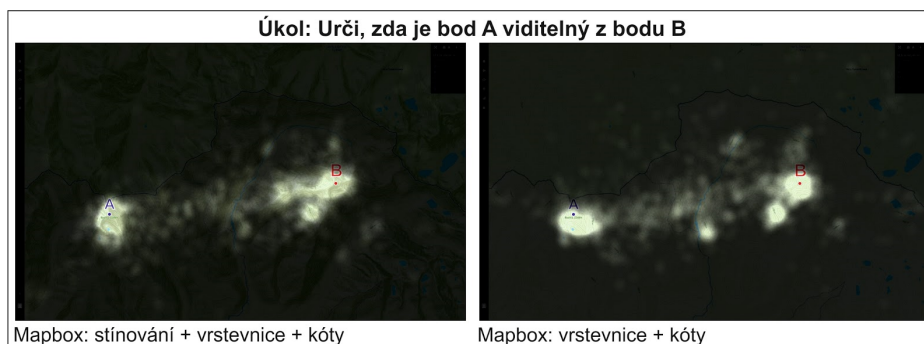
V části 2b se střídaly tři typy úloh (viditelnost, trasa, nejvyšší vrchol), které byly mezi sebou porovnávány (Graf 15).



Graf 15 Odpovědi respondentů v části 2b

Dvojice stimulů s čísly 17 a 19 vykazovaly podobné výsledky. V tomto případě byla hledána trasa s menším převýšením. Lepší výsledky prokazovala varianta se stínováním než bez stínování. Zajímavostí je, že zde se jednalo o zimní variantu mapy dvojice stimulů s číslem 17. Statisticky významný rozdíl však nebyl nalezen. U stimulů s číslem 21, 23 a 25 byla položena stejná otázka: „Urči, zda je bod A viditelný z bodu B.“ U dvojic s čísly 21 a 23 byly porovnávány stejné metody zobrazení výškopisu jako u stimulů 17 a 19. Stimuly s číslem 21 neprokazovaly významný rozdíl. To ale neplatilo u dvojice stimulů s čísly 23.

Jelikož byly výsledky varianty zobrazení výškopisu s vrstevnicemi a kótami příliš odlišné od varianty, která kromě zmiňovaných dvou metod obsahovala stínování, byla provedena vizuální analýza naměřených eye-tracking dat u dvojice stimulů platformy Mapbox. Zde byla využita metoda FocusMap (kernel 110, průhlednost 0-80 %). Metodu FocusMap řadíme do kategorie Attention Maps. Attention maps jsou vhodné pro zjištění rychlého přehledu o prostorovém rozložení fixací ve stimulu. Oblasti stimulu, ve kterých byla zaznamenána fixace, jsou průhledné. Zbývající část stimulu je překryta poloprůhlednou (nejčastěji černou) plochou (Popelka, 2015).



Obrázek 30 Focus map (stimuly 23a a 23b).

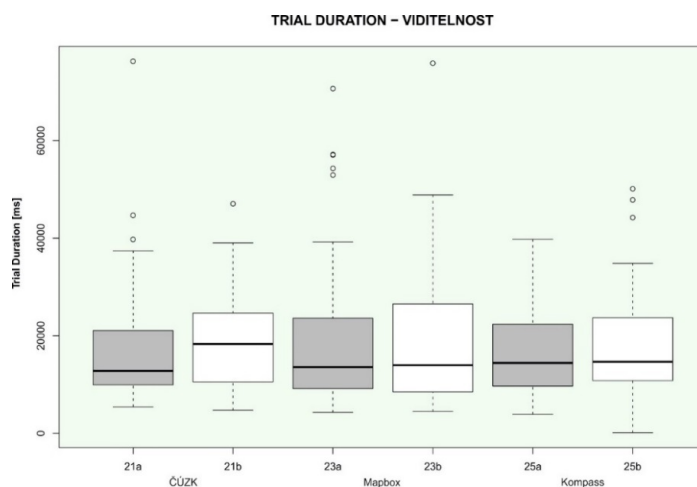
Respondenti více sledovali více tvary terénu u varianty se stínováním, vrstevnicemi a kótami, avšak odpovídali hůře než v případě stimulu, kde byla použita metoda

vrstevnic a kót (obr. 5.28). V případě nestínované varianty se tedy respondenti spíše zaměřovali na číselné údaje o nadmořské výšce vrstevnic, na rozdíl od varianty se stínováním, kdy si účastníci méně pomáhali zmiňovanými čísly.

U čísla 25 byl pak rozdíl, kdy varianta “a” obsahovala stínování, vrstevnice i kóty, ale u varianty “b” byl výškopis znázorněn pouze pomocí stínování. Ukázalo se, že samotné stínování neposkytuje dostatečný prostorový vjem a je potřeba jej doplnit o další výškopisné metody.

Otázka viditelnost

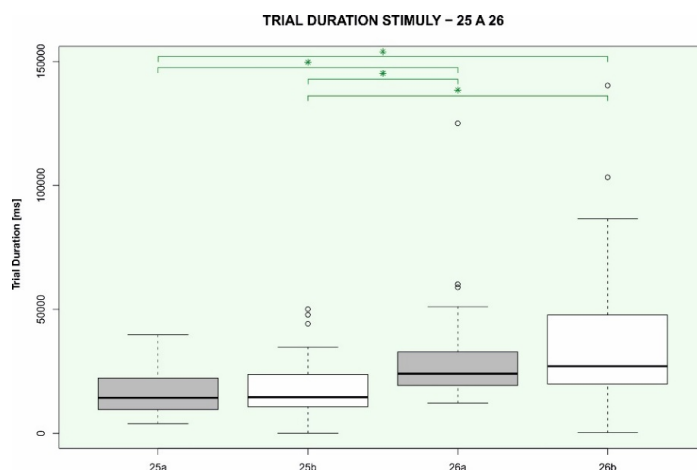
Při porovnání obrázků s čísly 21, 23 a 25 nebyl nalezen statisticky významný rozdíl. Ten nebyl nalezen ani při porovnání jednotlivých portálů mezi sebou (Graf 16). Srovnání kartografů a nekartografů také ukázalo minimální rozdíly (příloha 4).



Graf 16 Čas strávený na snímku při úloze viditelnosti mezi body

U jediného mapového portálu (Kompass) byla porovnána varianta, kdy byl výškopis zobrazen pouze pomocí stínování. Tento stimulus byl srovnáván s podobným obrázkem, který však kromě stínování obsahoval i vrstevnice a kóty. Statisticky významné rozdíly sice byly nalezeny mezi stimuly 25 a 26, ale to z důvodu plnění jiné úlohy (Graf 17).

Podstatné ale je, že nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi oběma porovnávanými způsoby prezentace výškopisu.

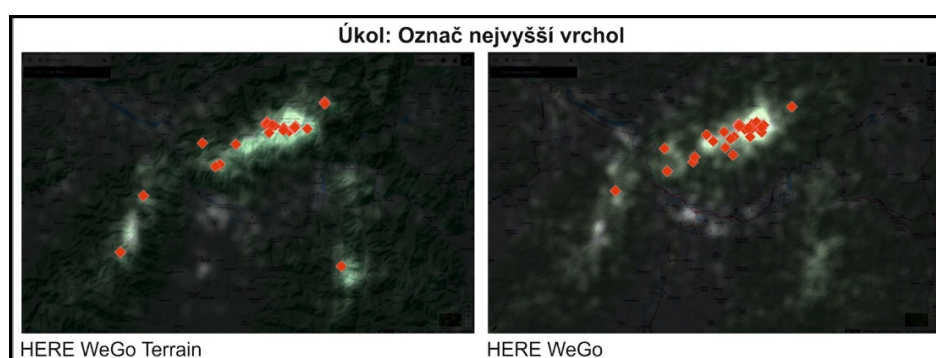


Graf 17 Čas strávený na snímku u stimulů s čísly 25 a 26

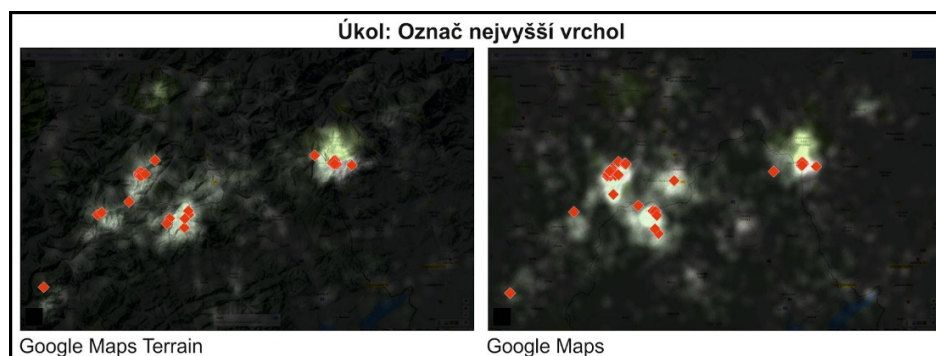
U dvojic s čísly 27 (HERE WeGo) a 29 (Google Maps) byla porovnáována výraznost stínovaného reliéfu. V prvním případě byla správnost odpovědí totožná. Správných odpovědí bylo sice v obou případech 30, ale u mapy s méně výrazným stínováním byly špatné odpovědi blíže správnému nejvyššímu vrcholu, který se nacházel severně od středu (Obrázek 31). Méně výrazný stínovaný reliéf tedy vede k lepším výsledkům.

U druhé z dvojic, kterou tvořily mapy z Google Maps (Obrázek 32) byl velmi výrazný rozdíl mezi stínováním. U mapy Google Maps Terrain bylo zaznamenáno 17 správných určení nejvyššího vrcholu nacházející severo-východně od středu, což je sice více než u druhé mapy Google Maps, ale je to pořád méně než polovina odpovědí respondentů.

Pokud tedy volíme vizualizaci výškopisu pouze pomocí stínování, je vhodné zvolit méně výrazný stínovaný reliéf podobně, jako používá mapový portál HERE WeGo u své základní mapy. Vyplývá to z výsledků stimulů 28 a 30 části 2a a stimulů 27 a 9 části 2b.



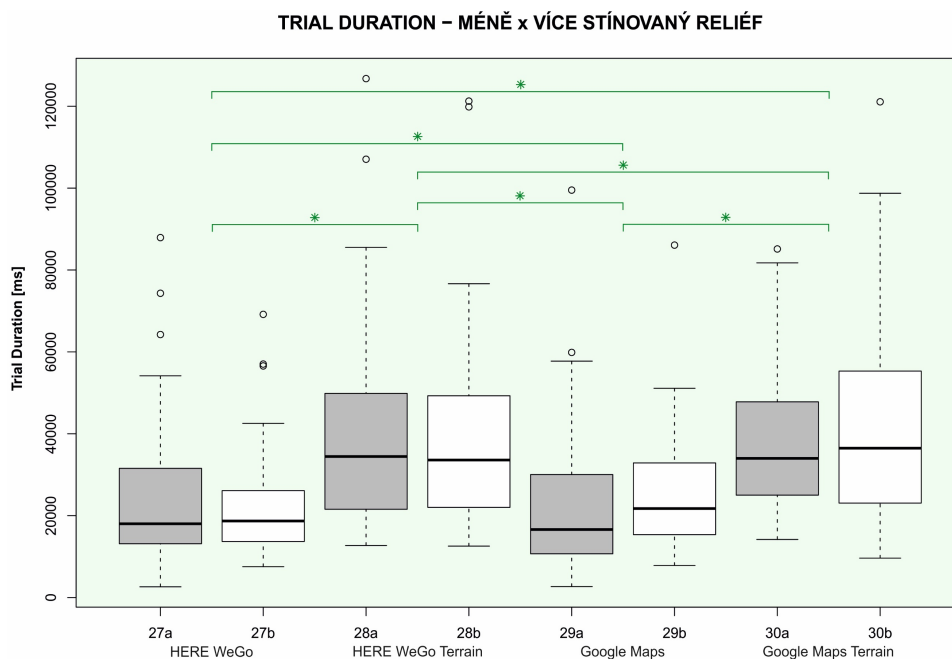
Obrázek 31 Označení nejvyššího vrcholu u mapového portálu HERE WeGo.



Obrázek 32 Označení nejvyššího vrcholu u mapového portálu Google Maps.

Méně x více výrazné stínování

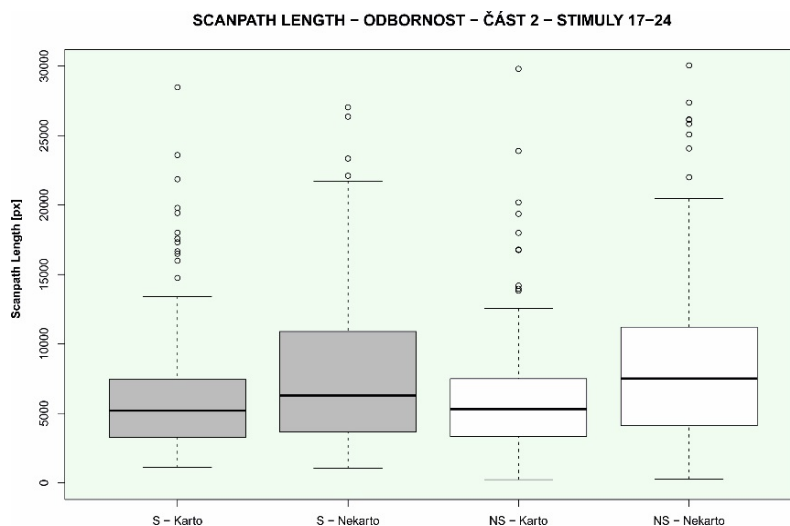
U stimulů s čísly 27, 28, 29 a 30 bylo porovnáováno méně a více výrazné stínování. Nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi stimuly v rámci jednoho portálu, ale napříč mezi portály ano (Graf 18).



Graf 18 Čas strávený na snímku u stimulů s čísly 27, 28, 29 a 30

U dvojic stimulů s čísly 17 až 24 byla porovnáována vždy varianta obsahující vrstevnice a kóty s variantou, která kromě těchto dvou metod obsahovala i stínování. Došlo ke zjištění, že nekartografové řešili úlohy déle ale ne nijak statisticky významně (Graf 19).

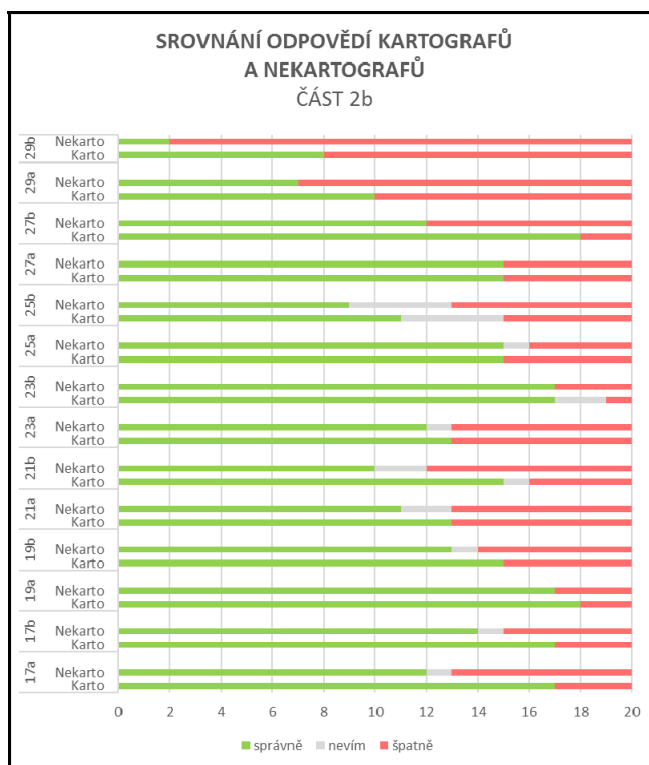
Byly porovnány i jednotlivé mapové portály mezi sebou, ale zde opět nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl.



