



KATEDRA GEOINFORMATIKY

Univerzita Palackého v Olomouci | Přírodovědecká fakulta

HODNOCENÍ POUŽITELNOSTI INTERAKTIVNÍCH KARTOGRAFICKÝCH VIZUALIZACÍ METODOU EYE-TRACKING

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

Studijní program: P1314 Geografie
Obor studia: 1302V011 Geoinformatika a kartografie
Školitel: doc. RNDr. Stanislav Popelka, Ph.D.

Mgr. Tomáš VANÍČEK

USABILITY EVALUATION OF INTERACTIVE CARTOGRAPHIC
VISUALISATIONS BY MEANS OF EYE-TRACKING

PH.D. THESIS SUMMARY

Study Programme: Geography
Specialization: Geoinformatics and Cartography
Supervisor: doc. RNDr. Stanislav Popelka, Ph.D.

Department of Geoinformatics
Faculty of Science, Palacký University Olomouc

Olomouc 2026

Disertační práce byla vypracována v prezenční formě doktorského studia na Katedře geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

Dissertation thesis was compiled within Ph.D. studies at the Department of Geoinformatics, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, Czech Republic.

Předkladatel / Submitter:

Mgr. Tomáš Vaníček

Školitel / Supervisor:

doc. RNDr. Stanislav Popelka, Ph.D.

Katedra geoinformatiky

Přírodovědecká fakulta

Univerzita Palackého v Olomouci

17. listopadu 50

771 46 Olomouc

Obhajoba disertační práce se koná před komisí pro obhajoby disertačních prací doktorského studia v oboru P1314 Geografie, studijním oboru 1302V011 Geoinformatika a kartografie, v prostorách Katedry geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 17. listopadu 50, 771 46 Olomouc.

The defence of the dissertation thesis will be held at the commission for the defence of dissertation thesis of Ph.D. degree in study programme P1301 Geography, specialization Geoinformatics and Cartography, in the premises of the Department of Geoinformatics, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 17. listopadu 50, 771 46 Olomouc.

S disertační prací je možno se seznámit na studijním oddělení Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 17. listopadu 12, 77 46 Olomouc.

The dissertation thesis is available at the Study Department, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc.

© Tomáš Vaníček, 2026

© Univerzita Palackého v Olomouci, 2026

ISSN 1805-7500

ISBN 978-80-244-6797-9 (print)

Obsah

1. ÚVOD	4
2. CÍLE PRÁCE	7
3. METODY ŘEŠENÍ A POSTUP	9
4. VÝSLEDKY	12
5. DISKUSE	20
6. ZÁVĚR	23
7. BIBLIOGRAFIE	25
Summary	26
ŽIVOTOPIS	29
Průběh studia	33
Publikační činnost	37

1. ÚVOD

Kartografie se v posledních desetiletích výrazně proměnila. Mapa již stále častěji nevystupuje pouze jako statické grafické dílo, ale jako **interaktivní rozhraní**, prostřednictvím kterého uživatel vyhledává, porovnává, filtruje a interpretuje prostorové informace. Interaktivní kartografické vizualizace se staly běžnou součástí webových mapových aplikací, mobilních služeb, datové žurnalistiky, digitálních atlasů, historických mapových portálů i 3D geovizualizačních prostředí. Tato proměna rozšiřuje možnosti kartografické komunikace, zároveň však klade vyšší nároky na návrh rozhraní, srozumitelnost ovládacích prvků a podporu uživatelského porozumění.

Rostoucí míra interaktivity však přináší metodologickou výzvu pro hodnocení použitelnosti map. U statické mapy je možné poměrně přesně určit, jaký vizuální obsah měl uživatel k dispozici. U interaktivní mapy se však viditelný obsah mění v závislosti na zoomu, posunu mapy, přepínání vrstev, volbě režimu zobrazení nebo manipulaci s parametry vizualizace. Stejná pozice na obrazovce proto může v různých okamžicích reprezentovat odlišný geografický prostor, jinou mapovou vrstvu nebo jiný stav uživatelského rozhraní. Hodnocení použitelnosti těchto produktů tak nelze založit pouze na postupech převzatých ze statických kartografických experimentů.

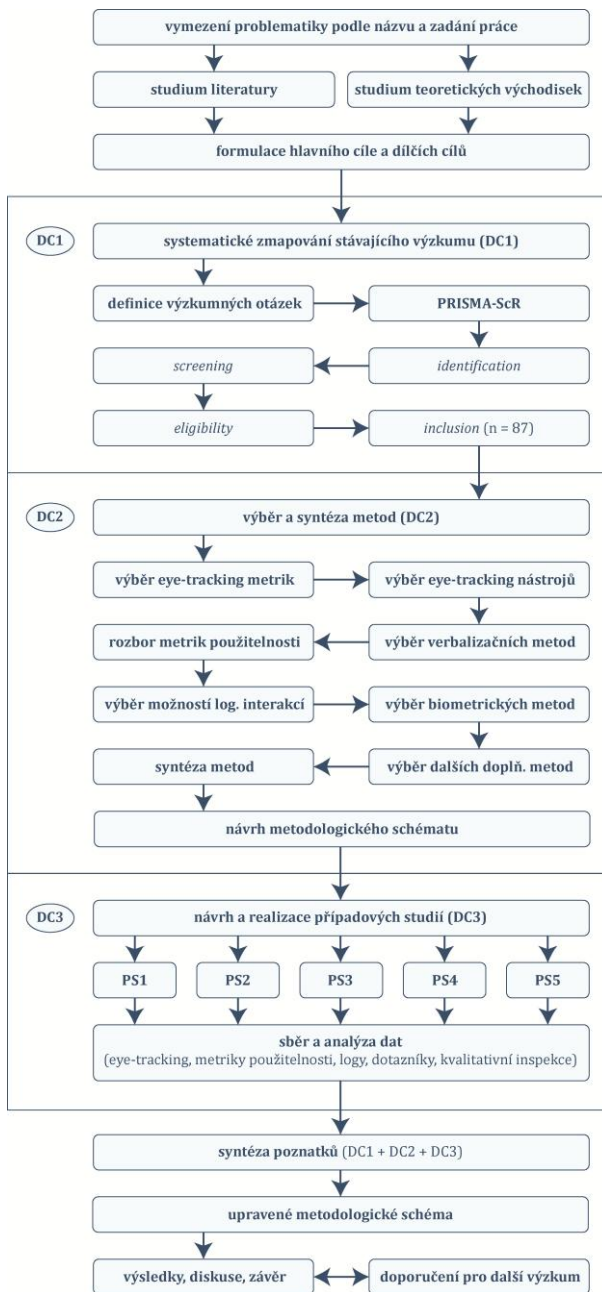
Významným nástrojem pro zkoumání práce uživatelů s mapami je **metoda eye-tracking**, která umožňuje zaznamenávat průběh vizuální pozornosti. V kontextu interaktivních kartografických vizualizací je cenná zejména pro identifikaci přehlížených prvků, nejasných částí rozhraní, strategií řešení úloh a situací, v nichž uživatelé narážejí na interpretační nebo interakční bariéry. Sama o sobě však neposkytuje úplné vysvětlení uživatelského chování, protože pohled na prvek ještě neznamená jeho pochopení a fixace na mapu nemusí znamenat správnou interpretaci zobrazených dat.

Z tohoto důvodu je v této disertační práci metoda eye-tracking chápána jako součást **širšího metodologického rámce** pro hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací. Práce vychází z poznatků kognitivní kartografie, human-computer interaction a uživatelsky zaměřeného designu. Eye-tracking je kombinován zejména s analýzou úspěšnosti a času řešení úloh, logováním uživatelských interakcí, dotazníkovým šetřením, verbalizačními metodami a kvalitativní inspekci záznamů. Cílem tohoto propojení je hodnotit nejen to, kam se uživatel díval, ale také co s mapovým rozhraním dělal, zda dosáhl cíle a jak aplikaci subjektivně vnímal.

Předkládaná disertační práce **reaguje na metodologickou roztržičnost** dosavadního výzkumu a na praktické obtíže spojené se zpracováním eye-tracking dat z dynamických kartografických rozhraní. Postupuje od systematického zmapování existujících studií přes výběr a syntézu vhodných metod až po realizaci pěti případových studií

zahrnujících interaktivní mapy v datové žurnalistice, historický mapový srovnávač, statický a interaktivní atlas, srovnání práce s mapou na počítačovém a mobilním zařízení a hodnocení interaktivní 3D geovizualizační aplikace. Výsledkem práce je empiricky podložený **metodologický rámec**, který ukazuje, jak lze při hodnocení interaktivních kartografických vizualizací kombinovat vizuální, behaviorální, výkonnostní a subjektivní data.