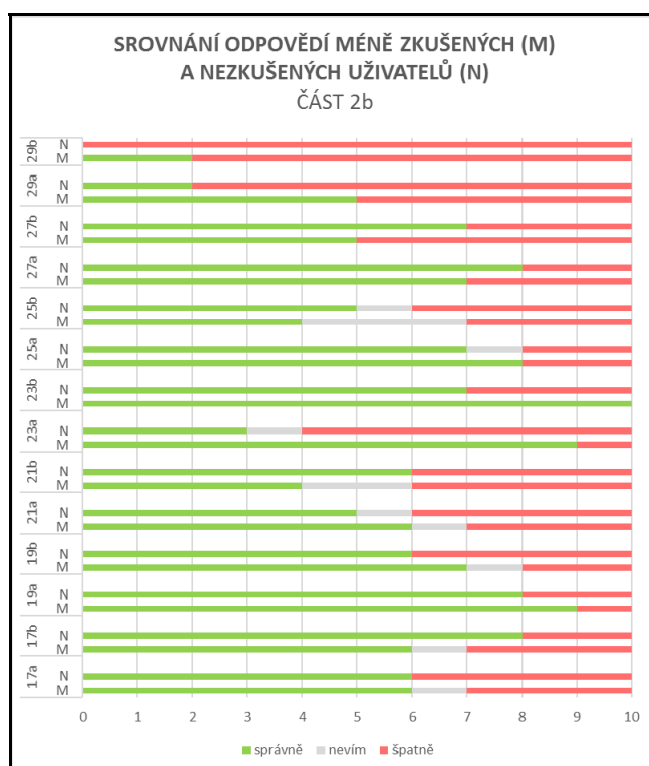
Graf 19 Délka trajektorie oka v rámci stimulů s čísly 17-24

Srovnání respondentů v části 2b

Také v části 2b byly porovnány odpovědi kartografů a nekartografů (Graf 20). Kartografové dosahovali lepších výsledků a méně volili možnost “Nevím”. Podobně byly srovnány i odpovědi nekartografů rozdělených na méně zkušené uživatele a nezkušené uživatele. Zde měli lepší úspěšnost méně zkušené uživatelé (Graf 21).



Graf 20 Kartografové/Nekartografové část 2b



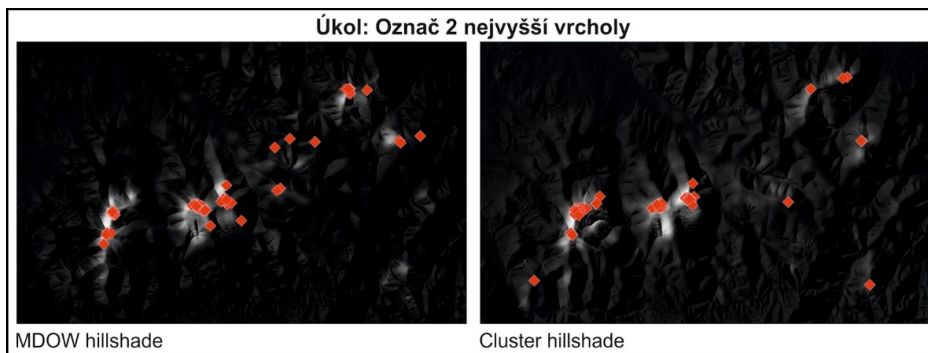
Graf 21 Srovnání dle zkušeností část 2b

5.3.5 Vyhodnocení – část 3

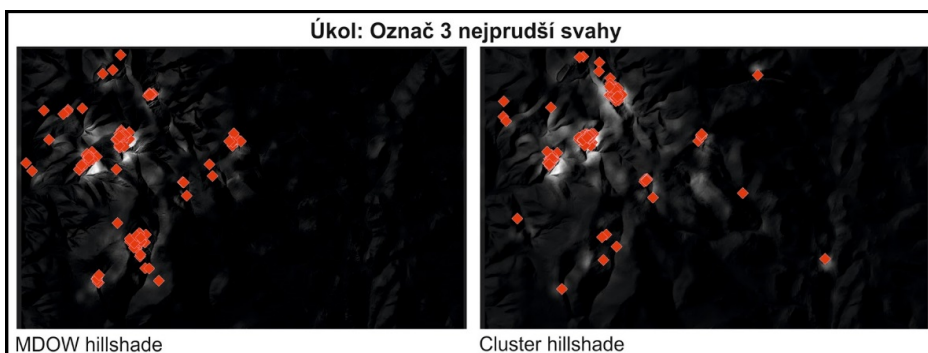
Poslední, a to třetí část tvořily stimuly vytvořené pomocí toolboxu Terrain Tools Sample v1.1 v prostředí ArcMap 10.2. Zde byla vždy porovnávána dvojice vybraných metod. Pro vizuální analýzu naměřených eye-tracking dat byla využita metoda FocusMap (kernel 110 px, průhlednost 0-80 %) doplněna červenými body představující kliknutí myši.

Nejprve byly porovnávány metody pro tvorbu stínovaného reliéfu a to: MDOW hillshade a Cluster hillshade. V prvním případě (Obrázek 33) respondenti označovali 2 nejvyšší vrcholy. K lepší interpretaci povrchu docházelo u metody Cluster hillshade, což dokazuje především první z následující dvojice obrázků. Nejvyšší vrcholy se nacházely západně od středu území.

Úloha při metodě MDOW hillshade trvala respondentům průměrně 15,8 sekund, ale při použití metody Cluster hillshade byl průměrný čas 14,4 s. U dalšího úkolu účastníci označovali 3 nejprudší svahy (Obrázek 34). Ty se nacházely na severo-západě území. Opět se potvrdil větší počet správně označených míst. Čas trvání byl u metody MDOW hillshade 18,1 s. a u stimulu s Cluster hillshade 18,3 s.



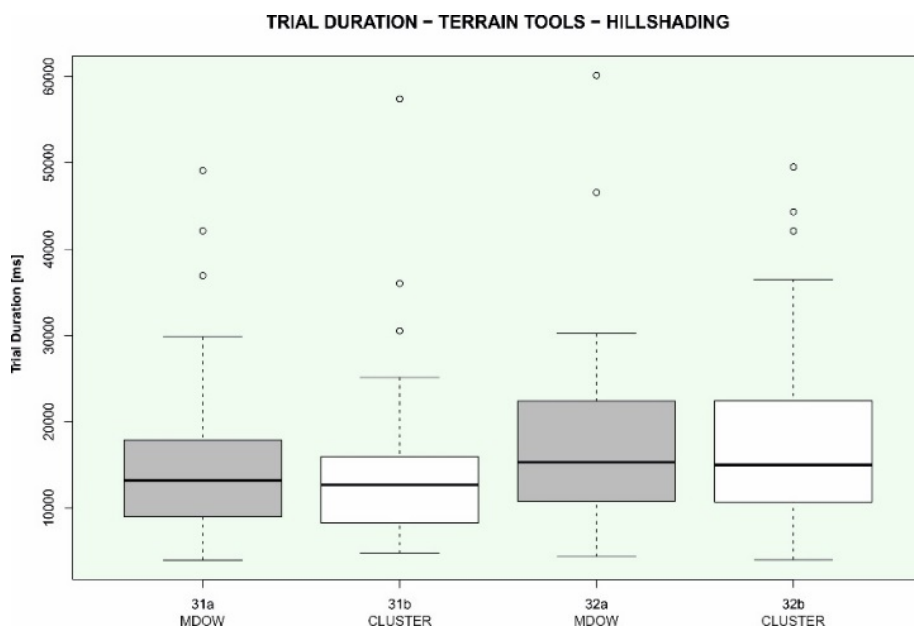
Obrázek 33 Úkol – označ dva nejvyšší vrcholy.



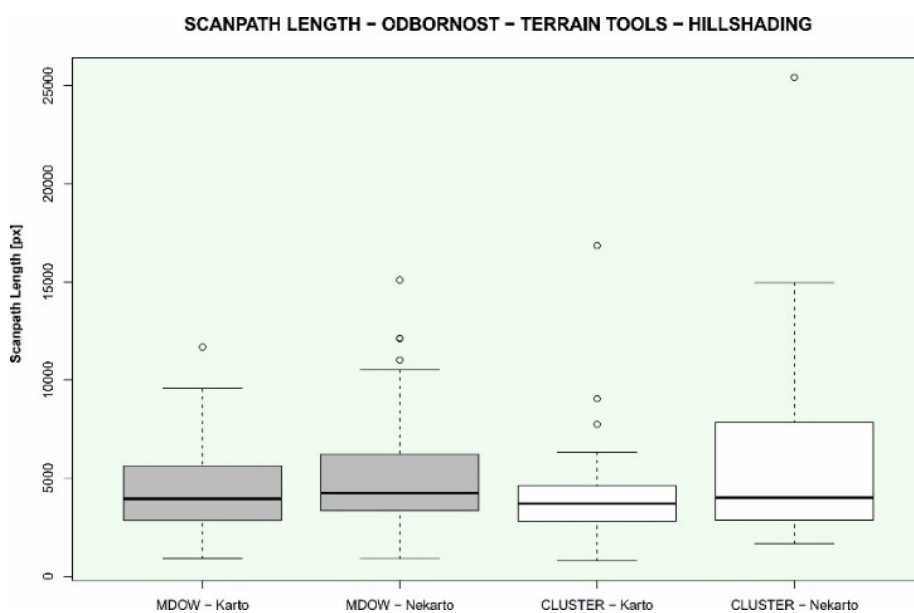
Obrázek 34 Úkol – označ tři nejprudší svahy.

Porovnáním těchto dvou metod vizualizace terénu se tedy ukázala jako efektivnější metoda Cluster hillshade a to jak z hlediska přímé lokalizace nejvyšších vrcholů či tvaru terénu, tak času trvání při hledání (Graf 22).

Mezi oběma metodami však nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Kartografové dokázali rychleji splnit určitý úkol (Graf 23), ale rozdíl mezi nimi a nekartografy opět nebyl statisticky významný.



Graf 22 Čas strávený na snímku u stimulů s čísly 31 a 32

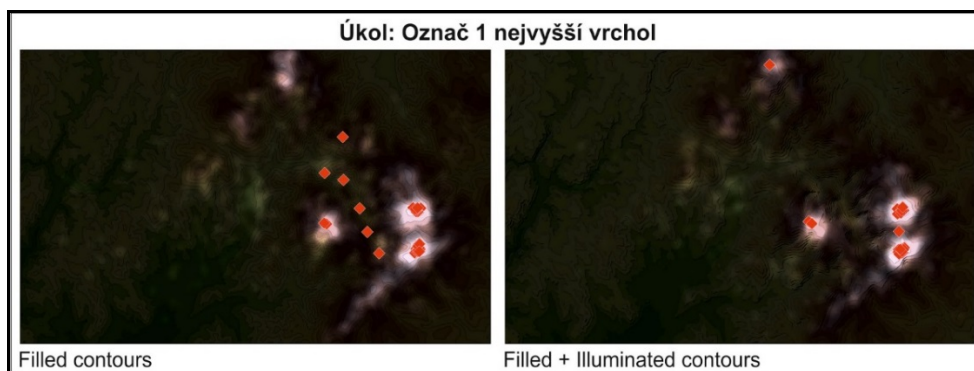


Graf 23 Délka trajektorie oka stimulů s čísly 31 a 32

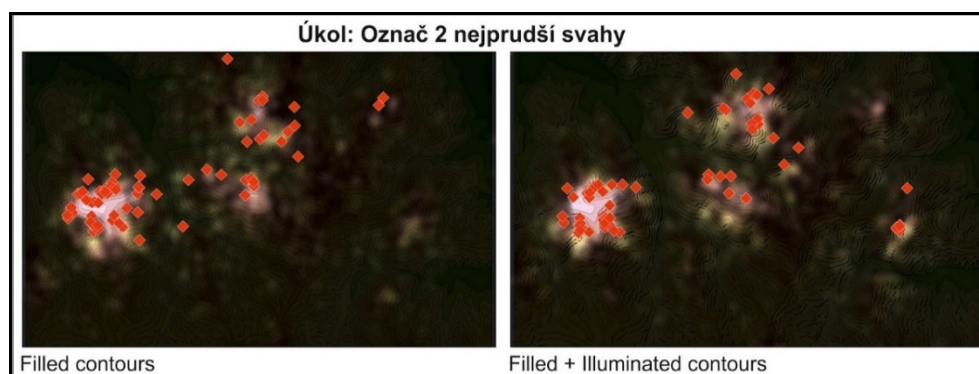
U druhé z dvojic stimulů třetí části byly testovány metody Filled a Illuminated Contours. Jeden z porovnávané dvojice obrázků tvořil stimulus s metodou Filled Contours. Na druhém stimulu byla opět použita tato metoda, ale s rozdílem přidání stínovaných vrstevnic metody Illuminated Contours.

U prvního z úkolů, kdy byl označován nejvyšší vrchol (Obrázek 36), byl lépe identifikován terén u kombinace metod Filled a Illuminated Contours. Při porovnání průměrného času trvání zaznamenání odpovědi vychází v tomto případě lépe kombinovaná varianta zmiňovaných metod (12,8 sekund) než samostatně použitá metoda Filled Contours (14,2 sekund).

V další úloze byly určovány dva nejprudší svahy (Obrázek 35). Lokalizace určených svahů byla sice podobná, ale k více chybám při interpretaci docházelo u metody Filled Contours, kde bylo označeno více míst s mírnými svahy. Průměrný čas trvání při hledání svahů byl rozdílný. Ačkoliv v předešlé úloze byla z časového hlediska nepatrně rychlejší kombinace metod, tak v tomto případě vznikl poměrně velký časový rozdíl, kdy u metody Filled Contours byl průměrný čas strávený při plnění úlohy 19,6 sekund. Ve srovnání s kombinací metod byl průměrný čas 24,2 sekund, což je poměrně významný rozdíl.



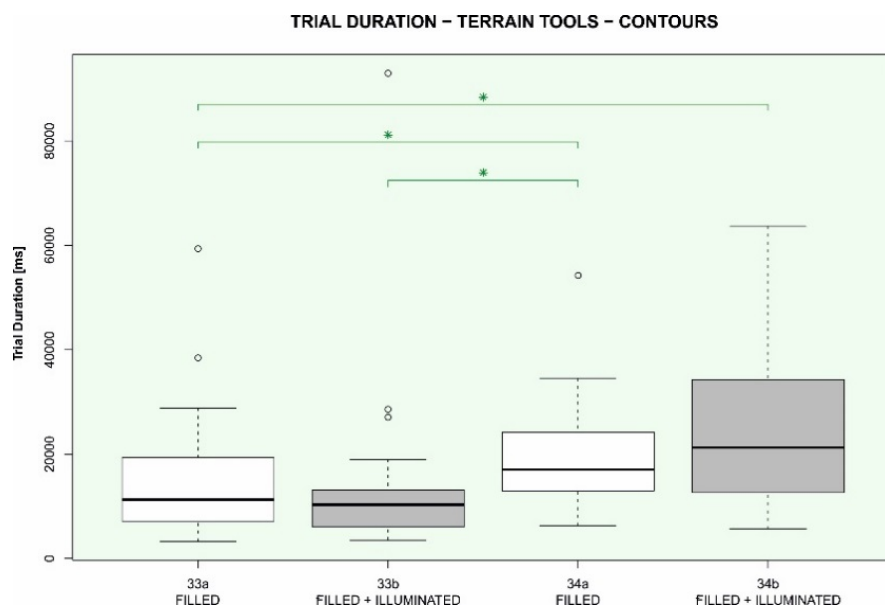
Obrázek 35 Úkol – označ 1 nejvyšší vrchol.



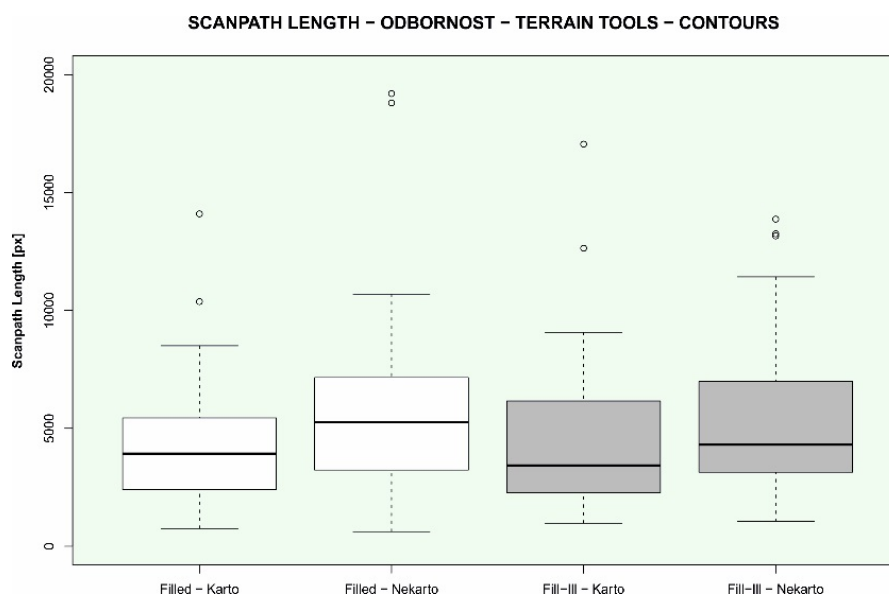
Obrázek 36 Úkol – označ 2 nejprudší svahy.

Při porovnání metody Filled Contours a kombinace této metody s metodou Illuminated Contours dochází k lepší identifikaci terénu u kombinace metod. Podobně jako v předchozím případě nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi metodami.

Čas trvání při hledání vrcholů byl kratší u kombinace těchto metod (Graf 24). Na druhou stranu v úloze č. 34 zaznamenali respondenti rychleji své odpovědi u stimulu, který obsahoval pouze metodu Filled Contours. Nejdůležitějším prvkem je však správná identifikace povrchu, kde respondenti při kombinaci těchto metod dosahovali lepších výsledků. Je tedy lepší zvolit kombinaci zmiňovaných metod, kde uživatel mapy získá lepší prostorovou představu o daném území. Nekartografové opět plnili úlohy déle než kartografové (Graf 25).



Graf 24 Čas strávený na snímku u stimulů s čísly 33 a 34



Graf 25 Délka trajektorie oka stimulů s čísly 33 a 34

6 VÝSLEDKY

Bakalářská práce *Vliv stínování na kognici map* je zaměřena na eye-tracking testování a vyhodnocení vlivu stínování na vnímání map jejich čtenářů. Na základě definovaných cílů práce byl stanoven postup vedoucí k dosažení výsledků.

Mezi teoretické cíle práce patřila podrobná rešerše literatury věnující se problematice prezentace výškopisu v mapách a analýza existujících mapových portálů a jiných mapových zdrojů, které mohly být využity pro tvorbu stimulů eye-tracking experimentu. Hlavním cílem praktické části práce tedy bylo eye-tracking testování a následné vyhodnocení vlivu stínování na kognici mapy. Cílem bylo také vytvořit dotazník, na základě kterého bude získána představa o preferencích uživatelů a také proveden výběr stimulů pro eye-tracking experiment.

Úvodní dotazníkové šetření

Dotazníkové šetření (kapitola 5.1) bylo provedeno před tvorbou eye-tracking experimentu za účelem výběru stimulů a získání preferencí uživatelů. Dotazník byl vytvořen pomocí technologie Google Forms. Bylo sesbíráno celkem 409 odpovědí respondentů různého věku, pohlaví a vzdělání. Na základě odpovědí byl vytvořen eye-tracking experiment, který tvořil hlavní část této bakalářské práce.

Vyhodnocení testování eye-tracking

Pro účel bakalářské práce byl proveden eye-tracking test, kterého se zúčastnilo 40 osob ve věku 19-31 let. Zúčastnili se jak muži, tak ženy. Respondenti byly rozděleny do skupin podle vzdělání na kartografy (20) a nekartografy (20). Kartografy tvořili převážně studenti druhého a třetího ročníku bakalářského studia Geoinformatiky a geografie a nekartografy tvořili studenti prvního ročníku bakalářského studia Geoinformatiky a geografie, kteří mají minimální zkušenosti s kartografií a také studenti jiných oborů a lidé pracující v jiném odvětví. Jelikož byla porovnávána hlavně dvojice obrázků, musel se každý z nich účastnit dvou testů, mezi kterými byla minimálně třídní pauza. Ta byla zvolena po konzultaci s vedoucím práce z důvodu nezapamatování si odpovědí na jednotlivé otázky, jelikož každou dvojici tvořilo stejné území, ale s jinou metodou vizualizace výškopisu se stínováním nebo bez stínování. Testovány pak byly rozdíly v interpretaci či rychlosti interpretace terénu pomocí určitých metod vizualizace reliéfu, kde bylo hlavním objektem zájmu stínování v mapách.

Zkoumány byly správné odpovědi i časy strávené na jednotlivých stimulech a počty fixací. Experiment byl rozdělen na tři hlavní části.

V první části experimentu byl porovnáván směr osvitů 315° (NW) a 337,5° (NNW). Tímto tématem se zabývali Biland a Çoltekin (2016) a zjistili, že při nastavení směru osvitů 337,5° (NNW) dosahují čtenáři mapy lepších výsledků v identifikaci terénu, a to jak zkušení uživatelé s kartografickým vzděláním, tak uživatelé bez zkušeností. Výsledky eye-tracking experimentu provedeného v rámci této práce potvrdily, že při nastavení směru osvitů 337,5° je dosahováno lepších výsledků a to zejména při určování hřebenů. Autor práce tedy potvrzuje tvrzení Biland a Çoltekin (2016) o změně kartografické konvence.

První část testu také tvořily stimuly s nastavením směru osvitů 315° (NW) a 135° (SE), pomocí kterých byl testován efekt inverzního reliéfu. Zjištěno bylo, že při směru osvitů 135° (SE) dochází k efektu inverzního terénu i k výrazné nejistotě při identifikaci tvarů terénu. Při porovnání skupin respondentů bylo zjištěno, že k vyšší míře nejistoty

a zároveň působení efektu inverzního terénu docházelo u uživatelů s kartografickým vzděláním. U nekartografů rozdělených do dvou skupin po deseti respondentech na méně zkušené uživatele a uživatele bez zkušenosti pak docházelo k většímu působení efektu inverzního reliéfu a zároveň k větší nejistotě u méně zkušených uživatelů.

Druhá část testu byla rozdělena na část 2a a 2b. V obou částech stimuly obsahovaly různé varianty zobrazení výškopisu, mezi které řadíme vrstevnice v kombinaci s kótami, stínování s vrstevnicemi i kótami a samotný stínovaný reliéf, který byl v některých případech méně výrazný nebo více výrazný. Všechny stimuly části 2a měly stejnou testovací otázku, u níž respondenti určovali stoupání či klesání.

V úlohách, kde byl výškopis zobrazen pomocí vrstevnic a kót a také pomocí stínování, vrstevnic a kót, bylo zjištěno, že stínování pomohlo k lepším výsledkům identifikace tvarů terénu. U jedné z dvojic byl výškopis zobrazen pomocí stínování a druhou variantu tvořil povrch znázorněný stínováním, vrstevnicemi i kótami. Přesnějších výsledků dosahovala druhá varianta. U posledních stimulů části 2a byl testován méně a více stínovaný reliéf.

Z výsledků vyplynulo, že méně stínovaný reliéf je vhodnější. Tyto výsledky však bylo potřeba porovnat s výsledky podobných stimulů s jiným typem úloh, které byly součástí části 2b. Část 2b byla tvořena stimuly s otázkami zaměřenými na určování tras s menším převýšením, viditelnosti mezi body a nejvyššími body území. Zde nebylo možné určit, zda je vhodnější zobrazení výškopisu vrstevnicemi a kótami nebo stínováním s vrstevnicemi a kótami, protože na základě fixací bylo prokázáno, že při představování povrchu respondenty značně ovlivňovaly kóty.

U části 2a však nemohly kóty příliš napomoci při plnění úlohy, protože neposkytovaly dostatečnou informaci o průběhu terénu. Ze zmiňovaného důvodu museli uživatelé pro získání dostatečného prostorového vjemu vždy využít stínování s vrstevnicemi. U dalších úloh, kde byl výškopis stimulů tvořen pomocí vrstevnic a kót nebo pomocí stínování, vrstevnic a kót, nelze tedy objektivně posoudit vhodnější variantu.

Při porovnání stimulů obsahující výškopis zobrazený buď pomocí stínování, nebo pomocí stínování s vrstevnicemi i kótami, byly přesnější výsledky u druhé z variant, což je stejné jako v části 2a. Z toho je zřejmé, že samotné stínování ve srovnání s variantou obsahující stínování, vrstevnice i kóty, neslouží k dostatečné identifikaci terénu.

U stimulů srovnávajících méně a více stínovaný reliéf se po porovnání s výsledky podobných stimulů části 2a prokázalo, že je vhodnější použít méně výrazné stínování.

Z výsledků druhé části tedy plyne, že stínování v mapách je vhodnou metodou pro vizualizaci výškopisu v kombinaci s vrstevnicemi a kótami. Záleží však na požadované informaci, kterou se uživatel snaží z mapy vyčíst a také na množství prvků obsažených v mapě.

Samotné stínování nestačí k získání dostatečné představy o povrchu a je tedy důležité je doplnit o další metody vizualizace výškopisu, například o vrstevnice a kóty. Záleží totiž na úloze nebo hledaném prvku a obsahu mapy.

V druhé části byly porovnány i výsledky kartografů a nekartografů. Kartografové odpovídali přesněji. Při porovnání dvou skupiny nekartografů (méně zkušení uživatelé a uživatelé bez zkušeností) v části 2a dosahovali lepších výsledků uživatelé bez zkušeností. V části 2b a v jiných částech testu však v rámci skupiny nekartografů prokazovali lepší výsledky méně zkušení uživatelé.

V poslední, třetí části testu byly porovnávány vybrané metody toolboxu Terrain Tools, přesněji se jednalo o metody MDOW Hillshade a Cluster Hillshade. Lepší výsledky, jak v přesnosti interpretace, tak z hlediska průměrného času plnění dané úlohy, prokázala metoda Cluster Hillshade u kartografů i nekartografů. Tuto metodu lze doporučit jako alternativu funkce Hillshade v softwaru ArcGIS.

Kromě stínovaného reliéfu byly porovnávány také vrstevnice (metoda Filled Contours) a stínované vrstevnice (metoda Illuminated Contours.). V obou případech byly vrstevnice doplněné o barevnou hypsometrii. Čas při plnění úlohy byl u obou metod podobný u kartografů i nekartografů. Přesnější metodou pro identifikaci terénních tvarů byla však kombinace Filled Contours a Illuminated Contours. Lepší prostorový vjem tedy nabídne kombinace zmiňovaných metod.

Souhrn výsledků je obsažen v Obrázku 37.

VÝSLEDKY

ČÁST 1 – VLIV SMĚRU OSVITU

NNW x NW – větší přesnost identifikace terénu NNW
– platí pro uživatele se zkušenostmi i bez

SE x NW – efekt inverzního reliéfu
– výrazná nejistota
– u kartografů se více projevila nejistota a efekt inverzního terénu

– celkově větší správnost při určování údolí

DOPORUČENÍ
– změna kartografické konvence - 337,5° (NNW)

ČÁST 2 – POROVNÁNÍ MAPOVÝCH PORTÁLŮ

2a – určování sklonu svahu
– lepší výsledky varianta se stínováním

2b – trasa s menším převýšením, viditelnost a nejvyšší vrchol
– podobné výsledky variant vrstevnice + kóty a stínování + vrstevnice + kóty,
– záleží na úloze a na mapovém portálu

– samotné stínování neposkytuje dostatečný prostorový vjem

DOPORUČENÍ
– stínování je vhodným doplňkem pro vizualizaci výškopisu v kombinaci s vrstevnicemi i kótami, ale záleží na požadované informaci, kterou se uživatel snaží z mapy vyčíst a také na množství prvků obsažených v mapě
– vhodná vizualizace méně výrazného stínovaného reliéfu

ČÁST 3 – POROVNÁNÍ VÝSTUPŮ Z TERRAIN TOOLS

MDOW x Cluster – Cluster hillshade přesnější a rychlejší odpovědi

Filled x Filled + Illuminated – Filled + Illuminated přesnější výsledky

DOPORUČENÍ
– vhodná alternativní metoda pro funkci hillshade z ArcGIS je Cluster hillshade
– přidání stínování k vrstevnicím za účelem lepší identifikace terénu

SROVNÁNÍ UŽIVATELŮ

– lepší výsledky prokazují kartografové
– nekartografové mají větší jistotu u svých odpovědí
– při srovnání nekartografů, a to konkrétně mezi méně zkušenými a nezkušenými uživateli vyplynulo, že lepších výsledků dosahovali méně zkušené uživatelé
– nekartografové jsou při identifikaci terénu pomalejší

Obrázek 37 Výsledky práce a doporučení.

7 DISKUZE

Tato bakalářská práce se věnuje vlivu stínování na kognici map. Problematika metod zobrazení výškopisu v mapách je častým tématem kartografů či osob produkujících mapové výstupy. Tato práce by měla ukázat, která z těchto metod nebo kombinací je nejlepší pro čtenáře mapy, který chce získat představu o povrchu i jeho tvarech.

7.1 Úvodní dotazníkové šetření

K tvorbě dotazníku byla využita technologie Google Forms. Vyhodnocování dotazníkového šetření umožňuje kvantitativně vyhodnotit subjektivní veřejné mínění, ale šíření dotazníku na internetu podléhá vysokému zkreslení z hlediska nekontrolovaného vyplňování různými respondenty. Dotazníku vytvořeného pro tento účel se zúčastnili respondenti různého věku i zkušeností, na což byl kladen důraz při rozesílání dotazníků různým subjektům, nikoliv jen studentům na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci a jejím akademickým pracovníkům. Z celkového počtu 409 odpovědí lze dělat objektivní závěry. U dotazníku šířeného prostřednictvím internetu je důležité klást důraz na správnou terminologii tak, aby byly všechny otázky zřejmé, jelikož dotazník není možné kontrolovat jako přímý dotazník.

7.2 Metoda eye-tracking

Hlavním cílem práce bylo eye-tracking hodnocení uživatelského čtení stínovaných a nestínovaných map. Eye-tracking je metoda poskytující relativně objektivní data. Předmětem řešení je často ideální počet osob pro testování metodou eye-tracking. Ve své disertační práci v doporučení pro eye-tracking testování Popelka (2015) doporučuje zapojit 30 až 40 respondentů. Při testování byly dodrženy i další doporučení, mezi které patří například řazení stimulů v náhodném pořadí, dále pak zadání otázky před promítnutím stimulu, umístění fixačního kříže před stimulem po dobu 600 ms, aby respondent vždy začínal s pohledem ve stejném bodě.

Jelikož byly porovnávány dvojice obrázků, byly vytvořené dva testy, aby výsledky byly co nejvíce objektivní. V případě zařazení všech stimulů do jednoho testu by si respondent mohl pamatovat některé z odpovědí. Ze stejného důvodu byla mezi testy minimálně tři dny pauza, protože jednotlivé dvojice měly stejné zobrazované území. Kvůli větší objektivitě polovina z nich dostala na poprvé první test a druhá polovina dostala druhý test. Při druhém testování dostali účastníci jinou variantu než při prvním testování. Testování trvalo přibližně 15 minut.

Oba testy měly stejný počet otázek a stejnou strukturu. Respondent musel odpovědět vždy na 34 testovacích otázek, kterým předcházely ještě úvodní tzv. „trénovací“ otázky. Test byl rozdělen do několika částí s různými otázkami i formami odpovědí. Tím byla zajištěna různorodost a tím i pozornost účastníka testu.

V první části testu bylo sice 16 stejných otázek, ale odpovědi do formulářů zaznamenávali respondenti velmi rychle.