Schéma postupu práce (obrázek 1) →



Obrázek 1: Schéma postupu práce s vymezením jednotlivých dílčích cílů.

2. CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem disertační práce je **zhodnotit použitelnost vybraných interaktivních kartografických vizualizací prostřednictvím metody sledování pohybu očí (eye-tracking)**. V případech, kde to bude vhodné, bude metoda eye-tracking doplněna o další přístupy, jako je think-aloud nebo logování uživatelských interakcí. Mezi experimentálními stimuly budou patřit především interaktivní 2D webové mapy.

V úvodní části práce budou představeny teoretické základy kognitivní kartografie a navrženy vhodné výzkumné metody pro realizaci praktických experimentů s využitím metody eye-tracking, případně v kombinaci s dalšími objektivními či subjektivními metodami (např. think-aloud). Součástí bude také analýza možností a omezení těchto metod (např. otázky přesnosti, interpretace výsledků) a diskuse způsobů zpracování a vizualizace dat získaných při práci s interaktivními stimuly.

Na základě těchto přípravných kroků budou navrženy a realizovány případové studie zaměřené na hodnocení použitelnosti **vybraných interaktivních vizualizací** v kontextu kognitivní kartografie. Experimenty budou zahrnovat návrh a realizaci výzkumného designu, sběr a následné vyhodnocení naměřených dat.

Výstupem disertační práce budou:

1. **poznatky o použitelnosti** vybraných interaktivních kartografických produktů,
2. **soubor doporučení**, jak efektivně postupovat při hodnocení těchto vizualizací prostřednictvím metody eye-tracking a souvisejících metod.

Hlavní cíl bude naplněn prostřednictvím **tří dílčích cílů (DC1–DC3)**:

→ **DC1 – Systematické zmapování stávajícího výzkumu:**

Záměrem bude zhotovit **systematický přehled** dosavadních studií hodnotících interaktivní kartografické vizualizace, které primárně využívaly metodu eye-tracking. Metodologickým rámcem bude **PRISMA-ScR**. Literatura bude vyhledávána v relevantních databázích (např. Web of Science a Scopus). Výsledkem bude přehled dosavadních eye-tracking studií aplikovaných na interaktivní kartografické stimuly a analýza identifikovaných studií se zaměřením na kritické aspekty pro navazující praktickou experimentální část práce.

→ **DC2 – Výběr a syntéza metod:**

Tato část práce bude zaměřena na **systematický výběr, ověření a syntézu metod** vhodných pro hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací. Vycházet bude z poznatků získaných v rámci DC1, které budou dále rozpracovány

a konfrontovány s praktickým testováním vybraných nástrojů a přístupů. Pozornost bude soustředěna především na metody kombinovatelné s metodou eye-tracking (např. logování uživatelských interakcí, verbalizační metody a další). Součástí této části bude rovněž **deskriptivní přehled** a **empirické zhodnocení** vybraných nástrojů pro analýzu eye-tracking dat, přičemž důraz bude kladen na jejich využitelnost v kontextu interaktivních map. Na základě těchto poznatků bude usilováno o návrh komplexního **metodologického přístupu**, který bude reflektovat specifika dynamických kartografických stimulů. Hlavním předpokládaným výstupem DC2 bude syntetizující **metodologické schéma**. Toto schéma by mělo umožnit volbu vhodné kombinace metod v závislosti na typu interaktivní kartografické vizualizace a typu eye-tracking zařízení. Navržený rámec bude vycházet jak z poznatků z literatury (DC1), tak z empirických zkušeností autora a měl by představovat metodologický základ pro realizaci navazujících případových studií v rámci DC3.

→ **DC3 – Realizace případových studií:**

Těžištěm výzkumu bude realizace **sady pěti případových studií** zaměřených na hodnocení použitelnosti vybraných interaktivních kartografických vizualizací a na **ověření metodických postupů** navržených v rámci DC2. Stimuly budou tvořit různé typy kartografických produktů, zejména interaktivní 2D mapy, webové mapové aplikace, atlasové produkty a 3D interaktivní geovizualizace. Hodnocen bude nejen kartografický obsah, ale také uživatelské rozhraní, objevitelnost interaktivních prvků, strategie práce uživatelů, úspěšnost a efektivnost řešení úloh a subjektivní hodnocení testovaných produktů. Podle charakteru jednotlivých případových studií bude eye-tracking doplněn o další metody. Výstupem budou **naměřená a vyhodnocená data, doporučení pro zlepšení** použitelnosti konkrétních testovaných vizualizací a empirické podklady pro **zpřesnění metodologického rámce** navrženého v předchozí části práce.

→ **Výsledky (DC1 + DC2 + DC3):**

Závěrečná kapitola disertační práce bude představovat **syntézu poznatků** získaných v rámci systematického zmapování stávajícího výzkumu (DC1), výběru a syntézy metod hodnocení použitelnosti (DC2) a realizovaných případových studií (DC3). Výsledkem nebude pouze shrnutí dílčích zjištění, ale jejich **propojení do uceleného rámce**. Na základě získaných poznatků bude zpřesněno původní **metodologické schéma** z DC2. Formulována budou také **obecná zjištění** o využití metody eye-tracking a **metodologická** a **praktická doporučení**. Výstupem práce tak bude empiricky podložený a metodologicky ukotvený postup pro hodnocení interaktivních kartografických vizualizací.

3. METODY ŘEŠENÍ A POSTUP

Disertační práce byla řešena jako **metodologicky orientovaný výzkum** zaměřený na hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací prostřednictvím metody eye-tracking a souvisejících doplňkových metod. Vzhledem k povaze zkoumaných kartografických produktů bylo nezbytné kombinovat **více datových vrstev**, protože samotný záznam očních pohybů neposkytuje úplné vysvětlení uživatelského chování v dynamickém interaktivním prostředí. Postup práce proto propojoval analýzu vizuální pozornosti, výkonnostní metriky, logování interakcí, dotazníkové hodnocení, verbalizační metody a kvalitativní inspekci záznamů.

V práci byly využity **empirické** i **obecně teoretické** výzkumné metody. Z empirických metod šlo zejména o experiment, měření a pozorování. **Experiment** byl uplatněn v případových studiích, v nichž participantů plnili předem definované úlohy s vybranými interaktivními kartografickými vizualizacemi. **Měření** zahrnovalo především záznam očních pohybů, měření času řešení úloh, vyhodnocení úspěšnosti odpovědí, sledování počtu a typu uživatelských interakcí a subjektivní hodnocení testovaných produktů pomocí dotazníků. **Pozorování** bylo využito zejména při kvalitativní inspekci záznamů, při sledování průběhu testování a při interpretaci problémových situací. Z obecně teoretických metod byly využity především analýza, syntéza, komparace, indukce, dedukce, generalizace a abstrakce. **Analýza** byla uplatněna při rozboru odborné literatury, eye-tracking metrik, interakčních logů a výsledků případových studií. **Syntéza** sloužila k propojení poznatků získaných v jednotlivých částech práce do výsledného metodologického rámce.

Hlavní metodou práce byl **eye-tracking**, který byl využit pro analýzu vizuální pozornosti uživatelů při práci s mapami, mapovými aplikacemi, atlasovými produkty a 3D geovizualizacemi. Základními jednotkami analýzy byly fixace, sekvence fixací, trajektorie pohledu (scanpath), oblasti zájmu (AOI) a vybrané agregované metriky. U statických nebo méně dynamických stimulů bylo možné pracovat s klasickým vymezením AOI nad screenshoty nebo referenčními obrázky. U dynamických interaktivních stimulů však bylo nutné využít pokročilejší postupy, například asistované mapování fixací, tvorbu mozaik, schematické mapování, kvalitativní inspekci záznamů nebo propojení eye-tracking dat s interakčními logy. Právě zpracování eye-tracking dat z dynamických mapových rozhraní představovalo jeden z klíčových metodologických problémů řešených v disertační práci.

Použitelnost byla v práci vymezena prostřednictvím tří základních dimenzí: účinnosti, efektivnosti a spokojenosti. **Účinnost** byla hodnocena zejména na základě správnosti odpovědí a míry splnění úloh. **Efektivnost** byla posuzována především pomocí času potřebného k řešení úloh, případně prostřednictvím počtu interakcí nebo složitosti

interakční strategie. **Spokojenost** a širší uživatelská zkušenost byly hodnoceny pomocí standardizovaných i doplňkových dotazníků. Ve vybraných případových studiích byl využit dotazník **User Experience Questionnaire** (UEQ), který hodnotí šest škál uživatelské zkušenosti: *Atraktivitu, Přehlednost, Účinnost, Spolehlivost, Stimulaci a Originalitu*.