Druhá část testu byla tvořena sedmi stejnými otázkami a byla náročnější na představení terénu. Účastníci zde strávili nejvíce času při klikání levým či pravým tlačítkem na myši pro označování stoupání či klesání terénu. Ze všech částí testu byla tato část nejtěžší. Druhou polovinu druhé části pak tvořily tři typy úloh,

kteře se náhodně střídaly a odpovědi byly zaznamenávány kliknutím myši nebo pomocí formuláře pro odpověď. Těchto úloh bylo celkem sedm.

Poslední, a to třetí část testu, tvořily jen čtyři stimuly. Zde byly odpovědi zaznamenávány kliknutím myši přímo do mapy.

Eye-tracking testování bývá často doplněno o dotazník. V této práci tomu tak nebylo, jelikož byl využit dotazník pomocí technologie Google Forms, kterého se mohlo zúčastnit daleko více respondentů různého věku i vzdělání.

7.3 Stimuly

V první části testu byly účastníky testu určovány tvary terénu (údolí, hřeben), kde byla také měřena i míra jistoty podle možností zahrnující slova rozhodně či spíše. Pokud respondent nedokázal určit tvar terénu, mohl zvolit odpověď „Nevím“. Pro tvorbu stimulů této části byla zvažována možnost využití Swiss World Atlas, kde lze měnit směr osvitu, což bylo stěžejním prvkem této části. Nakonec však byla zvolena webová aplikace Plan Oblique Europe z důvodu snadnější manipulace a vyhovující grafiky.

Ve druhé části testu byly vybrány jen některé z mapových portálů, a to především ty nejpoužívanější kromě českého mapového portálu Mapy.cz. Ten neobsahoval variantu zobrazení výškopisu pomocí vrstevnic a kót, takže nebylo možné variantu s vrstevnicemi, kótami a stínováním srovnat s mapou bez stínování. Ostatní mapové portály nabízející tuto variantu byly rozdělené do skupin a následně porovnáváné mezi sebou. Skupiny měly společné prvky zobrazení výškopisu. První skupinu tvořily dvě varianty map, a to mapa s vrstevnicemi a kótami, a mapa se stínovaným reliéfem, vrstevnicemi a kótami. Druhou skupinu tvořily mapy se stínovaným reliéfem a mapy s vrstevnicemi doplněnými o stínovaný reliéf. Poslední skupinu tvořily mapy s méně výrazným stínovaným reliéfem a mapy s výraznějším stínovaným reliéfem. Zde byly tedy porovnávány jak samotné dvojice, tak všechny mapy v rámci určité skupiny.

V poslední části byl použit toolbox Terrain Tools Sample v1.1 dostupný pro ArcGIS for Desktop nebo ArcGIS Pro. Zde byly vytvořeny a porovnávány alternativní vizualizace terénu, ze kterých byly do eye-tracking experimentu vybrány dvě metody hillshade – MDOW Hillshade a Cluster Hillshade.

Výsledky ukázaly, že lepší alternativou pro funkci Hillshade v ArcGIS je Cluster Hillshade a to z důvodu přesnější a rychlejší identifikace terénu. Vizualizace pak působí lépe i z hlediska estetiky. Druhá vybraná dvojice v experimentu byla tvořená Filled Contours a kombinací Filled a Illuminated Contours. Z výsledků vyplynulo, že k přesnější identifikaci terénu dochází při kombinaci těchto metod. Ačkoliv u kombinace metod byla dokázána větší přesnost identifikace terénu, tak průměrná délka trvání plnění dané úlohy byla větší než u metody Filled Contours. Pro uživatele je to tedy náročnější na orientaci, ale identifikace tvaru terénu dokáže určit je přesněji.

7.4 Směr osvitu

V první části experimentu byl porovnáván směr osvitu 315° (NW) a 337,5° (NNW), kde byl replikován článek Biland a Çoltekin (2016). Podle jejich studie bylo zjištěno, že 337,5° má lepší výsledky, jak 315°. Biland a Çoltekin (2016) provedli pouze statistické vyhodnocení, nevyhodnotili však data o pohybu očí (eye-movement data) i přes to, že všechna data byla nahrávána pomocí eye-trackeru. V rámci eye-tracking experimentu této bakalářské práce bylo provedeno statistické vyhodnocení i hodnocení

dat o pohybech očí. Výsledky ukázaly, že při nastavení směru osvitů 337,5° (NNW) je dosahováno lepších výsledků a to zejména při určování hřebenů. Autor práce tedy může potvrdit výsledky Biland a Çoltekin (2016) a jejich tvrzení o změně kartografické konvence.

Kromě toho byl také testován efekt inverzního reliéfu a to pomocí nastavení směru osvitů 315° NW) a 135° (SE). Výsledky prokázaly, že při směru osvitů 135° (SE) dochází k efektu inverzního reliéfu. Byla pozorována i značná nejistota, kdy respondenti volili častěji volbu spíše na hřebenu nebo spíše v údolí, než rozhodně na hřebenu či rozhodně v údolí.

7.5 Respondenti experimentu

Otázka doporučeného počtu respondentů pro jeden experiment je řešena ve velkém množství odborné literatury (např. Bojko (2013), Holmqvist (2011)). Pro kvalitativní hodnocení postačuje menší počet respondentů než pro hodnocení kvantitativní (Nielsen, 2012). Popelka (2015) uvádí ve své disertační práci souhrn kartografických eye-tracking studií, ve kterých uvádí průměrný počet respondentů 17. Často se užívá 32 respondentů, kde tento počet doporučuje i Bojko (2013). Popelka (2015) pro účely své disertační práce využil 40 respondentů, přičemž polovina byla studentů kartografie a druhá polovina byli studenti nekartografických oborů.

Snahou o co nejvíce objektivní výsledky bylo zvolení vhodného počtu respondentů a zejména jejich rozlišení především podle kartografického vzdělání, pohlaví i věku. Podobně jako Popelka (2015) rozdělil respondenty do dvou skupin, byli také účastníci tohoto experimentu rozděleni na kartografy (20) a nekartografy (20). Nekartografové však byli rozděleni na dvě poloviny, kde první z nich tvořili studenti prvního ročníku bakalářského studia Geoinformatiky a geografie s minimálními zkušenostmi s kartografií. Tito studenti byli pak porovnáváni s druhou polovinou nekartografů tvořící studenty z jiných oborů a osobami pracujícími v jiném odvětví. Podobný počet respondentů měli ve své studii například (Fuhrmann, Komogortsev, Tamir, 2009) a to 38. Tito respondenti byli také rozděleni na laiky a zkušené uživatele.

7.6 Stínování v mapách

Výsledky eye-tracking experimentu byly srovnány se zjištěním práce Putto a kol. (2014), kde se jako nejvhodnější ukázalo využití stínovaného reliéfu.

Putto a kol. (2014) zkoumala tři různé vizualizace, kterými byly vrstevnice, stínovaný reliéf a perspektivní pohled s trojúhelníkovou mřížkou. U jednotlivých metod byly srovnávány délky fixace. Délka fixace byla nejkratší u stínovaného reliéfu, z čehož plyne, že stínovaný reliéf by měl být nejvhodnější při vizualizaci terénu. Delší fixace pak měly vrstevnice a vůbec nejdélní fixace pak byli u perspektivního pohledu s trojúhelníkovou mřížkou.

Popelka (2015) v jeho studii dokázal, že stínované mapy jsou pro vyhledávání obce či vrcholu méně vhodné v porovnání s variantou bez stínování, a to zejména v případě hledání obce.

Rozdíl těchto dvou prací byl ale ve stylu použitých map, kdy stimuly práce Putto a kol. (2014) byly rozdílné od těch, které použil Popelka (2015), který využil turistické mapy mapového portálu Mapy.cz. Stimuly Putto a kol. (2014) byly výrazně světlejší, a tak nelze zobecnit výsledky studie, kterou se zabýval Popelka (2015).

Ačkoliv výsledky části 2a prokázaly přesnější identifikaci terénu, tak z výsledků části 2b nelze tvrdit, zda je vhodnější stínování použít či nikoliv a to z důvodu, že si uživatelé mohli napomáhat číselnými údaji o nadmořské výšce při úloze, kde bylo určováno stoupání či klesání, museli respondenti pro získání dostatečného prostorového vjemu využít stínování s vrstevnicemi. Dle zjištění autora práce samotné stínování nestačí pro získání dostatečné představy povrchu, a proto je vhodné jej doplnit o další metody vizualizace výškopisu a to například o vrstevnice a kóty. Z porovnání méně a více výrazného stínovaného reliéfu vyplynulo, že je vhodnější použít méně výrazné stínování.

8 ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo eye-tracking hodnocení uživatelského čtení stínovaných a nestínovaných map. Mezi teoretické cíle patřila podrobná rešerše literatury věnující se metodám vizualizace výškopisu, stínováním v mapách a hodnocením metod vizualizace terénu a také provedení analýzy existujících mapových portálů. Začátkem praktické části byl on-line dotazník, kde bylo shromážděno 409 odpovědí respondentů.

Na základě dotazníku byl navržen eye-tracking experiment, kterého se zúčastnilo 40 respondentů, a to 20 kartografů a 20 nekartografů, kteří se pak dělili do dvou rovnoměrně rozložených skupin na uživatele s méně zkušenostmi a uživatele bez zkušeností. Experiment se dělil do tří částí.

V první části byl replikován článek Biland a Çoltekin (2016). Tvrzení, že při směru osvitu 337,5° (NNW) dochází k lepším výsledkům při identifikaci terénu než při směru osvitu 315° (NW), což je kartografická konvence, lze potvrdit.

Dále byl testován efekt inverzního terénu, ke kterému dochází při nastavení směru osvitu 135° (SE). Bylo potvrzeno, že při tomto nastavení dochází k tomuto efektu a také bylo zjištěno, že čtenáři mapy vykazují poměrně výraznou míru nejistoty při volbě odpovědi neboli identifikace tvaru terénu.

Ve druhé části byly porovnávány různé metody pro vyjádření výškopisu. Výsledky prokázaly, že stínování v mapách napomáhá při získání prostorového vjemu a je vhodnou metodou pro vizualizaci výškopisu v kombinaci s vrstevnicemi i kótami. Záleží ale na informaci, kterou se čtenář snaží z mapy získat a také na množství prvků obsažených v mapě. Stínovaný reliéf je vhodné doplnit o další metody vizualizace výškopisu například o vrstevnice a kóty. Při použití stínování je vhodné použít méně výrazný stínovaný reliéf, protože vede k lepší identifikaci terénních tvarů než výrazný stínovaný reliéf.

V poslední a to třetí části byly porovnány alternativní metody vizualizace terénu. Jako alternativní metoda funkce hillshade v ArcGIS se ukázala vhodnější metoda Cluster hillshade a v porovnání metody Filled Contours a její kombinace s Illuminated Contours, tedy stínovanými vrstevnicemi se ukázala lepší variantou pro identifikaci terénu kombinace obou metod.

Všechny stanovené cíle práce byly naplněny. Jednotlivé kroky byly konzultovány v průběhu práce.

Výsledky mohou být přímo použity při volbě způsobu vizualizace terénu. Tato práce může sloužit také jako inspirace pro další výzkum v oblasti způsobu či hodnocení metod zobrazení výškopisu v mapách.

Bakalářská práce ***Vliv stínování na kognici map*** obsahuje ucelený pohled na problematiku vhodnosti stínování v mapách a zároveň je první v České republice, ve které bylo pro hodnocení stínování využito technologie sledování pohybu očí.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- BERNABÉ-POVEDA, M.-A., ÇÖLTEKIN, A. Prevalence of the terrain reversal effect in satellite imagery. *International Journal of Digital Earth*, 2015, 8.8: s. 640-655.
- BILAND, J., ÇÖLTEKIN, A. An empirical assessment of the impact of the light direction on the relief inversion effect in shaded relief maps: NNW is better than NW. *Cartography and Geographic Information Science*, 2016, s. 1-15.
- BLÁHA, J. D., HRSTKOVÁ, L.: Kriteriaální a verbální hodnocení turistických map z hlediska estetiky a uživatelské vstřícnosti. *Geodetický a kartografický obzor*, 54/69, 2008, č. 5, s. 92–97
- BOGUSZAK, F., ŠLITR, J. Topografie. 1. vydání. Státní nakladatelství technické literatury. 1962, s. 292. ISBN 04-020-62.
- BOJKO, A. Eye tracking the user experience: A practical guide to research. Edition ed.: Rosenfeld Media, 2013, s. 320
- BRYCHTOVA, A., ÇÖLTEKIN, A. An Empirical User Study for Measuring the Influence of Colour Distance and Font Size in Map Reading Using Eye Tracking. *The Cartographic Journal*. 2014.
- CASTNER, H. W., WHEATE, R. Re-assessing the role played by shaded relief in topographic scale maps. *The Cartographic Journal*, 1979, 16.2: s. 77-85.)
- ČAPEK, R., MIKŠOVSKÝ, M., MUCHA, L. *Geografická kartografie*. Státní pedagogické nakladatelství, 1992.
- DELUCIA, A. The effect of shaded relief on map information accessibility. *The Cartographic Journal*, 1972, 9.1: s. 14-18.
- DENT, B. D. Cartography-thematic map design. 1999.
- DUCHOWSKI, A. T. Eye tracking methodology: Theory and practice. Springer, 2007. ISBN 978-1-84628-609-4.
- DUŠÁTKO, D. Vývoj kartografického znázorňování terénního reliéfu na mapách. Z dějin geodézie a kartografie 12. Rozpravy Národního technického muzea v Praze 186. Národní technické muzeum. Praha. 2004, s. 5-29.
- ENOCH, J. M. Effect of the size of a complex display upon visual search. *JOSA*, 1959, 49.3: s. 280-286.
- FEKIAČ, M. Využití shlukování v analýze dat z eye tracking systému, Olomouc, 2013. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Doc. Mgr. Jiří Dvorský, Ph. D.
- FUHRMANN, S., KOMOGORTSEV, O., TAMIR, D. Investigating hologram-based route planning. *Transactions in GIS*, 2009, 13.s1: s. 177-196.
- GIENKO, G., LEVINE, E. (2005). Eye-tracking and augmented photogrammetric technologies. Proceedings ASPRS 2005 Annual Conference, Baltimore, Maryland, 7. – 11. 3. 2005. Dostupné na: <ftp://ftp.ecn.purdue.edu/jshan/proceedingsasprs2005/Files/0043.pdf> (cit: 2012-03-20).
- HAEBERLING, C. Image of a Graphical Pictorial Map in 3D. *Symbolization and Visualization of Topographic 3D-Maps*, (available at <http://www.karto.ethz.ch/research/research13.html>), Institute of Cartography, accessed in, 2003.
- HAMMOUD, R. I., MULLIGAN, J. B. (2008) Introduction to Eye Monitoring. In *Passive Eye Monitoring*. Springer, s. 1-19.