Vedle eye-tracking přístupu byla významnou metodou také **analýza uživatelských interakcí**. Logování interakcí umožnilo zaznamenávat konkrétní akce provedené participantem v mapovém rozhraní, například změny URL, přepínání vrstev, volbu vizualizačních režimů, kliknutí, otevření pop-up oken, posun mapy, změnu měřítko nebo další události definované konkrétní aplikací. Tato metoda byla důležitá zejména proto, že eye-tracking data ukazují, kam se uživatel díval, ale sama o sobě neříkají, jaké akce v rozhraní provedl. Propojení obou typů dat umožnilo lépe rekonstruovat průběh práce s interaktivní mapou a přesněji interpretovat strategie řešení úloh.

Doplňkově byly využity také verbalizační metody, zejména **talk-aloud**. Tyto metody nesloužily jako samostatná lingvistická nebo psychologická analýza myšlenkových procesů, ale především jako podpůrný zdroj informací při interpretaci chování participantů. Pomáhaly zachytit komentáře, nejistotu, změny strategie, důvody odpovědí a situace, v nichž samotná eye-tracking data nebyla dostatečně jednoznačná.

Datovou základnu práce tvořily tři hlavní skupiny dat. **První skupinu** představovala bibliografická a metadatová data získaná v rámci systematického zmapování stávajícího výzkumu. Literatura byla vyhledávána v databázích Web of Science, Scopus a ACM Digital Library a výběr studií byl realizován podle rámce PRISMA-ScR. Výsledkem bylo zařazení 87 studií, které byly dále analyzovány podle výzkumných otázek zaměřených na typy interaktivních kartografických vizualizací, používané úlohy, metriky, participanty, praktické aplikace, výzkumné mezery a vývoj oboru.

Druhou skupinu tvořila experimentální data z pěti případových studií. První případová studie se zaměřila na interaktivní mapy v datové žurnalistice a zahrnovala 44 participantů, osm úloh a dvě explorativní části. Druhá případová studie hodnotila aplikaci „*Proměny Olomouce v čase*“, určenou pro interaktivní porovnávání historických map a ortofotomap. Třetí případová studie se věnovala práci se statickým a interaktivním atlasem a soustředila se zejména na metodologické otázky mapování fixací a náročnosti zpracování eye-tracking záznamů. Čtvrtá případová studie ověřovala možnosti kombinace eye-tracking přístupu a interakčních logů při práci s mapou na počítačovém a mobilním zařízení. Pátá případová studie hodnotila interaktivní 3D aplikaci „*3D-Geo-Vis*“ a využila kombinaci přístupu eye-tracking, logování pomocí vlastního vyvinutého nástroje MapLogger, dotazníku UEQ, doplňkového dotazníku a kvalitativní inspekce záznamů. **Třetí skupinu** dat tvořily podpůrné analytické výstupy, například exporty z eye-tracking softwaru, tabulky ve formátech CSV, TSV

a XLSX, AOI, TOI, dotazníkové výstupy, interakční logy, sekvence navštívených AOI, výpočtové tabulky a poznámky z kvalitativní inspekce.

Pro sběr dat byla použita **různá technická zařízení** podle typu stimulu a konkrétní případové studie. V první případové studii byl využit stacionární eye-tracker **Tobii Pro Spectrum** se vzorkovací frekvencí 300 Hz. Ve druhé a páté případové studii byly použity stacionární eye-trackery **Tobii Pro Spark** se vzorkovací frekvencí 60 Hz. Ve třetí případové studii byl pro práci s interaktivním atlasem využit Tobii Pro Spectrum a pro práci se statickým atlasem mobilní eye-tracking brýle **Tobii Pro Glasses 3**. Ve čtvrté případové studii byla použita zařízení **GazePoint GP3-HD** pro stolní počítač a **GazePoint GP3 Mobile** pro mobilní telefon. Testování probíhalo v kontrolovaných podmínkách s důrazem na kvalitu kalibrace a srovnatelnost získaných dat.

Z hlediska programového vybavení byly využity zejména Tobii Pro Lab, GazePoint Analysis Professional, GazePlotter, MapLogger, MishPink, CartoLogger a Microsoft Excel. **Tobii Pro Lab** sloužil k návrhu experimentů, záznamu eye-tracking dat, definici TOI, práci s AOI, exportu metrik, asistovanému mapování fixací a kvalitativní inspekci záznamů. **GazePoint Analysis Professional** byl použit pro analýzu dat ve čtvrté případové studii. **GazePlotter** sloužil k vizualizaci sekvencí navštívených AOI pomocí tzv. scarf plotů. **MapLogger** byl využit pro logování uživatelských interakcí ve webových mapových aplikacích, zejména v páté případové studii. **MishPink** představoval experimentální prostředí pro detailní logování interakcí při práci s mapami na počítači a mobilním zařízení. **Microsoft Excel** byl využit pro kontrolu dat, výpočty metrik, úpravy exportů a přípravu tabulkových přehledů.

Postup zpracování práce probíhal v pěti navazujících fázích. V první fázi byla **vymezena problematika práce**, prostudována odborná literatura a formulován hlavní cíl a tři dílčí cíle práce. Druhá fáze odpovídala **systematickému zmapování stávajícího výzkumu (DC1)** podle rámce PRISMA-ScR. Třetí fáze byla zaměřena na **výběr a syntézu metod (DC2)** vhodných pro hodnocení interaktivních kartografických vizualizací. Čtvrtá fáze zahrnovala **realizaci pěti případových studií (DC3)**, které postupně pokrývaly různé typy interaktivních kartografických produktů a různé úrovně metodologické náročnosti. Pátá fáze představovala **syntézu poznatků** z literatury, metodologické části a empirických případových studií (**VÝSLEDKY**). Na jejím základě bylo upraveno metodologické schéma z DC2 do finální podoby a formulována doporučení pro další výzkum i praktické hodnocení interaktivních kartografických vizualizací.

4. VÝSLEDKY

Výsledky disertační práce prokázaly, že hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací metodou eye-tracking nelze chápat pouze jako rozšíření tradičních experimentů nad statickými mapami. Interaktivní kartografické vizualizace představují dynamická, proměnlivá a uživatelsky ovlivnitelná rozhraní, v nichž se mění nejen mapový obsah, měřítko, rozsah a tematické vrstvy, ale také stav uživatelského rozhraní a dostupné možnosti interakce. Hlavním výsledkem práce proto není pouze soubor poznatků o použitelnosti pěti konkrétních hodnocených produktů, ale především empiricky podložený **metodologický rámec** pro hodnocení interaktivních kartografických vizualizací pomocí metody eye-tracking a doplňkových metod.

Výsledky práce jsou strukturovány podle tří dílčích cílů. První dílčí cíl (DC1) byl zaměřen na systematické zmapování dosavadního výzkumu, druhý dílčí cíl (DC2) na výběr a syntézu vhodných metod a třetí dílčí cíl (DC3) na realizaci pěti případových studií. Společným výstupem těchto částí bylo **zpřesnění metodologického postupu** pro analýzu dynamických 2D interaktivních kartografických vizualizací při použití stacionárního eye-trackeru.

DC1: V rámci DC1 bylo provedeno **systematické zmapování stávajícího výzkumu** využitím metody eye-tracking při hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací. Do finálního souboru bylo zařazeno 87 studií, které byly analyzovány prostřednictvím sedmi výzkumných otázek. Výsledky ukázaly, že nejčastěji hodnoceným typem interaktivních kartografických vizualizací byly interaktivní 2D digitální mapy, které tvořily přibližně 59 % identifikovaných stimulů, konkrétně 41 studií. Výrazně méně byly zastoupeny imerzivní VR prostředí, interaktivní 3D vizualizace, mobilní interaktivní vizualizace, desktopové GIS aplikace, experimenty v reálném prostředí a rozhraní typu street view. Rozšířená realita (AR) se ve finálním souboru neobjevila vůbec, přestože je v literatuře diskutována jako perspektivní směr dalšího výzkumu.

Analýza použitých eye-tracking metrik ukázala dominanci klasických ukazatelů založených na fixacích, sekvencích fixací a AOI. Fixace byly identifikovány v 51 studiích, sekvence fixací ve 37 studiích, AOI analýza ve 29 studiích, sakády v 19 studiích a metrika TTF ve 13 studiích. Z hlediska vizualizace dat dominovaly heatmapy, které byly použity ve 35 studiích. Pokročilejší analytické přístupy, například GIS-orientovaná transformace eye-tracking dat, 3D analýza pohledu nebo automatizované klasifikační metody, byly zastoupeny pouze okrajově. V kombinaci s metodou eye-tracking byla nejčastěji hodnocena efektivnost, následovaná účinností a spokojeností. Logování uživatelských interakcí se objevilo ve 21 studiích, zatímco verbalizační metody typu

think-aloud nebo talk-aloud pouze v sedmi studiích. Tento výsledek potvrdil potřebu **systematičtější triangulace** eye-tracking dat s dalšími zdroji informací.

★ [Q1] Výsledky DC1 byly publikovány v článku: **Vaníček, T., Vojtěchovská, M., & Popelka, S. (2026)**. A scoping review of eye-tracking studies on the usability evaluation of interactive geovisualisations. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1–26. <https://doi.org/10.1080/10447318.2026.2618556>

👤 Tato část práce byla zároveň představena autorem v rámci konferenčního příspěvku: **Vaníček, T., Popelka, S., Vojtěchovská, M. (2025)**. Analýza eye-trackingových studií při hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací. Brno: 26. kartografická konference. In *Brno na mapách: tematický atlas moravské metropole mezi abstrakty 26. kartografické konference*. ISBN 978-80-11-07303-9.

DC2: V rámci DC2 byla provedena **syntéza metod a nástrojů** využitelných pro hodnocení interaktivních kartografických vizualizací. Výsledkem této části nebyl izolovaný katalog metod, ale návrh komplexního **metodologického přístupu**, který zohledňuje typ eye-tracking zařízení, charakter stimulu, dynamiku mapového rozhraní, dostupné analytické nástroje, metriky použitelnosti, možnosti logování interakcí, verbalizační metody a dotazníkové hodnocení. Ukázalo se, že žádný **jednotlivý nástroj nepokrývá celý proces hodnocení** interaktivní mapové aplikace. Nástroje jako Tobii Pro Lab, Gazepoint Analysis Professional, GazePlotter, ScanGraph, MapLogger, CartoLogger, RealEye, WebGazer, Pupil Cloud nebo GIS-orientované nástroje představují dílčí řešení, jejichž vhodnost závisí na konkrétním designu experimentu.

Součástí DC2 bylo také **ověření a zhodnocení vybraných přístupů**, které byly dále využity nebo metodologicky reflektovány v případových studiích. Pozornost byla věnována zejména možnostem práce s AOI, asistovanému mapování fixací, sekvenčním vizualizacím, logování interakcí, verbalizačním metodám a GIS-orientované transformaci eye-tracking dat. V této části byly rozpracovány rovněž nástroje **ET2GIS** a autorem vytvořený **ET2QGIS**¹, které umožňují navázat data o pohledu na geografický prostor a překlenout část problémů spojených s proměnlivostí souřadnic obrazovky u webových map.

★ [Q2] Podrobnější představení těchto přístupů bylo publikováno v prvoautorském článku: **Vaníček, T., Šenkeřík, J., & Popelka, S. (2025)**. ET2GIS & ET2QGIS tools:

¹ **Vaníček, Tomáš.** *ET2QGIS* [software] [online]. GitHub, bez data [cit. 2026-05-22].
Dostupné z: <https://github.com/VanicekTomas/ET2QGIS>

Integrating ET2Spatial outputs into GIS for eye movement analysis of web maps. *Earth Science Informatics*, 18, 535. <https://doi.org/10.1007/s12145-025-02029-y>

👤 Vlastní tvorba těchto nástrojů byla autorem představena v rámci konferenčního příspěvku: **Vaníček, T.** (2023). Tvorba nástrojů pro analýzu dat z ET2Spatial v prostředí GIS. Plzeň: 25. kartografická konference. In *Sborník abstraktů příspěvků 25. kartografické konference*, 5.–7. září 2023, Plzeň, Česká republika. ISBN 978-80-261-1174-0.

Další část DC2 byla věnována také **verbalizačním metodám**.

★ [Q2] K tomuto tématu byl publikován prvoautorský článek: **Vaníček, T.**, Popelka, S. (2023) The think-aloud method for evaluating the usability of a regional atlas, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(3), <https://doi.org/10.3390/ijgi12030095>



👤 Praktičnost think-aloud metody byla autorem představena v rámci konferenčního příspěvku: **Vaníček, T.** (2024). Využití metody think-aloud pro hodnocení použitelnosti atlasu Moravskoslezského kraje. Ústí nad Labem: Výroční konference ČGS 2024. In *Sborník abstraktů Výroční konference ČGS v Ústí nad Labem 2.–5. 9. 2024*, UJEP Ústí nad Labem, s. 13.

👤 Využití metody think-aloud bylo autorem představeno v rámci konferenčního příspěvku: **Vaníček, T.** (2023). The use of the think-aloud method for the evaluation of the atlas. Olomouc: Symposium ICA Spring Olomouc 2023 – Atlases: their design and use. In *Abstracts of the Symposium ICA Spring Olomouc 2023*, April 3–5, 2023, Olomouc, Czechia. ISBN 978-80-11-02999-9.

👤 Využití metody think-aloud bylo také autorem představeno v rámci konferenčního příspěvku: **Vaníček, T.** (2023). Využití metody think-aloud v kartografickém výzkumu. České Budějovice: XXII. česko-slovenská konference Kvalitativní přístup a metody ve vědách o člověku – Punk v kvalitativním výzkumu aneb „Kvalita is not dead“. In *Sborník abstraktů XXII. česko-slovenské konference Kvalitativní přístup a metody ve vědách o člověku*, 2023. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. ISBN 978-80-7394-985-3.

👤 Využití metody think-aloud bylo dále rovněž autorem představeno v rámci konferenčního příspěvku: **Vaníček, T.** (2022). Využití metody think-aloud pro hodnocení regionálního atlasu. Plzeň: ISAF & Geomatics in Projects & Plan4all Joint Conference 2022. In *Sborník abstraktů příspěvků ISAF & Geomatics in Projects & Plan4all Joint Conference 2022*. Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 978-80-261-1049-1.

V návaznosti na výzkumnou stáž na Univerzitě v Salzburgu byly v rámci DC2 analyzovány také **možnosti a limity nástrojů WebGazer a RealEye** pro webcam-based eye-tracking.

  Toto téma bylo prezentováno autorem v rámci konferenčního příspěvku: **Vaniček, T.**, Gharipour, R., Keskin, M., Popelka, S. (2025). Exploring the Possibilities and Limitations of Webcam-Based Eye-Tracking for Map Studies: A Comparative Perspective on WebGazer and RealEye. Vancouver, Canada: 32nd International Cartographic Conference (ICC).


Do širšího metodologického rámce byly zahrnuty také **poznatky z rozhovorů** s tvůrci interaktivních map.

★ [Q2] K tomuto tématu byl publikován článek: Zbiejczuk Suchá, L., Popelka, S., Šašínková, A., Godišková, G., Beitlová, M., **Vaniček, T.**, Stachoň, Z., & Šašínk, Č. (2026). The map maker's dilemma: Design challenges in interactive mapping for social science and data journalism. *Information Discovery and Delivery*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1108/IDD-11-2024-0184>

DC3: Třetí dílčí cíl byl naplněn prostřednictvím **pěti případových studií (PS)**, které postupně pokrývaly **různé typy** interaktivních kartografických produktů a **různé úrovně** metodologické náročnosti.

PS1 se zaměřila na **interaktivní mapy v datové žurnalistice**. Výsledky ukázaly, že u relativně jednoduchých interaktivních map vložených do webových článků je možné stále efektivně využívat tradiční eye-tracking workflow založené na AOI vymezených nad screenshotem rozhraní. Průměrná úspěšnost řešení osmi úloh dosáhla 57,67 %. Nejvyšší úspěšnosti dosáhly úlohy Q3 (79,55 %) a Q6 (77,27 %), zatímco nejnižší úspěšnost byla zjištěna u Q8 (20,45 %) a Q1 (34,09 %). Nejdelší průměrný čas řešení byl zaznamenán u úlohy Q8 (110,99 s), zatímco nejkratší u úlohy Q6 (56,83 s). Výsledky ukázaly, že nízká úspěšnost nebyla vždy způsobena obtížností tematického obsahu, ale často nedostatečnou objevitelností interaktivních prvků. Studie rovněž ukázala, že účastníci věnovali po normalizaci podle velikosti AOI výrazně více relativní pozornosti textovým částem článků než mapovým prvkům.