- HOLMQVIST, K., NYSTRÖM, M., ANDERSSON, R., DEWHURST, R., JARODZKA, H., VAN DE WEIJER, J. (2011) Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures. Oxford University Press, s. 537.
- HORN, B. KP. Hill shading and the reflectance map. *Proceedings of the IEEE*, 1981, 69.1: s. 14-47.
- CHANG, K.-T., ANTES, J., LENZEN, T. The effect of experience on reading topographic relief information: Analyses of performance and eye movements. *The Cartographic Journal*, 1985, 22.2: s. 88-94
- IMHOF, E. *Cartographic relief presentation*. ESRI, Inc., 2007.
- IRVANKOSKI, K., TORNIAINEN, J., KRAUSE, Ch. M. Visualisation of elevation information on maps: an eye movement study. In: *Conference proceedings, The Scandinavian Workshop on Applied Eye Tracking (SWAET), Karolinska Institutet, Stockholm*. 2012.
- JENNY, B., RÄBER, S. Relief shading, [http: www.reliefshading.com/](http://www.reliefshading.com/), 2017.
- JENNY, B., PATTERSON, T. Introducing plan oblique relief. *Cartographic Perspectives*, 2007, 57: s. 21-40.
- JOHN, J., GOJDA, M. (2013): Principy leteckého laserového skenování a jeho využití pro dálkový archeologický průzkum. In: M. Gojda, J. John a kol.: *Archeologie a letecké laserové skenování krajiny*, s. 8–20.
- KEMPF, R. P., POOCK, G. K. Some Effects of Layer Tinting of Maps. *Perceptual and motor skills*, 1969, 29.1: s. 279-281.
- KLEFFNER, D. A., RAMACHANDRAN, V. S. On the perception of shape from shading. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 1992, 52.1: s. 18-36.
- KUDRNOVSKÁ, O. První české výškopisné mapy Karla Kořistky. *Vojenský zeměpisný ústav*. 1974, s. 52.
- LI, X., COLTEKIN, A. A., KRAAK, M. J. (2010). Visual exploration of eye movement data using the Space-Time-Cube. *Geographic Information Science, Lecture Notes in Computer Science*, 6292, s. 295-309.
- LI, X., ÇÖLTEKIN, A., KRAAK, M.-J. (2010). Visual exploration of eye movement data using the space-time-cube. In *Geographic Information Science*. Springer, s. 295-309.
- NĚTEK, R. Frekvence využívání mapových metod na mapových portálech. 2008.
- NIELSEN, J. (2003). Usability 101: introduction to usability. *Alertbox:current issues in web usability*. Dostupné na: <http://www.useit.com/alertbox/20030825.htm> (cit:2012-03-20)
- NOVOTNÁ, B. L.: Využití mentálních map uživatelů při hodnocení turistických map. *Geodetický a kartografický obzor*, 58/100, 2012, č. 4, s. 87–92
- PATTERSON, T. 2016. "Discussion: Some thoughts about shaded relief presentation." Accessed 20 March 2016 <http://www.shadedrelief.com/retro/discussion.html>
- PETROVIČ, D., MAŠERA, P. Analysis of user's response on 3D cartographic presentations. In: *Proceedings of the 22nd ICA international cartographic conference, A Coruna, Spain*. 2005.
- PHILLIPS, R. J., LUCIA, A., SKELTON, N. Some objective tests of the legibility of relief maps. *The Cartographic Journal*, 1975, 12.1: s. 39-46.

- PLÁNKA, L. GE18 Kartografie a základy GIS: modul 01: Úvod do kartografie. Brno: Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, 2006.
- POPELKA, S. Optimal eye fixation detection settings for cartographic purposes. *Proceedings of the 14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing (SGEM'14)*, 2014, 1: s. 705-712.
- POPELKA, S., VÁVRA, A., BRYCHTOVÁ, A. Eye-tracking hodnocení fenologických map. Olomouc, 2014.
- POPELKA, S. Hodnocení 3D vizualizací v GIS s využitím sledování pohybu očí. Olomouc, 2015. disertační práce (Ph.D.). Univerzita palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta
- POPELKA, S. The Role of Hill-Shading in Tourist Maps. In: *ET4S@GIScience*. 2014, s. 17-21.
- POTASH, L. M., FARRELL, J. P., JEFFREY, T. S. A technique for assessing map relief legibility. *The Cartographic Journal*, 1978, 15.1: s. 28-35.
- PRAVDA, J. Georeliéf na mapách. Geodetický a kartografický obzor. 2005. roč. 51/93. č. 8, s. 173 –179.
- PUTTO, K., et al. Effects of Cartographic Elevation Visualizations and Map-reading Tasks on Eye Movements. *The Cartographic Journal*, 2014, 51.3: s. 225-236.
- RAPOSO, P., BREWER, C. A. Landscape preference and map readability in design evaluation of topographic maps with an orthoimage background. *The Cartographic Journal*, 2014, 51.1: s. 25-37.
- ROBINSON, A. H. Elements of cartography. *Soil Science*, 1960, 90.2: s. 147.
- ROČEK, I. Kde začínal a končil les?. *Vesmír*. 2008. roč. 87. č. 10, s. 667-668.
- SAVAGE, D. M., WIEBE, E. N., DEVINE, H. A. Performance of 2d versus 3d topographic representations for different task types. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2004, s. 1793-1797.
- SCHOBESBERGER, D., PATTERSON, T. Evaluating the effectiveness of 2d vs. 3d trailhead maps. *Mountain Mapping and Visualisation*, 2007, s. 201.
- SLOCUM, T. A., et al. Thematic cartography and geovisualization. 2009.
- VEVERKA, B., ZIMOVÁ, R., 2008. Topografická a tematická kartografie. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 978-80-01-04157-4.
- VEVERKA, B., ZIMOVÁ, R. *Topografická a tematická kartografie*. České vysoké učení technické, 2008.
- VÍŠEK, T. Testování a hodnocení použitelnosti vybraných turistických analogových map 2009.
- VONDRÁKOVÁ, A., POPELKA, S. The use of eye-tracking for the evaluation of various cartographic tasks. *14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing*, 2014, 3.SGEM2014 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-12-4/ISSN 1314-2704, June 19-25, 2014, Vol. 3: s. 981-988.
- VOŽENÍLEK, V. Agenda současné počítačové kartografie [online]. 2006 [cit. 2012-03-01]. URL:<http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2007/sbornik/Referaty/Sekce7/Vozenilek.pdf>.

- VOŽENÍLEK, V. Geografické informační systémy I. Pojetí, historie, základní komponenty. 1998. 1. vydání. Vydavatelství Univerzity Palackého. 1998, s. 174. ISBN 80-7067-802-X.
- VOŽENÍLEK, V. Zásady tvorby mapových výstupů. *Univerzita Palackého Olomouc, Přírodovědecká fakulta, Ostrava, 2002.*

SEZNAM ILUSTRACÍ

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 Postup práce..... | 13 |
| Obrázek 2 Dělení výškopisu dle autorů..... | 16 |
| Obrázek 3 Dělení metod zobrazení výškopisu dle autora..... | 16 |
| Obrázek 4 Metody zobrazení výškopisu..... | 17 |
| Obrázek 5 Malovaná mapa kantonu Curych..... | 20 |
| Obrázek 6 Wenschowův stínovaný reliéf..... | 21 |
| Obrázek 7 Pracovní postup stínování..... | 25 |
| Obrázek 8 Úprava DEM v prostředí Photoshop..... | 25 |
| Obrázek 9 Ruční kresba stínování, nedokončený stínovaný reliéf kreslený tužkou..... | 26 |
| Obrázek 10 Fréza a model vyrobený ze sádry..... | 26 |
| Obrázek 11 Technika Airbrush..... | 27 |
| Obrázek 12 Nestrukturované stínování, stínování podle určitých pravidel..... | 27 |
| Obrázek 13 Santa Cruz Island, California, Analytické stínování..... | 28 |
| Obrázek 14 Tón pro ploché plochy, © swisstopo..... | 28 |
| Obrázek 15 Detail mapy oblasti jezera Walensee..... | 29 |
| Obrázek 16 Generalizace stínovaného reliéfu..... | 29 |
| Obrázek 17 Využití barev..... | 30 |
| Obrázek 18 Volba bodu s nejvyšší nadmořskou výškou - směr osvitů 315° (NW)..... | 38 |
| Obrázek 19 Volba bodu s nejvyšší nadmořskou výškou - směr osvitů 135° (SE)..... | 38 |
| Obrázek 20 Preference výškové metody..... | 39 |
| Obrázek 21 Kombinace s barevnou hypsometrií..... | 39 |
| Obrázek 22 Průběh eye-tracking experimentu..... | 42 |
| Obrázek 23 Trénovací otázka (část 1)..... | 43 |
| Obrázek 24 Směr osvitů 315° (vlevo) a 337,5° (vpravo)..... | 44 |
| Obrázek 25 Směr osvitů 315° (vlevo) a 135° (vpravo)..... | 44 |
| Obrázek 26 Způsoby zobrazení výškopisu..... | 44 |
| Obrázek 27 Trénovací otázka – část 2a..... | 45 |
| Obrázek 28 Vybrané stimuly s otázkami – část 2b..... | 45 |
| Obrázek 29 Použité metody Terrain tool – část 3..... | 46 |
| Obrázek 30 Focus map (stimuly 23a a 23b)..... | 54 |
| Obrázek 31 Označení nejvyššího vrcholu u mapového portálu HERE WeGo..... | 56 |
| Obrázek 32 Označení nejvyššího vrcholu u mapového portálu Google Maps..... | 56 |
| Obrázek 33 Úkol – označ dva nejvyšší vrcholy..... | 59 |
| Obrázek 34 Úkol – označ tři nejprudší svahy..... | 59 |
| Obrázek 35 Úkol – označ 1 nejvyšší vrchol..... | 61 |
| Obrázek 36 Úkol – označ 2 nejprudší svahy..... | 61 |
| Obrázek 37 Výsledky práce a doporučení..... | 65 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 Metriky použité pro analýzu dat (Popelka, 2015) | 46 |
| Tabulka 2 Statisticky významné rozdíly mezi stimuly části 2a..... | 52 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|--|----|
| Graf 1 Dělení respondentů podle věku a kartografického vzdělání..... | 37 |
| Graf 2 Využití mapových portálů respondentů dotazníku..... | 38 |
| Graf 3 Odpovědi – NNW x NW – hřeben a odpovědi – NNW x NW – údolí..... | 47 |
| Graf 4 Odpovědi – NW x SE – hřeben a odpovědi – NW x SE – údolí | 48 |
| Graf 5 Čas strávený na snímku u použitých směrů osvitů | 48 |
| Graf 6 Kartografové/Nekartografové – NNW – NW – hřeben, NNW – NW – údolí | 49 |
| Graf 7 Nekartografové – NNW x NW – hřeben, NNW – SE – údolí | 49 |
| Graf 8 Nekartografové – NW x SE – hřeben, NW x SE – údolí..... | 50 |
| Graf 9 Čas strávený na snímku podle typu úloh v části 2 | 50 |
| Graf 10 Délka trajektorie pohybu oka podle typu úloh v části 2 | 51 |
| Graf 11 Procentuální úspěšnost určení stoupání a klesání v části 2a..... | 52 |
| Graf 12 Čas strávený na snímku u stimulů části 2a | 52 |
| Graf 13 Srovnání délky trajektorie pohybu oka v části 2a | 53 |
| Graf 14 Procentuální úspěšnost odpovědí skupin v části 2a..... | 53 |
| Graf 15 Odpovědi respondentů v části 2b | 54 |
| Graf 16 Čas strávený na snímku při úloze viditelnosti mezi body..... | 55 |
| Graf 17 Čas strávený na snímku u stimulů s čísly 25 a 26 | 55 |
| Graf 18 Čas strávený na snímku u stimulů s čísly 27, 28, 29 a 30 | 57 |
| Graf 19 Délka trajektorie oka v rámci stimulů s čísly 17-24..... | 57 |
| Graf 20 Kartografové/Nekartografové část 2b | 58 |
| Graf 21 Srovnání dle zkušeností část 2b..... | 58 |
| Graf 22 Čas strávený na snímku u stimulů s čísly 31 a 32 | 60 |
| Graf 23 Délka trajektorie oka stimulů s čísly 31 a 32..... | 60 |
| Graf 24 Čas strávený na snímku u stimulů s čísly 33 a 34 | 62 |
| Graf 25 Délka trajektorie oka stimulů s čísly 33 a 34..... | 62 |

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy

- Příloha 1 *Přehled použitých metod Terrain Tools Sample v1.1 v části experimentu 3*
- Příloha 2 Výsledky části 1
- Příloha 3 Výsledky části 2a
- Příloha 4 Délka trajektorie pohybu oka při úloze viditelnosti mezi body u kartografů a nekartografů u otázky viditelnosti mezi body
- Příloha 5 Srovnání uživatelů části 2b
- Příloha 6 Seznam otázek dotazníkového šetření
- Příloha 7 Výsledky screenshotů z mapových portálů u dotazníkového šetření
- Příloha 8 Freeware, Shareware & Low-Cost Software
- Příloha 9 GIS software a Grafický a 3D software

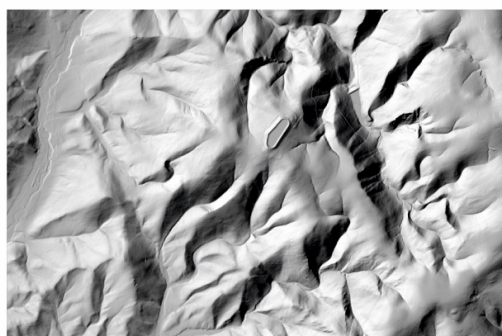
Volné přílohy

- Příloha 10 Poster
- Příloha 11 DVD

Popis struktury DVD

- Adresáře:
- Data ET
- Excel
- On-line dotazník
- Poster
- Přílohy
- RStudio
- Text práce
- WEB

Příloha 1: Přehled použitých metod Terrain Tools Sample v1.1 v části experimentu 3



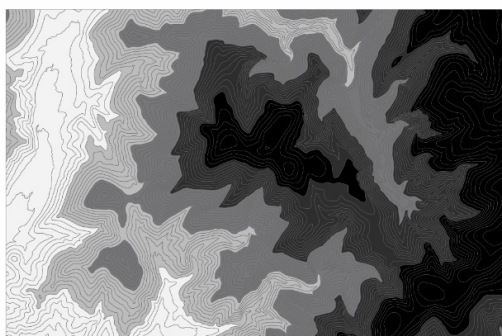
Cluster Hillshade

Clustering je technika, která umožňuje dělení množiny dat do homogenních podskupin. Cílem je vytvořit sady vzorků, které jsou co nejpodobnější v klastrech, a tak odlišné, jak je to možné mezi skupinami. Nevýhodou je, že výsledky obsahují příliš mnoho detailů, aby byly užitečné pro hill-shading (příliš mnoho šumu), takže výsledky procesu shlukování se vyhlazují vytvoří se větší homogenní plochy, které definují hlavní prvky reliéfu.



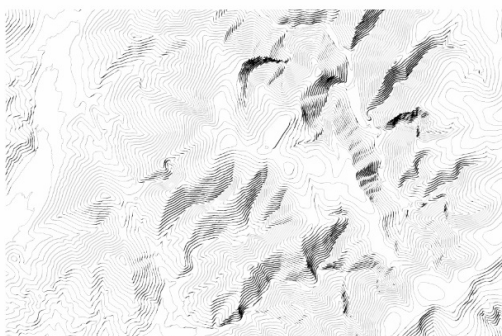
MDOW Hillshade

Klade důraz na šikmé osvětlení, poskytuje více detailů, které by jinak byly osvětlené přímým světlem nebo by zmizely ve tmě pomocí jednoho zdroje osvětlení. Tato metoda vytváří šikmé osvětlení na všech površích pomocí více než jedno osvětlování azimutu a odtud plyne název Multi-Directional Oblique Weighted hillshade (vícesměrový šikmo nakloněný stínovaný reliéf).

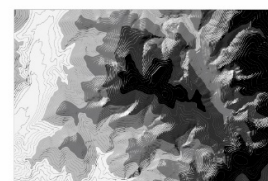


Illuminated Contours

Pomocí funkce filled contours lze vytvořit polygony představující intervaly hodnot mezi liniemi. Intervalům je přiřazena barva za využití kvantitativní stupnice. Platí zde pravidlo "čím výše, tím temněji". Vytváří a symbolizuje vnořené polygony tak, že hraniční čáry vymezují oblasti stejných hodnot nadmořské výšky.



Illuminated Contours



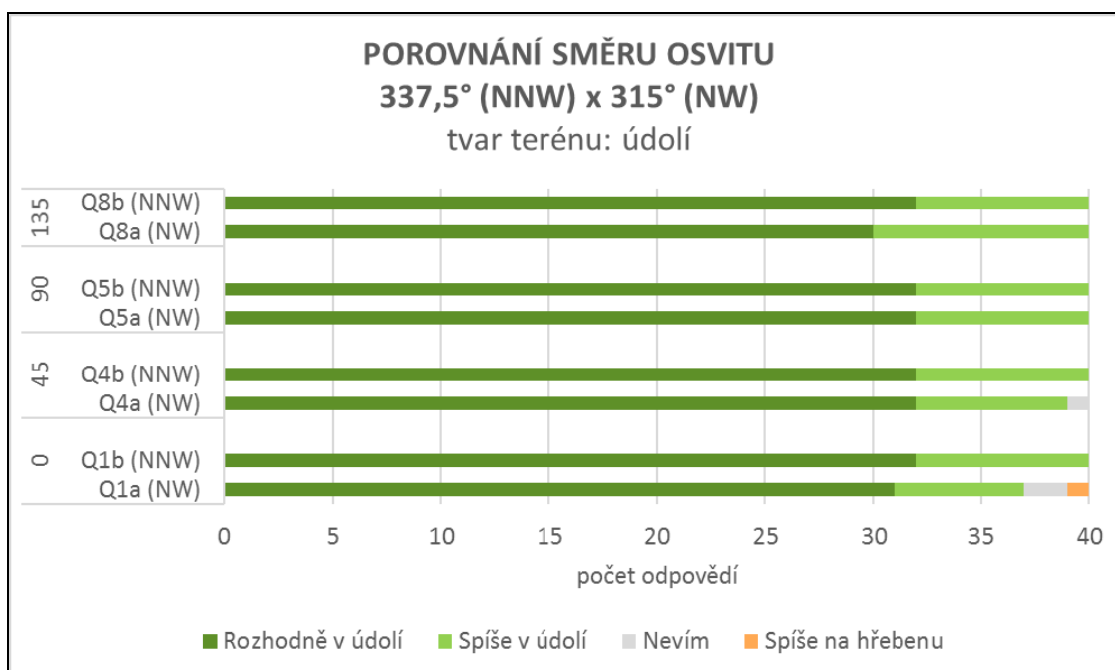
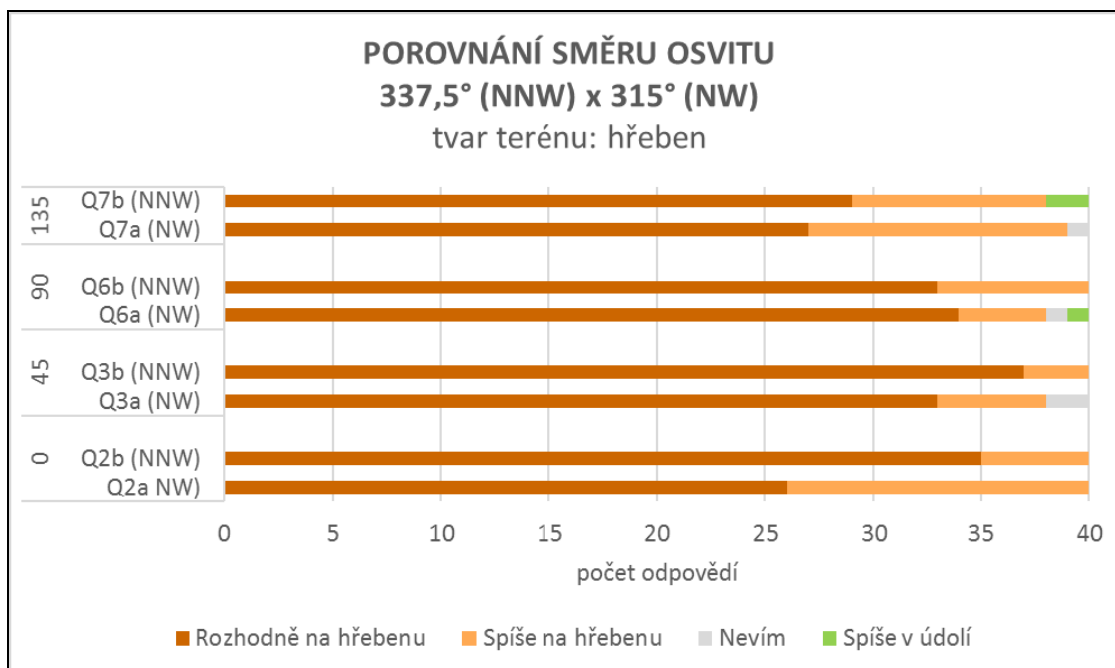
Illuminated + Filled Contours

Analytická verze metody Tanaka symbolizuje vrstevnice, které zahrnují změnu barvy a tloušťky stínovaných a nestínovaných vrstevnic. Pro netrénované oko nemusí být tato metoda dobrá pro představení terénu. Není zde žádná změna symboliky pro vysoké či nízké oblasti a strmost svahů je dána pouze uspořádáním vrstevnic. Pokud uživatel chápe, jak se konkávní a konvexní svahy jeví jako vrstevnice a jak údolí a vrcholky vypadají, může si odvodit tvar terénu.

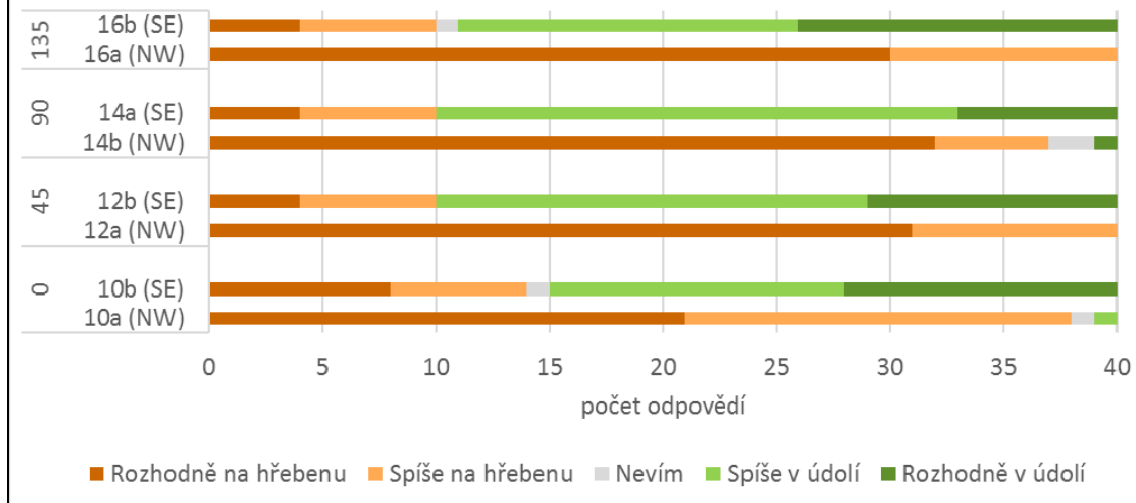
zdroj obrázků: vlastní

zdroj textu: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=4b2ea7c5f87d476a8849c804b81667aa>
<http://carto.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=415ca449ea6c4d9397c975139abd45fe>

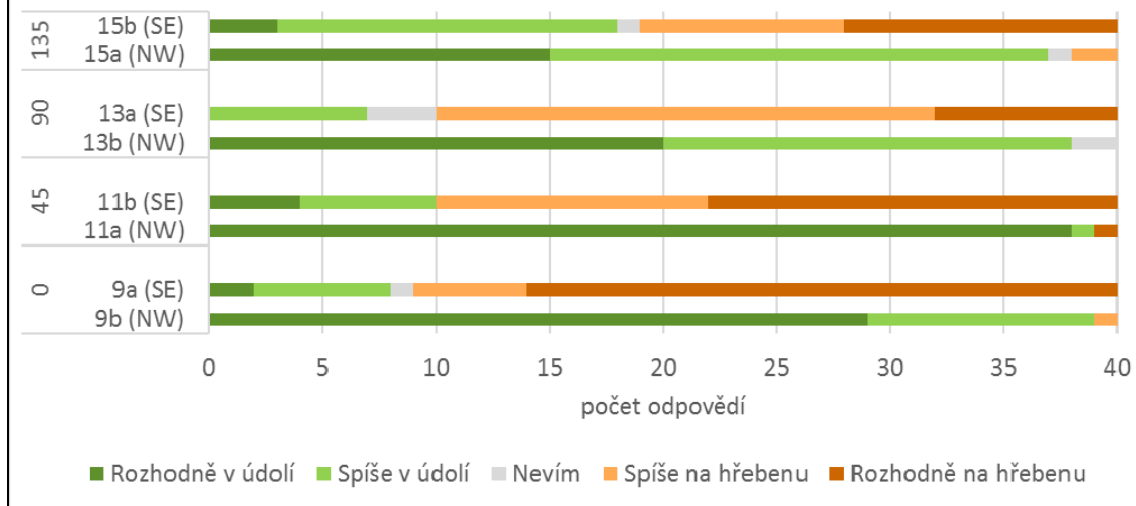
Priloha 2: Výsledky části 1

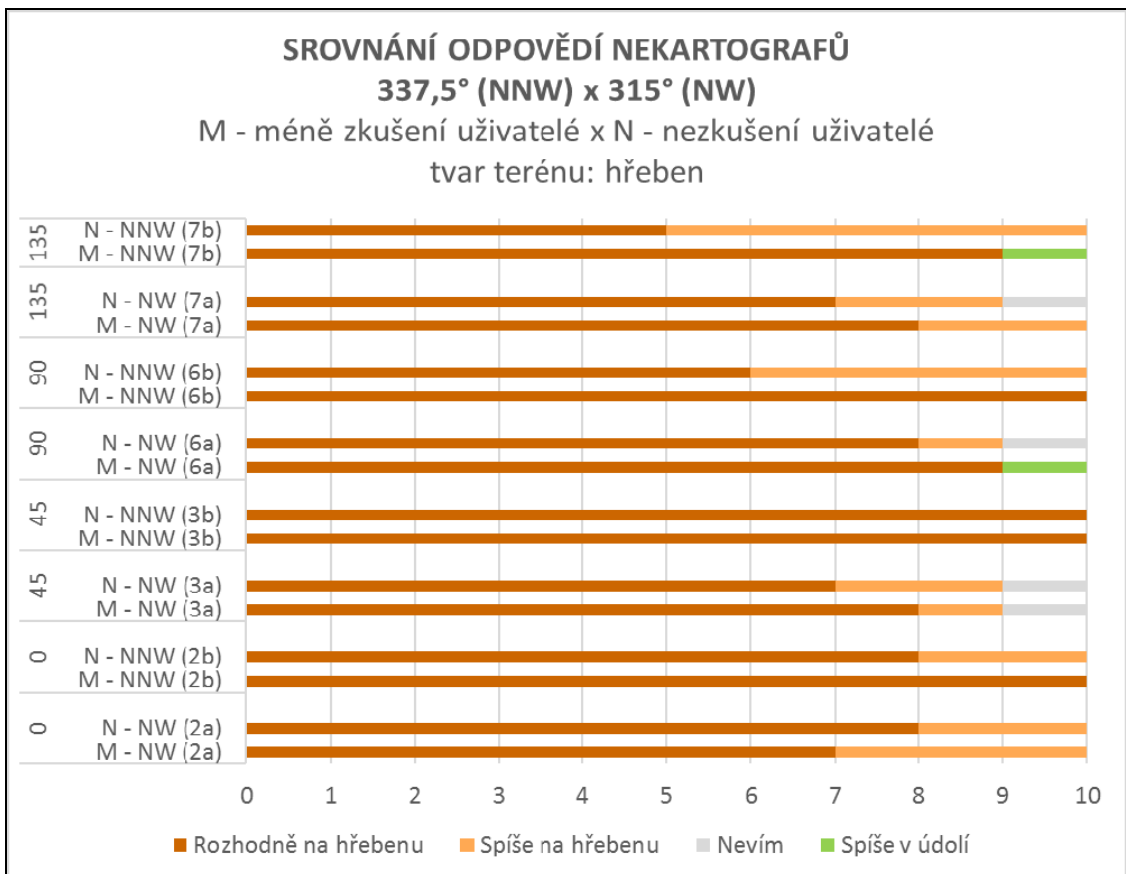
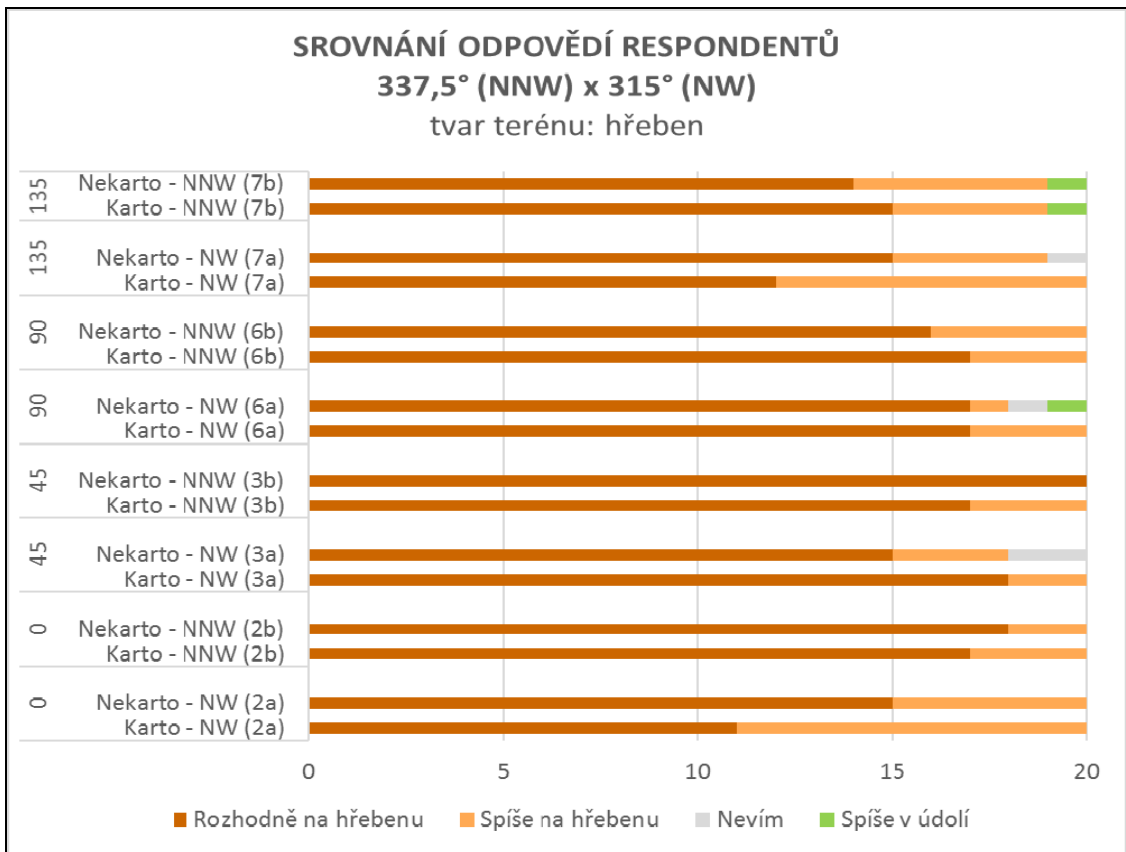