★ [D] PS1 byla publikována v článku (*nyň také odesláno k indexaci na WoS*): **Vaniček, T.**, Košťál, J., & Popelka, S. (2026). Evaluating the usability of interactive news maps using eye-tracking. *Hradec Economic Days*, 16(1), 309–320. <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2026-01-027>

 PS1 byla autorem představena v rámci konferenčního příspěvku: **Vaniček, T.**, Košťál, J., & Popelka, S. (2026). Evaluating the usability of interactive news maps using

eye-tracking: 24th Hradec Economic Days. In *Proceedings of the international scientific conference Hradec Economic Days 2026*, s. 309–320. ISBN 978-80-7435-966-8.

PS2 byla zaměřena na aplikaci „*Proměny Olomouce v čase*“, která umožňuje interaktivní porovnávání historických map a ortofotomap. Výsledky standardizovaného dotazníku UEQ byly velmi pozitivní. Nejvyšší hodnotu dosáhla *Přehlednost* ($M = 2,43$), dále *Atraktivita* ($M = 2,35$), *Účinnost* ($M = 2,30$) a *Spolehlivost* ($M = 1,98$). V benchmarkovém srovnání UEQ se všech šest škál zařadilo do kategorie **Excellent**. Doplnkový dotazník ukázal, že 44 participantů, tedy 81,5 %, by aplikaci rozhodně znovu použilo. Preference metod jednoznačně ukázaly dominanci režimu **Swipe**. Logované interakce ukázaly, že ve dvoumapových režimech dominovala konfigurace *Historical + Orthophoto* s podílem 63,09 % času. PS2 prokázala, že u komplexnějších mapových aplikací nestačí pouze klasická AOI analýza, protože stejná pozice na obrazovce může v různých okamžicích reprezentovat odlišný geografický obsah nebo jiný stav rozhraní.


★ **[Q1]** Tato PS2 je po prvním kole revizí (k 20. 05. 2026) v rámci článku: Popelka, S., Růžička, O., Viktorčík, M., **Vaníček, T.**, Bittner, O., Žejdlík, J., Burian, J. (2026). Development and Evaluation of a Web Application for Exploring the Historical Landscape of Olomouc. *Cartography and Geographic Information Science*.



👤 = Aplikace a její tematický kontext byly dále prezentovány například v rámci konferenčního příspěvku: **Vaníček, T.**, Popelka, S., Burian, J., Ruzicka, O., Žejdlík, J., Bittner, O., Jakubec, O. (2024). Interactive 2D Visualizations of Olomouc's Development as Tools for Revitalizing Cultural Heritage. *Abstr. Int. Cartogr. Assoc.*, 7, 179. Vídeň, Rakousko: EuroCarto 2024, <https://doi.org/10.5194/ica-abs-7-179-2024>.

PS3 měla **nejvýraznější metodologický charakter**. Zaměřila se na práci se statickým a interaktivním atlasem a na ověření postupů, jak převést eye-tracking data z atlasových produktů do analyzovatelné podoby. U statického atlasu bylo využito asistované mapování fixací do snímků stran atlasu. U interaktivního atlasu byly ověřeny zejména tři přístupy: **asistované mapování fixací** do statického snímku, kombinace **asistovaného mapování a custom events** v Tobii Pro Lab a **schematické mapování** do analytického referenčního obrazu. Porovnání těchto postupů prostřednictvím indexu normalizované náročnosti mapování (INNM) ukázalo, že při typické zátěži byl neefektivnější první přístup s upravenou délkou mapování 8,89 min a hodnotou $INNM = 0,854$. Druhý nejlepší byl schematický přístup s upravenou délkou 10,90 min a $INNM = 1,047$. Nejméně efektivní byl postup kombinující asistované mapování a *custom events* s upravenou délkou 12,06 min a $INNM = 1,123$.


📖 Metodologická část PS3 byla publikována jako článek v konferenčním sborníku: **Vaníček, T.**, Beitlova, M., Vojtechovska, M., Popelka, S. (2024) Exploring Methods for

Evaluation of Dynamic and Interactive Maps, 9th International Conference on Cartography & GIS, Nessebar, Bulgaria.

 Metodologická část PS3 byla dále autorem představena v rámci konferenčního příspěvku: **Vaníček, T.**, Beitlová, M., Vojtěchovská, M., Popelka, S. (2024). Investigating Evaluation Techniques for Dynamic and Interactive Cartographic Stimuli. Olomouc: 22nd Cognition and Artificial Life Conference (CAL). In *Proceedings of Cognition and Artificial Life 2024*, Fort Science Olomouc, s. 72. ISBN 978-80-88123-36-1 (online).

  Metodologická část PS3 byla také představena autorem v rámci konferenčního příspěvku: **Vaníček, T.**, Beitlová, M., Vojtěchovská, M., Popelka, S. (2024). Exploring Methods for Evaluation of Dynamic and Interactive Maps. Nessebar, Bulgaria: 9th International Conference on Cartography & GIS. In *E-Proceedings of 9th Conference on Cartography and GIS*. ISSN 1314-0604.

PS4 ověřovala **možnosti kombinace eye-tracking dat a interakčních logů** při práci s mapou na stolním (počítačovém) a mobilním zařízení. Výsledky ukázaly, že typ zařízení nemusel zásadně měnit správnost odpovědí, ale výrazně ovlivňoval **způsob práce** s mapovým rozhraním. Mobilní zařízení vedlo k **vyššímu počtu akcí** a k navigačně orientované strategii založené na posunu mapy, přibližování a průběžném upravování výřezu. Práce na počítači byla častěji spojena s **cílenějším získáváním informací** pomocí klikání, pop-up oken a práce s vrstvami. Metodologicky se ukázalo, že detailní AOI analýza jednotlivých prvků rozhraní byla v prostředí Gazepoint Analysis Professional prakticky neefektivní. Vytvoření detailních AOI trvalo u jednoho účastníka přibližně 58 minut pro počítačovou a 50 minut pro mobilní variantu, což by při rozšíření na celý soubor znamenalo přibližně 84 hodin práce. Výsledným řešením bylo **využití zjednodušených AOI** na úrovni jednotlivých úloh. PS4 tak prokázala, že u dynamických mapových stimulů musí být metodologická přesnost vyvažována reálnou proveditelností analýzy.

 **[Q1]** Tato PS4 byla odeslána k publikaci (k 30. 03. 2026) v rámci článku: Popelka, S., Růžička, O., **Vaníček, T.**, Fačevicová, K., Stachoň, Z., Beitlová, M., Vojtěchovská, M., Cybulski, P. (2026). Evaluating User Interaction with Cartographic Visualizations on Mobile and Desktop Platforms. *International Journal of Human-Computer Interaction*.

PS5 představovala **nejkomplexnější aplikaci** celého metodologického rámce. Byla zaměřena na hodnocení interaktivní 3D aplikace „**3D-Geo-Vis**“ a využila kombinaci eye-tracking přístupu, logování interakcí pomocí autorem vytvořeného nástroje

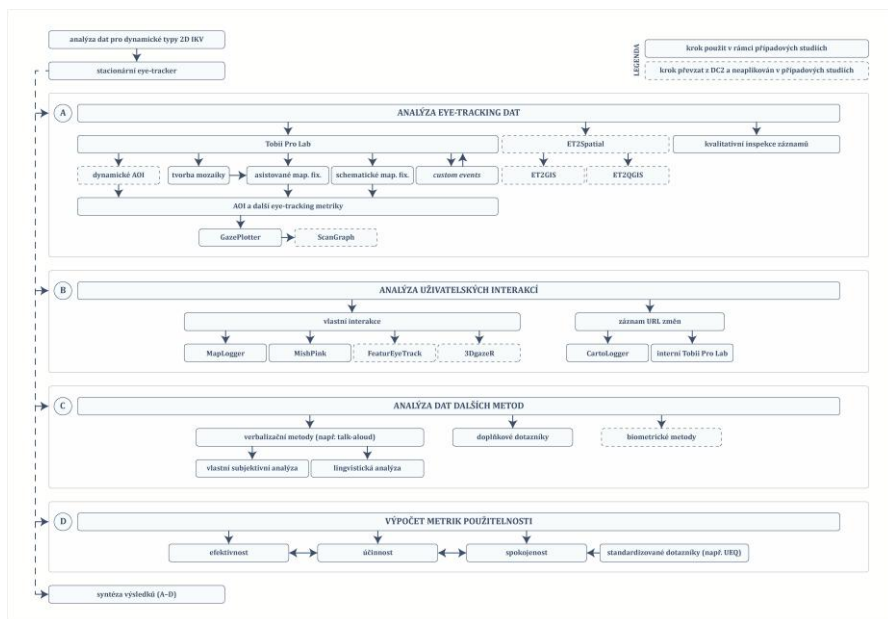
MapLogger², dotazníku UEQ, doplňkového dotazníku a kvalitativní inspekce záznamů. Výsledky ukázaly, že aplikace byla obecně použitelná, její použitelnost však omezovala složitost 3D vizualizace, struktura rozhraní a technická odezva. U cílených úloh byla nejvyšší míra plného splnění zjištěna u T2 (87,0 %), následovala T3 (85,2 %) a nejnižší úspěšnost vykazala T4 navázaná na metodu *Voxels* (77,8 %). Dotazník UEQ ukázal pouze mírně pozitivní až neutrální profil uživatelské zkušenosti; *pragmatická kvalita* dosáhla hodnoty $M = 0,34$, *hédonická kvalita* $M = 0,15$ a *Atraktivita* $M = 0,392$. Nejproblematictější byla položka *rychlý-pomalý*, což odpovídalo také otevřeným komentářům participantů. Zásadní vrstvu výsledků PS5 představovaly **interakční logy** získané pomocí nástroje MapLogger, který byl vyvinut pro účely této disertační práce. Za 54 participantů bylo získáno 54 CSV souborů. Po vyloučení meta událostí bylo zaznamenáno 15 457 interakcí, při započtení meta událostí 18 642 řádků. Na základě syntézy výsledků bylo doporučeno především optimalizovat výkon aplikace, zrychlit odezvu, zvýšit objevitelnost přepínání vizualizačních metod, lépe vyvážit pozornost mezi pravým panelem a 3D scénou a doplnit úvodní seznámení s aplikací. Doporučeno bylo také jasněji signalizovat význam nastavení jednotlivých metod a podporovat aktivní změnu úhlu pohledu, protože statický pohled shora nemusí být pro interpretaci 3D tematických reprezentací dostačující. Výsledky PS5 byly následně využity při vývoji aplikace *3D-Geo-Vis 2.0*.

★ [?] Tato PS5 je připravena k odeslání (k 20. 05. 2026) ve formě článku: Žejdlík, J., Vaníček, T., Voženílek, V. *3D-Geo-Vis: A Web-Based Environment for Interactive 3D Thematic Geovisualisation and Its Usability Evaluation* (článek v přípravě).

Souhrnně lze konstatovat, že pět případových studií vytvořilo **postupnou metodologickou gradaci**. PS1 ověřila použitelnost klasické AOI analýzy u méně dynamických interaktivních map. PS2 ukázala nutnost kombinovat kvalitativní eye-tracking inspekci s logy a standardizovaným UX hodnocením u komplexnějších 2D mapových aplikací. PS3 prokázala, že analýza atlasových produktů vyžaduje převod dynamického nebo reálného záznamu do analyzovatelné referenční struktury. PS4 doložila, že interakční logy jsou pro hodnocení interaktivních map mimořádně cenné a v některých ohledech škálovatelnější než detailní eye-tracking analýza. PS5 pak propojila hlavní vrstvy hodnocení v jednom komplexním experimentu nad 3D geovizualizační aplikací.

² **Vaníček, Tomáš.** *MapLogger – Suite: Version 1.0.3* [software]. Olomouc: Katedra geoinformatiky, Univerzita Palackého v Olomouci, 15. 4. 2026 [cit. 2026-05-18]. Dostupné z: <https://vanicektomas.github.io/maplogger/>

Hlavním syntetickým výsledkem disertační práce je **metodologické schéma** (Obrázek 2) pro analýzu dat dynamických 2D interaktivních kartografických vizualizací při použití stacionárního eye-trackeru. Schéma zahrnuje **čtyři základní analytické vrstvy**: analýzu eye-tracking dat, analýzu uživatelských interakcí, doplňkové metody (zejména verbalizační metody, dotazníky a případně biometrické metody) a nakonec výpočet metrik použitelnosti. Výsledky práce ukázaly, že s rostoucí mírou dynamiky a interaktivity klesá samostatná výpovědní hodnota izolovaných eye-tracking metrik a **roste význam triangulace**. Spolehlivější interpretace vzniká až propojením toho, kam se uživatel díval, co s rozhraním dělal, jak dlouho mu řešení trvalo, zda úlohu splnil, jak aplikaci hodnotil a jaké problémy bylo možné pozorovat v záznamu.



Obrázek 2: Metodologické schéma pro analýzu dat dynamických 2D interaktivních kartografických vizualizací při použití stacionárního eye-trackeru.

Obrázek v plném rozlišení je k dispozici na datovém úložišti disertační práce.

Všechna podpurná data k jednotlivým dílčím cílům a případovým studiím jsou k dispozici v elektronické podobě prostřednictvím datového úložiště disertační práce:

Vaniček, Tomáš. *Datové úložiště disertační práce: Hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací metodou eye-tracking* [online]. Olomouc, 2026. Poslední aktualizace 21. 05. 2026 [cit. 2026-05-21]. Dostupné z: <https://vanicektomas.github.io/data-disertace/>

Eye-tracking projekty k jednotlivým případovým studiím nejsou vzhledem k velké datové velikosti součástí veřejného webového úložiště, ale jsou archivovány v eye-tracking laboratoři na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci v adresáři:

ET data (E:) → VANICEK → DC2_Leaflet, PS1, PS2, PS3, PS4, PS5.

5. DISKUSE

Výsledky disertační práce potvrdily, že hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací metodou eye-tracking nelze redukovat pouze na aplikaci očních metrik na mapové stimuly. Jádrem řešeného problému bylo hodnocení práce uživatele s proměnlivým kartografickým rozhraním, jehož obsah, měřítko, viditelné vrstvy, stav uživatelského rozhraní i interpretační možnosti se **mění v čase** v závislosti na provedených interakcích. **Eye-tracking** v tomto kontextu představuje důležitý, avšak nikoliv samostatně dostačující zdroj dat. Jeho hlavní přínos spočívá v možnosti sledovat vizuální pozornost, identifikovat přehlížené prvky rozhraní, analyzovat strategie řešení úloh a odhalovat problematická místa kartografické vizualizace. Pro plnohodnotnou interpretaci je však nezbytné propojit tato data s dalšími vrstvami informací.

Zásadním zjištěním práce je, že s rostoucí dynamikou a interaktivitou mapového prostředí **klesá interpretační soběstačnost** izolovaných eye-tracking metrik. U statických map nebo málo proměnlivých interaktivních vizualizací lze stále relativně dobře pracovat s klasickými oblastmi zájmu (AOI), fixacemi, délkou pohledu nebo sekvencemi vizuální pozornosti. U pokročilejších interaktivních aplikací však stejná poloha na obrazovce nemusí v různých okamžicích reprezentovat stejný geografický prostor, stejnou mapovou vrstvu ani stejný význam. Proto je nutné při interpretaci zohledňovat také stav aplikace, provedené interakce, aktuální měřítko, aktivní vrstvy, čas řešení, úspěšnost úlohy a případně verbální komentáře participantů. Tento poznatek představuje jeden z hlavních metodologických přínosů práce.

Disertační práce ukázala, že hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací je vhodné chápat jako **triangulaci více typů dat**. Eye-tracking odpovídá především na otázku, kam se uživatel díval a jak se vyvíjela jeho vizuální pozornost. Interakční logy ukazují, co uživatel s aplikací skutečně dělal. Výkonnostní metriky, zejména úspěšnost a čas řešení, zachycují, zda uživatel dosáhl cíle a s jakou efektivností. Dotazníky doplňují subjektivní hodnocení použitelnosti a uživatelské zkušenosti. Verbalizační metody a kvalitativní inspekce záznamů pak umožňují lépe interpretovat nejednoznačné situace, například momenty nejistoty, změny strategie nebo nesoulad

mezi pohledem a skutečným porozuměním. Právě kombinace těchto vrstev poskytuje přesnější obraz o tom, jak uživatel s interaktivní mapou pracuje.

Výsledky jednotlivých případových studií zároveň ukázaly, že pro různé typy interaktivních kartografických vizualizací nejsou vhodné stejné analytické postupy. U jednodušších interaktivních map v datové žurnalistice bylo možné využít tradičnější AOI analýzu nad screenshoty rozhraní. U historického mapového srovnávače bylo nutné doplnit eye-tracking o URL sekvence, stav aplikace a dotazníkové hodnocení. U statického a interaktivního atlasu se ukázala jako klíčová otázka převodu záznamu pohledu do analyzovatelné referenční struktury. U srovnání počítačového a mobilního zařízení se prokázal význam interakčních logů jako škálovatelnějšího zdroje dat než detailní ruční AOI analýza. U 3D geovizualizační aplikace bylo nezbytné kombinovat eye-tracking, logování interakcí, UEQ, doplňkový dotazník a kvalitativní interpretaci záznamů. Tato metodologická gradace umožnila ověřit navržený rámec na rozdílných typech kartografických produktů.