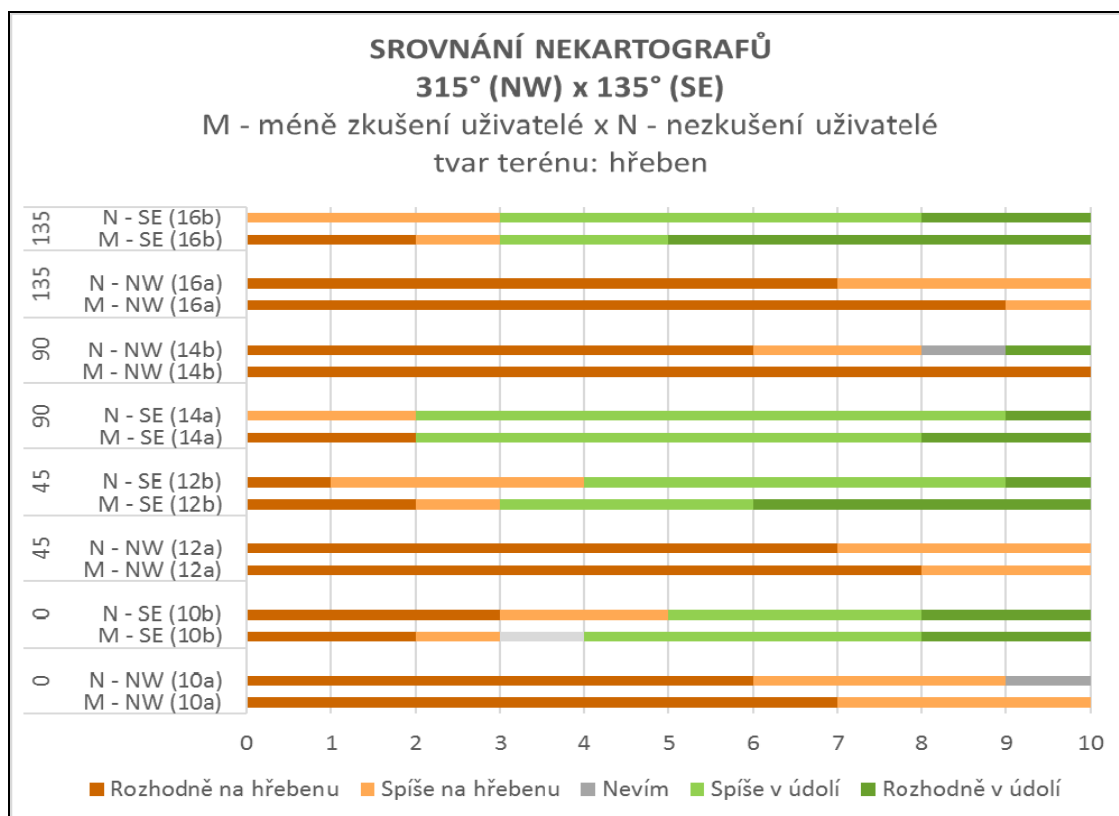
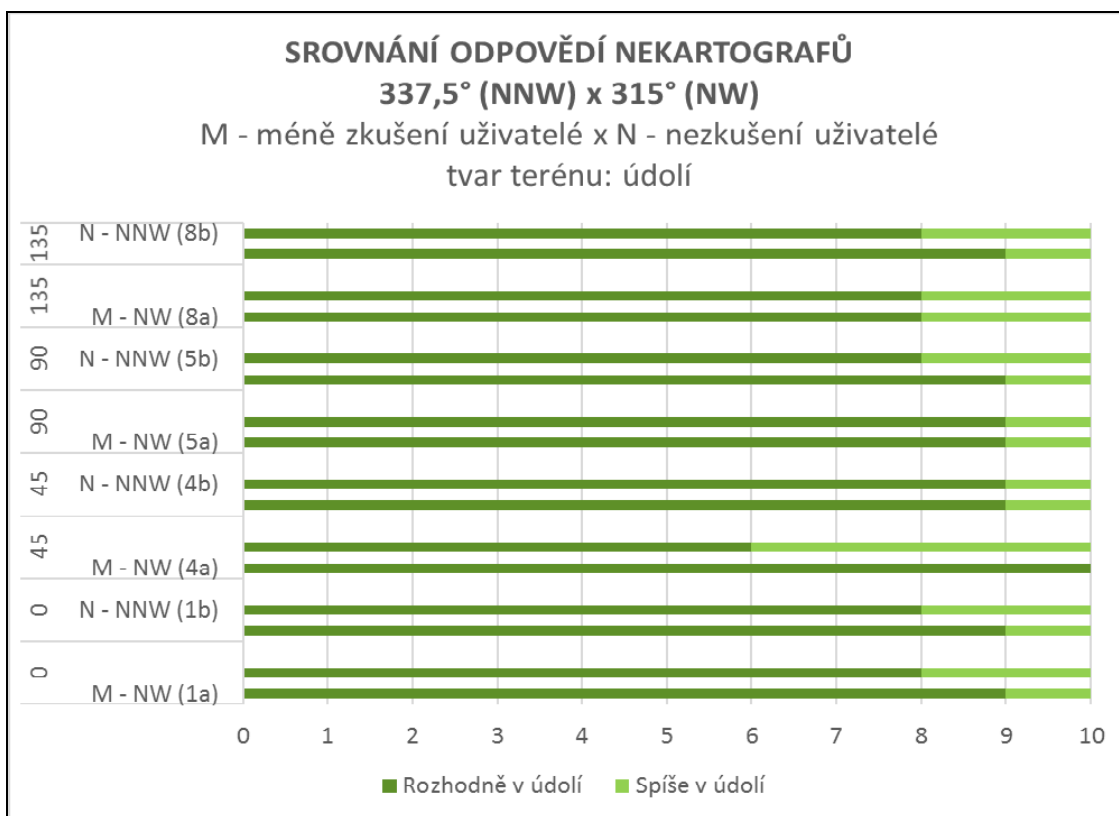
POROVNÁNÍ SMĚRU OSVITU
315° (NW) x 135°(SE)
 tvar terénu: hřeben



POROVNÁNÍ SMĚRU OSVITU
315° (NW) x 135° (SE)
 tvar terénu: údolí





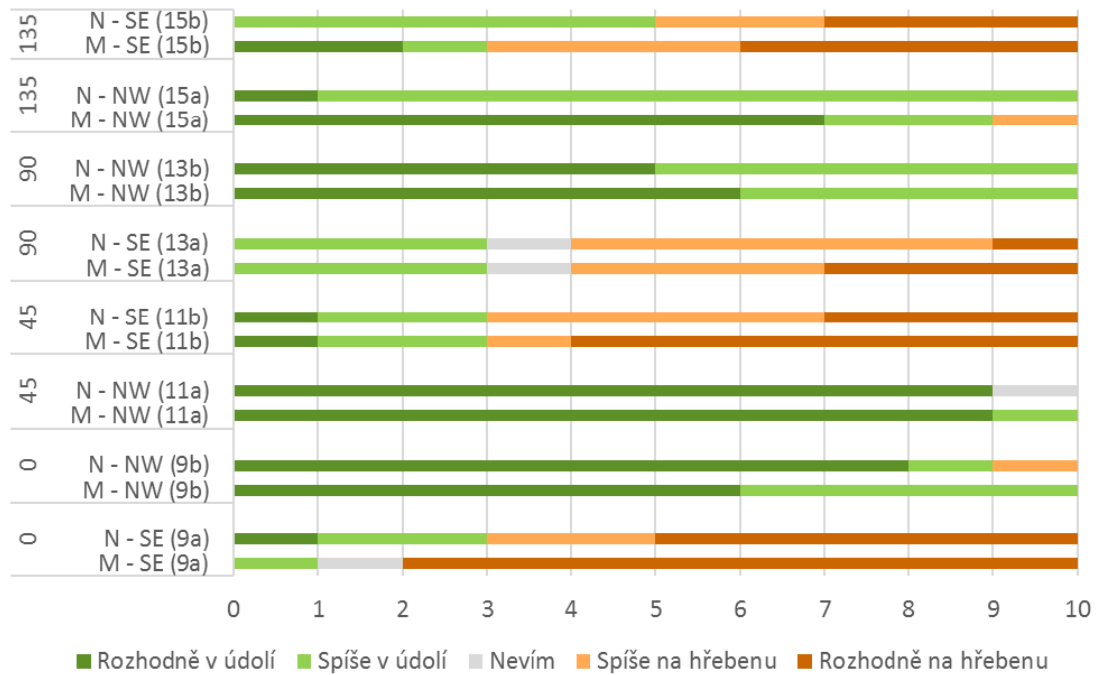


SROVNÁNÍ NEKARTOGRAFŮ

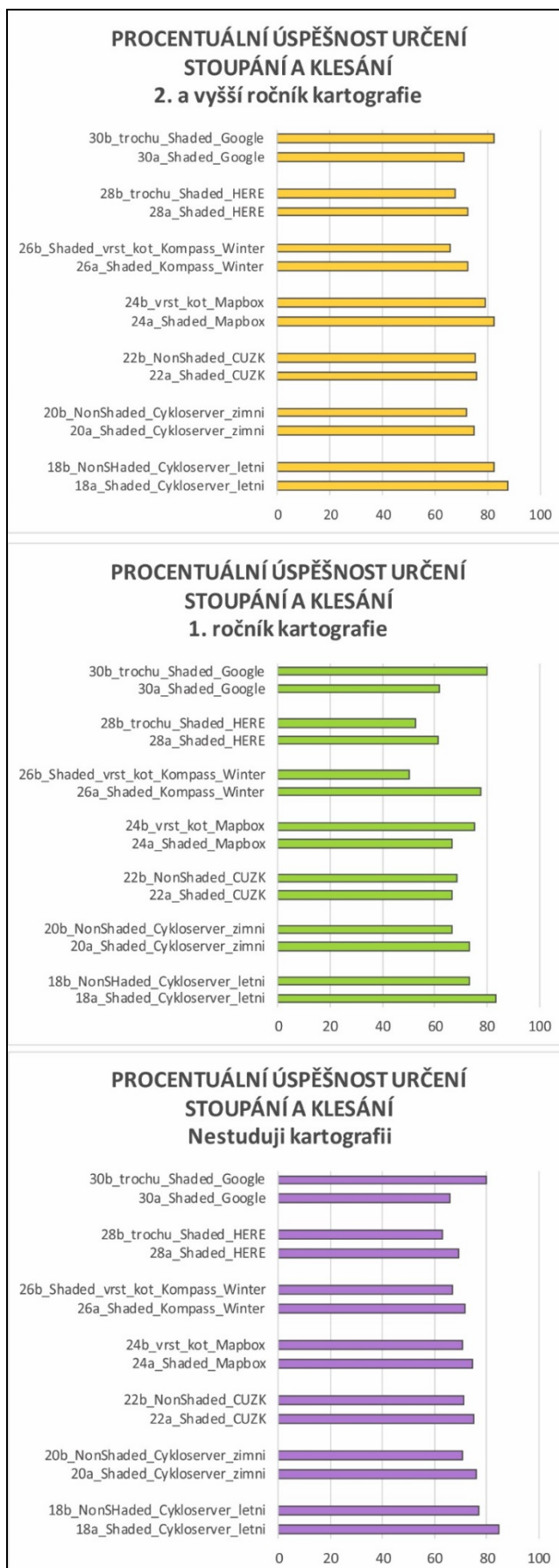
315° (NW) x 135° (SE)

M - méně zkušený uživatelé x N - nezkušený uživatelé

tvar terénu: údolí

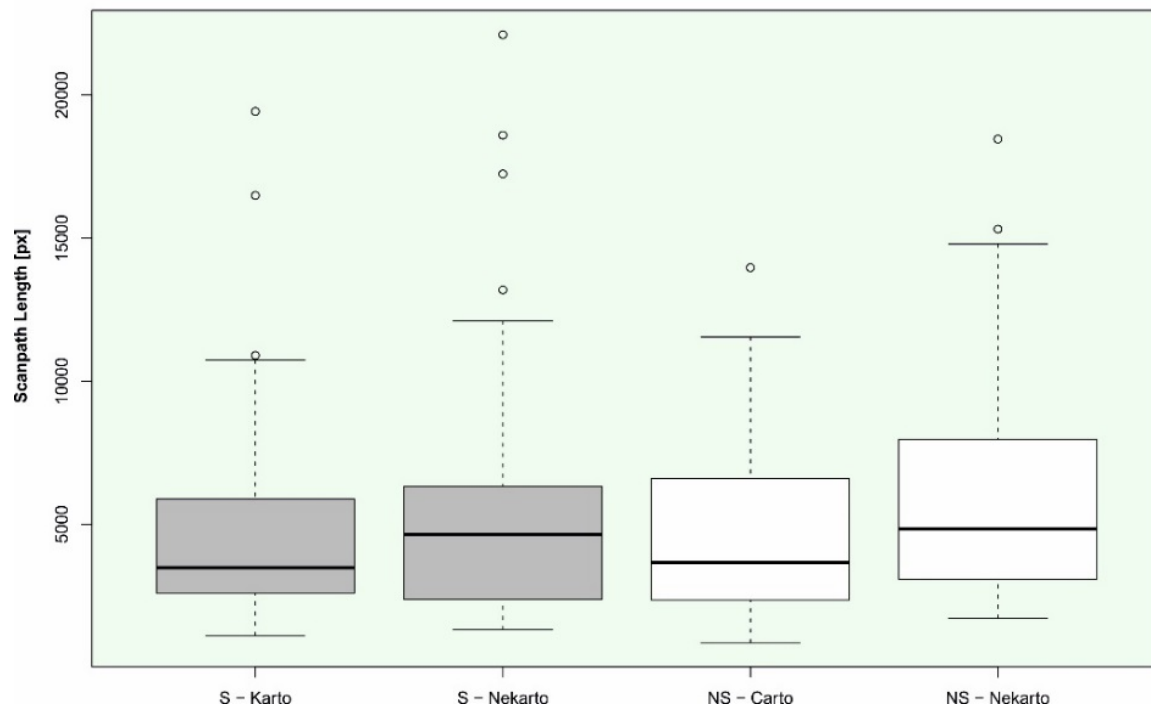


Příloha 3: Výsledky části 2a

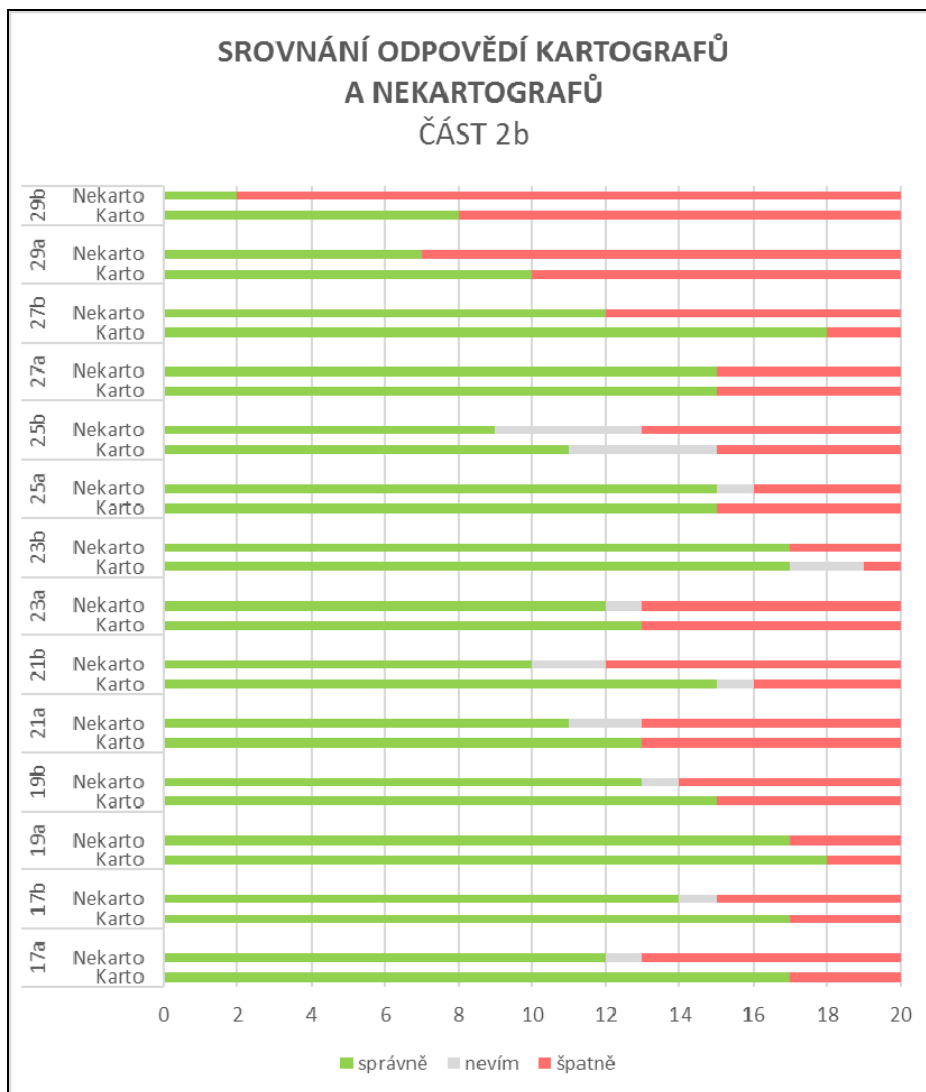


Priloha 4: Délka trajektorie pohybu oka při úloze viditelnosti mezi body u kartografů a nekartografů u otázky viditelnosti mezi body