Důležitým diskusním bodem je také **vztah mezi použitelností a širší uživatelskou zkušeností**. V některých případových studiích se ukázalo, že pozitivní subjektivní hodnocení aplikace nemusí nutně znamenat bezproblémové řešení úloh. Uživatelé mohou aplikaci hodnotit jako atraktivní, přehlednou nebo zajímavou, a přesto mohou mít potíže s nalezením správné informace, pochopením vizualizační metody nebo objevením interaktivních funkcí. Naopak nižší efektivnost nemusí automaticky znamenat celkově negativní zkušenost, pokud je práce s aplikací vnímána jako stimulující nebo přínosná. Pro hodnocení interaktivních kartografických vizualizací je proto vhodné rozlišovat mezi účinností, efektivností, spokojeností a širší uživatelskou zkušeností.

Metodologické schéma vytvořené v rámci práce je nutné chápat jako empiricky podložený, ale nikoliv univerzálně platný model pro všechny typy kartografických rozhraní. Jeho finální podoba byla záměrně zúžena zejména na dynamické 2D interaktivní kartografické vizualizace hodnocené pomocí stacionárního eye-trackeru. Toto zúžení nepředstavuje slabinu, ale metodologicky opatrné rozhodnutí. Právě v této oblasti poskytly případové studie nejsilnější empirickou oporu. Naopak mobilní eye-tracking, webcam-based eye-tracking, imerzivní prostředí, rozšířená realita nebo plně 3D interaktivní prostředí vyžadují další samostatné ověřování a pravděpodobně i odlišné analytické postupy.

Mezi **limity práce** patří heterogenita případových studií, která byla zároveň její silnou stránkou. Pět případových studií pokrylo různé typy produktů, zařízení, datových zdrojů i analytických postupů, což umožnilo **širší metodologickou syntézu**. Tato rozmanitost však zároveň omezuje možnost přímého statistického srovnání všech výsledků napříč studii. Jednotlivé studie byly navrženy tak, aby odpovídaly

konkrétnímu typu vizualizace a výzkumnému problému, nikoliv jako jednotný experimentální soubor s plně srovnatelnými podmínkami. Závěry práce proto mají především metodologický a interpretační charakter, nikoliv charakter obecné kvantitativní normy pro všechny interaktivní mapové aplikace.

Dalším omezením je **laboratorní charakter** většiny realizovaných experimentů. Kontrolované podmínky umožnily zajistit kvalitu kalibrace, srovnatelnost záznamů a detailní sběr dat, avšak nemohou plně zachytit přirozené podmínky používání mapových aplikací. V běžné praxi uživatelé často pracují s mapami v časovém tlaku, na různých zařízeních, v proměnlivém prostředí a s různou mírou motivace. **Budoucí výzkum** by proto měl vedle laboratorních studií více zahrnovat také terénní výzkum, distanční výzkum a dlouhodobější formy hodnocení, které lépe zachytí reálné kontexty používání interaktivních map.

Z hlediska **dalšího výzkumu** se jako klíčové jeví zejména hlubší integrace eye-tracking dat s interakčními logy, automatizovaná nebo poloautomatizovaná tvorba sémantických AOI, lepší zachycení stavu webové mapové aplikace v čase a propojení záznamů pohledu s geografickým prostorem. Perspektivní je také rozvoj GIS-orientovaných nástrojů, které umožní převádět souřadnice pohledu na obrazovce do geografického nebo objektového referenčního rámce. Tím by bylo možné překonat část problémů, které vznikají při analýze dynamických mapových prostředí, kde se reprezentace geografického obsahu na obrazovce neustále mění. Budoucí výzkum by měl dále rozvíjet metody umožňující propojit vizuální pozornost, interakční chování, subjektivní zkušenost a skutečnou správnost interpretace mapového obsahu.

Celkově lze konstatovat, že disertační práce přispěla **k rozvoji metod** hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací tím, že propojila poznatky kognitivní kartografie, HCI, UX výzkumu a experimentální analýzy očních pohybů. **V aplikační rovině** poskytla poznatky o konkrétních hodnocených produktech a doporučení pro jejich zlepšení. **V metodologické rovině** vytvořila, empiricky ověřila a zpřesnila rámec, který ukazuje, jak lze při hodnocení interaktivních map kombinovat eye-tracking s dalšími metodami. Hlavním diskusním závěrem je, že použitelnost interaktivních kartografických vizualizací nelze spolehlivě hodnotit pouze podle toho, zda uživatel našel správnou odpověď, ani pouze podle toho, kam se díval. Přesvědčivější interpretace vzniká až propojením toho, kam se uživatel díval, co s rozhraním dělal, jak dlouho mu řešení trvalo, zda uspěl, jak aplikaci hodnotil a jaké problémy bylo možné identifikovat v záznamu.

6. ZÁVĚR

Disertační práce se zabývala hodnocením použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací metodou eye-tracking. Hlavním cílem bylo **zhodnotit použitelnost** vybraných interaktivních kartografických produktů a současně navrhnout **metodologicky ukotvený postup** pro jejich hodnocení s využitím metody eye-tracking a dalších doplňkových metod. Tento cíl byl naplněn prostřednictvím tří navazujících dílčích cílů: systematického zmapování stávajícího výzkumu, výběru a syntézy vhodných metod a realizace pěti empirických případových studií.

Systematické zmapování literatury ukázalo, že eye-tracking je v kartografii etablovanou výzkumnou metodou, avšak jeho využití při hodnocení interaktivních geovizualizací je metodologicky stále roztržštěné. Do finálního souboru bylo zařazeno 87 relevantních studií, jejichž analýza prokázala dominanci výzkumu zaměřeného na interaktivní 2D mapy, fixační metriky, AOI analýzu a vyhledávací či analytické úlohy. Zároveň byly identifikovány mezery týkající se zejména pokročilejší práce s dynamickými stimuly, integrace interakčních dat, standardizace reportování a využití eye-tracking v komplexnějších interaktivních, mobilních, 3D nebo imerzivních prostředích.

Výběr a syntéza metod ukázaly, že hodnocení interaktivních kartografických vizualizací vyžaduje komplexní metodologický přístup. Samotná metoda eye-tracking poskytuje cenná data o vizuální pozornosti, sledovaných a přehlížených prvcích rozhraní nebo strategiích práce s mapou, avšak sama o sobě nedokáže plně vysvětlit uživatelské chování. Z tohoto důvodu byla v práci zdůrazněna nutnost kombinovat eye-tracking s metrikami účinnosti a efektivity, logováním uživatelských interakcí, dotazníkovým hodnocením, verbalizačními metodami a kvalitativní inspekci záznamů. Právě propojení těchto datových vrstev umožňuje přesněji interpretovat nejen to, kam se uživatel díval, ale také co s mapovým rozhraním dělal, zda dosáhl cíle, jak dlouho mu řešení trvalo a jak aplikaci subjektivně hodnotil.

Realizovaných pět případových studií potvrdilo, že analytický postup musí být vždy přizpůsoben typu kartografického produktu, míře jeho dynamiky, použitému zařízení a výzkumnému cíli. U jednodušších interaktivních map v datové žurnalistice bylo možné využít tradičnější AOI analýzu nad screenshoty. U historického mapového srovnávací se jako zásadní ukázalo propojení eye-tracking přístupu, dotazníkového hodnocení a logování stavu aplikace. U statického a interaktivního atlasu byla hlavním přínosem práce s převodem a mapováním fixací do analyzovatelných referenčních struktur. Studie zaměřená na počítačové a mobilní prostředí ukázala význam interakčních logů pro interpretaci rozdílů v uživatelských strategiích. Hodnocení aplikace *3D-Geo-Vis* pak prokázalo, že u komplexních 3D geovizualizací je použitelnost ovlivněna nejen návrhem

rozhraní, ale také výkonem aplikace, rychlostí odezvy, viditelností ovládacích prvků a kognitivní náročností práce v trojrozměrném prostředí.

Hlavním metodologickým výsledkem disertační práce je **metodologické schéma** pro analýzu dat dynamických 2D interaktivních kartografických vizualizací při použití stacionárního eye-trackeru. Toto schéma nevzniklo jako čistě teoretický model, ale jako syntéza poznatků z literatury, praktických zkušeností s analytickými nástroji a empirických zjištění z případových studií. Význam výsledků spočívá především v tom, že ukazují, jaké datové vrstvy je vhodné kombinovat, jaké technické a interpretační bariéry se při hodnocení interaktivních map objevují a jak lze volit analytický postup podle charakteru aplikace, zařízení a cíle studie.