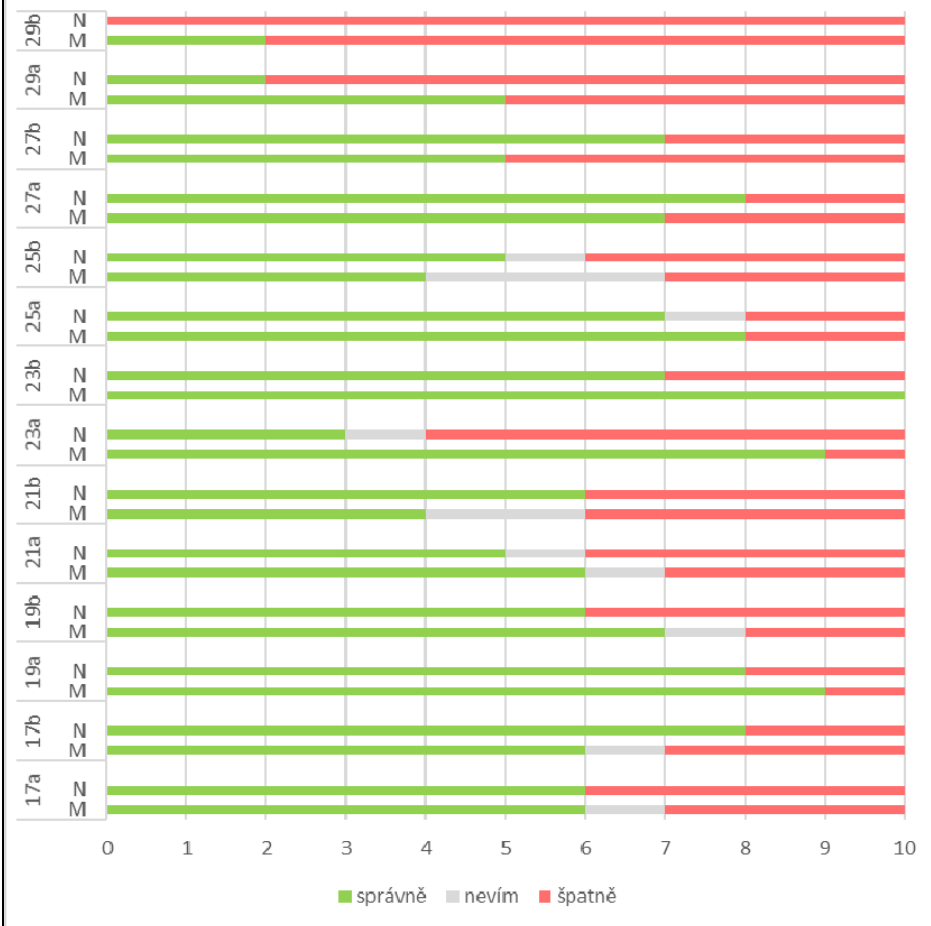
SCANPATH LENGTH - ODBORNOST - VIDITELNOST



Příloha 5: Srovnání uživatelů části 2b



**SROVNÁNÍ ODPOVĚDÍ MÉNĚ ZKUŠENÝCH (M)
A NEZKUŠENÝCH UŽIVATELŮ (N)
ČÁST 2b**



Příloha 6: Seznam otázek dotazníkového šetření

Seznam otázek:

Vaše pohlaví.

Váš věk.

Jak často používáte turistickou mapu v digitální či papírové podobě?

Máte kartografické vzdělání?

Pomáhá Vám mapa se stínovaným reliéfem pro lepší představení povrchu?

Který bod má největší nadmořskou výšku? 2x

Co je pro Vás nejlepší pro představení terénu?

Co je pro Vás nejlepší pro představení terénu v kombinaci s barevnou stupnicí podle nadmořské výšky?

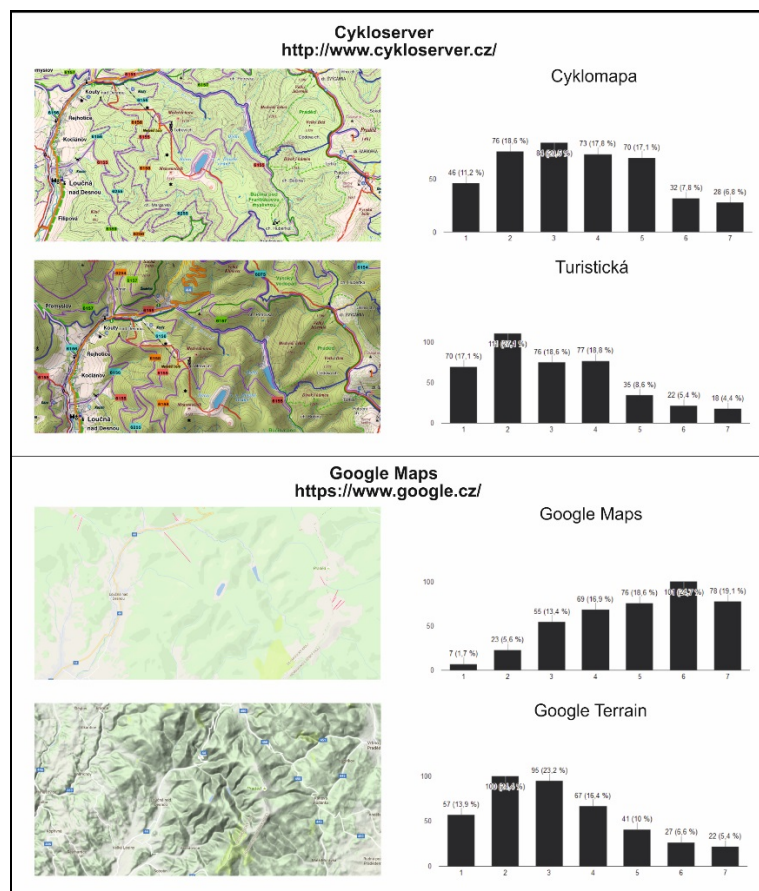
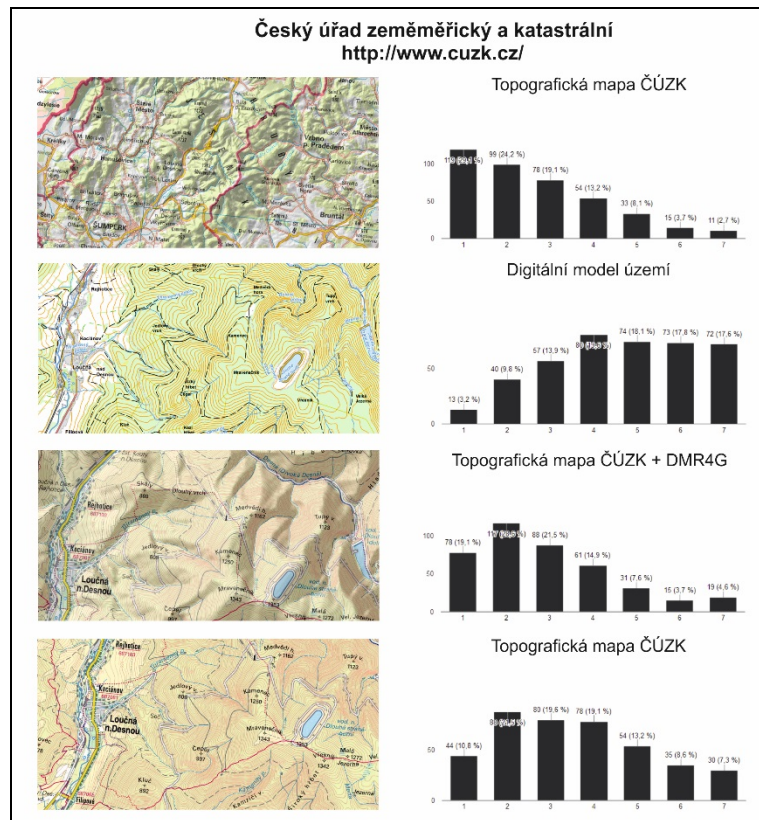
Když kupujete turistickou mapu, je pro Vás důležité, aby obsahovala stínování?

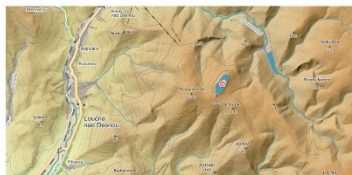
Které mapové portály používáte?

Který z nich používáte nejčastěji?

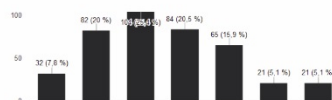
Ohodnoťte následující screenshoty (obrázky) z mapových portálů.

Příloha 7: Výsledky screenshotů z mapových portálů u dotazníkového šetření

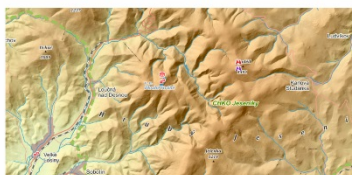
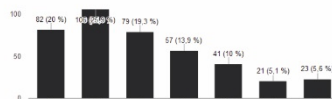




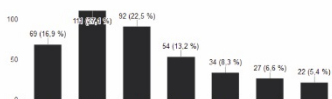
Zeměpisná



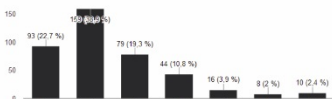
Turistická



Zeměpisná



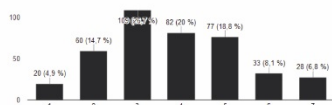
Turistická



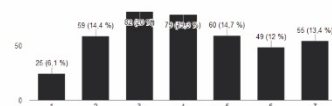
Slovenské mapové portály



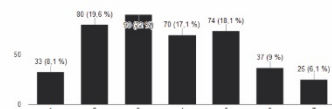
Geoportál
<https://www.geoportal.sk/sk/geoportal.html>



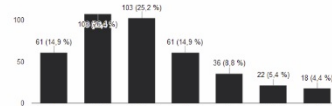
Geoportál
<https://www.geoportal.sk/sk/geoportal.html>



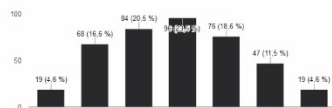
Freemap
<http://www.freemap.sk/>



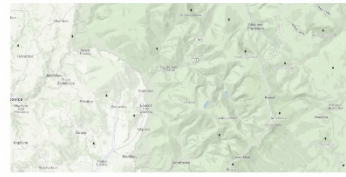
Freemap
<http://www.freemap.sk/>



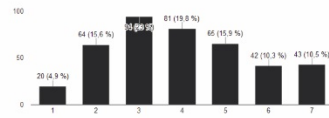
Mapový klient ZBGIS
<https://zbgis.skgeodesy.sk/tkgis/default.aspx>



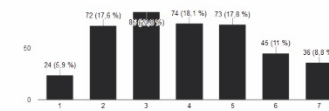
Vybrané zahraniční mapové portály



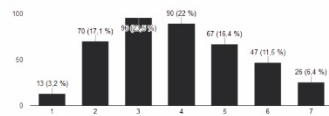
MapQuest
<https://www.mapquest.com/>



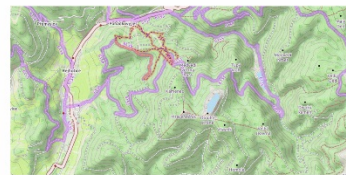
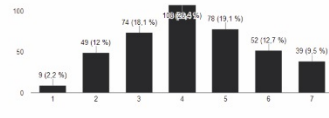
HERE WeGo
<https://wego.here.com/>



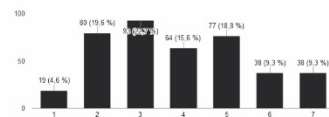
ViaMichelin
<https://www.viamichelin.com/>



KOMPASS.Maps
<http://maps.kompass.de/>



OpenStreetMap
<https://www.openstreetmap.org/>



*Příloha 8: Freeware, Shareware & Low-Cost
Software*

| 1. Freeware, Shareware & Low-Cost Software | |
|---|---|
| NÁZEV | CHARAKTERISTIKA |
| Global Mapper | – cenově dostupný |
| | – snadno použitelný |
| | – přístup k široké škále prostorových dat |
| | – vhodný pro zkušené i začínající uživatele |
| | – http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php |
| GRASS | – Geographic Resources Analysis Support System |
| | – open source |
| | – prostorové modelování |
| | – správu a analýzu geoprostorových dat |
| | – zpracování obrazu, grafiky, map a vizualizací |
| | – využití v akademickém i komerčním prostředí a vládních agenturách |
| – https://grass.osgeo.org/ | |
| LandSerf | – open source GIS |
| | – vizualizace a analýza povrchu |
| | – http://www.landserf.org/ |
| MapRender3D | – vizualizace a modelování |
| | – 2D i 3D |
| | – http://www.digital-elevation.com/index.htm |
| MICRODEM | – volně dostupný |
| | – mapování na mikropočítači |
| | – https://www.usna.edu/Users/oceano/pguth/website/microdem/microdem.htm |
| Natural Scene Designer | – tvorba animací, stínovaného reliéfu, 360° panorama |
| | – intuitivní rozhraní |
| | – http://naturalgfx.com/ |
| QGIS | – open source GIS |
| | – oficiální projekt Open Source Geospatial Foundation (OsGeo) |
| | – tvorba, upravování, vizualizace, analýzy a prezentace geoprostorových informací |
| | – http://www.qgis.org/en/site/ |
| Relief! | – použití MapInfo tabulek |
| | – úprava obrazu, mapování a prezentace dat |
| | – http://www.greatcircle.co.nz/terrain/relief.htm |
| Relief Shader | – určený výhradně pro tvorbu stínovaného reliéfu |
| | – volně dostupný |
| | – http://geomaticssystem.com/free |
| Terrain Sculptor | – open source |
| | – odstraňuje nepodstatné detaily terénu a zvýrazňuje důležité terénní prvky |
| | – http://terraincartography.com/terrainsculptor/ |

Príloha 9: GIS software a Grafický a 3D software

| 2. GIS software | |
|---------------------------|---|
| NÁZEV | CHARAKTERISTIKA |
| TerrSet | – modelování Země a udržitelný rozvoj |
| | – cenově dostupný |
| | – specializace na rastrová data |
| | – https://clarklabs.org/terrset/ |
| Manifold System | – cenově dostupný |
| | – široká škála nástrojů |
| | – http://www.manifold.net/ |
| Surfer | – rozsáhlé modelovací nástroje |
| | – tvorba vrstevnic a 3D povrchů |
| | – http://www.goldensoftware.com/products/surfer |
| ArcGIS | – správa, analýzy, vizualizace |
| | – desktopové, serverové a mobilní aplikace |
| | – portál pro sdílení |
| | – https://www.arcgis.com/features/index.html |
| 3. Grafický a 3D software | |
| NÁZEV | CHARAKTERISTIKA |
| Adobe Photoshop | – profesionální standard pro editaci obrazu |
| | – často používaný pro úpravu stínovaného reliéfu |
| | – http://www.adobe.com/cz/products/photoshop.html |
| CartaPGM | – plug-in pro Photoshop na Macintosh |
| | – zapisuje soubory ve formátu Portable Gray Map (PGM) |
| | – http://cartapgm-free-download-for-mac.softwares7.com/ |
| Blender | – open source |
| | – 3D modelování, animace, simulace, renderování, video editace a vytváření her |
| | – https://www.blender.org/ |
| Bryce | – netradičním GUI a omezené možnosti pro import geo-dat |
| | – realistické modelování 3D krajiny a animace |
| | – http://www.daz3d.com/bryce-7-pro |
| Terrain Texture Shader | – používá novou techniku zvanou texture shading |
| | – tvorba detailních tvarů terénu |
| | – http://naturalgfx.com/tts.htm |
| Visual Nature Studio | – široce uznávan jako nejlepší softwarový balík pro vizualizaci terénu |
| | – modelování, animace a tvorba fotorealistických obrazů |
| | – https://www.3dnature.com/ |