Výsledky práce také potvrzují, že použitelnost interaktivních kartografických vizualizací nelze spolehlivě hodnotit pouze podle správnosti odpovědí ani pouze podle vizuální pozornosti uživatele. Přesvědčivější interpretace vzniká až propojením více složek uživatelského chování: vizuální pozornosti, interakční aktivity, času řešení, úspěšnosti, subjektivního hodnocení a kvalitativního pozorování. Eye-tracking se proto ukázal jako velmi přínosná, avšak **interpretačně citlivá metoda**. Jeho největší hodnota spočívá v diagnostice vizuální pozornosti, odhalování přehlížených prvků, identifikaci problematických míst rozhraní a podpoře interpretace uživatelských strategií. Samostatně by však v mnoha případech mohl vést k neúplným nebo metodologicky problematickým závěrům.

Přínos disertační práce je možné vymezit ve třech rovinách.:

- ↳ **V teoretické rovině** práce systematizovala poznatky o využití metody eye-tracking při hodnocení interaktivních kartografických vizualizací.
- ↳ **V metodologické rovině** navrhla a empiricky zpřesnila postup kombinující eye-tracking s dalšími metodami hodnocení použitelnosti a uživatelské zkušenosti.
- ↳ **V aplikační rovině** přinesla poznatky o konkrétních hodnocených produktech a formulovala doporučení pro jejich další rozvoj i pro návrh budoucích uživatelských studií.

Budoucí výzkum by měl dále rozvíjet zejména automatizovanou nebo poloautomatizovanou tvorbu sémantických AOI, hlubší integraci eye-tracking dat s interakčními logy, geografickou transformaci eye-tracking dat, standardizovanější reportování metrik a ověřování metod v terénních, mobilních, online, 3D a imerzivních prostředích. Důležitým směrem je také zapojení rozmanitějších uživatelských skupin a větší důraz na ekologickou validitu testování. Tyto směry mohou přispět k tomu, aby se hodnocení interaktivních kartografických vizualizací posunulo od časově náročné

ruční analýzy jednotlivých záznamů k robustnějším, opakovatelnějším a prakticky využitelnějším metodám.

Celkově lze uzavřít, že disertační práce **přispěla k rozvoji** kognitivní kartografie, kartografického výzkumu použitelnosti a metod hodnocení interaktivních mapových rozhraní. Ukázala, že interaktivní kartografické vizualizace je nutné chápat jako **dynamické interakční systémy**, jejichž hodnocení vyžaduje kombinaci vizuálních, behaviorálních, výkonnostních a subjektivních dat. Výsledný metodologický rámec tak představuje využitelný základ pro další výzkum i praktické testování interaktivních kartografických aplikací.

7. BIBLIOGRAFIE

VANICEK, T., BEITLOVA, M., VOJTECHOVSKA, M., POPELKA, S. (2024) Exploring methods for evaluation of dynamic and interactive maps. In Proceedings of the 9th International Conference on Cartography and GIS, Nessebar, Bulgaria, B. T., K. M., M. S. eds., Nessebar, Bulgaria, s. 9.

VANICEK, T., POPELKA, S. (2023) The think-aloud method for evaluating the usability of a regional atlas. ISPRS International Journal of Geo-Information, 12(3), s. 95.

VANICEK, T., VOJTECHOVSKA, M., POPELKA, S. (2026) A Scoping Review of Eye-Tracking Studies on the Usability Evaluation of Interactive Geovisualisations. International Journal of Human-Computer Interaction, 2026/02/02, s. 1-26.

VANICEK, T. K., JONAS; POPELKA, STANISLAV (2026) Evaluating the Usability of Interactive News Maps Using Eye-Tracking. Hradec Economic Days, 16(1), s. 309–320.

VANÍČEK, T., GHARIBPOUR, R., KESKIN, M., POPELKA, S. (2025a) Exploring the Possibilities and Limitations of Webcam-Based Eye-Tracking for Interactive and Static Map Studies: A Comparative Perspective on WebGazer and RealEye. Abstr. Int. Cartogr. Assoc., 10, s. 288.

VANÍČEK, T., ŠENKEŘÍK, J., POPELKA, S. (2025b) ET2GIS & ET2QGIS tools: integrating ET2Spatial outputs into GIS for eye movement analysis of web maps. Earth Science Informatics, 2025/10/17, 18(4), s. 535.

ZBIEJCZUK SUCHÁ, L., POPELKA, S., ŠAŠINKOVÁ, A., GODIŠKOVÁ, G., BEITLOVÁ, M., VANÍČEK, T., STACHOŇ, Z., ŠAŠINKA, Č. (2026) The map maker's dilemma: Design challenges in interactive mapping for social science and data journalism. Information Discovery and Delivery, ahead-of-print(ahead-of-print), s. 1-14.

Autoreferát je výběrem z textu disertační práce:

VANÍČEK, T. (2026). Hodnocení interaktivních kartografických vizualizací metodou eye-tracking [in print]. Disertační práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Summary

The dissertation addressed the usability evaluation of interactive cartographic visualisations by means of eye-tracking. The main aim was to evaluate the usability of selected interactive cartographic products and, at the same time, to propose a methodologically grounded procedure for their evaluation using eye-tracking and complementary methods. This aim was fulfilled through three interconnected partial objectives: a systematic mapping of existing research, the selection and synthesis of suitable methods, and the implementation of five empirical case studies.

The systematic mapping of the literature showed that eye-tracking is an established research method in cartography, but its use in the evaluation of interactive geovisualisations remains methodologically fragmented. A total of 87 relevant studies were included in the final dataset. Their analysis showed a predominance of research focused on interactive 2D maps, fixation-based metrics, AOI analysis, and search or analytical tasks. At the same time, several research gaps were identified, particularly in relation to the analysis of dynamic stimuli, the integration of interaction data, the standardisation of reporting, and the application of eye-tracking in more complex interactive, mobile, 3D, or immersive environments.

The selection and synthesis of methods demonstrated that the evaluation of interactive cartographic visualisations requires a multi-layered methodological approach. Eye-tracking provides valuable data on visual attention, observed and overlooked interface elements, and user strategies when working with maps. However, it cannot fully explain user behaviour on its own. For this reason, the dissertation emphasised the need to combine eye-tracking with effectiveness and efficiency metrics, interaction logging, questionnaire-based evaluation, verbalisation methods, and qualitative inspection of recordings. The integration of these data layers makes it possible to interpret not only where users looked, but also what they did in the map interface, whether they achieved the intended goal, how long the task took, and how they subjectively evaluated the application.

The five case studies confirmed that the analytical procedure must always be adapted to the type of cartographic product, the degree of its dynamism, the device used, and the specific research aim. For simpler interactive maps in data journalism, a more traditional AOI analysis based on screenshots could still be applied. In the case of the historical map comparison application, the combination of eye-tracking, questionnaire evaluation, and logging of the application state proved essential. In the study comparing a static and an interactive atlas, the main methodological contribution lay in the transformation and mapping of fixations into analysable reference structures. The study focused on desktop and mobile map use demonstrated the importance of interaction

logs for interpreting differences in user strategies. The evaluation of the 3D-Geo-Vis application showed that the usability of complex 3D geovisualisations is affected not only by interface design, but also by application performance, response time, visibility of controls, and the cognitive demands of working in a three-dimensional environment.

The main methodological outcome of the dissertation is a revised methodological scheme for analysing data from dynamic 2D interactive cartographic visualisations using a stationary eye-tracker. This scheme was not developed as a purely theoretical model, but as a synthesis of findings from the literature, practical experience with analytical tools, and empirical results from the case studies. Its value lies primarily in showing which data layers should be combined, which technical and interpretative barriers occur when evaluating interactive maps, and how the analytical procedure can be selected according to the character of the application, the device used, and the aim of the study.

The results confirm that the usability of interactive cartographic visualisations cannot be evaluated reliably solely on the basis of task correctness or solely on the basis of users' visual attention. A more convincing interpretation emerges only when several components of user behaviour are combined: visual attention, interaction activity, task completion time, task success, subjective evaluation, and qualitative observation. Eye-tracking therefore proved to be a highly valuable but interpretatively sensitive method. Its greatest value lies in diagnosing visual attention, identifying overlooked elements, detecting problematic parts of the interface, and supporting the interpretation of user strategies. Used in isolation, however, it may lead to incomplete or methodologically problematic conclusions.

The contribution of the dissertation can be defined on three levels:

- ↳ At the theoretical level, it systematised knowledge about the use of eye-tracking in the evaluation of interactive cartographic visualisations.
- ↳ At the methodological level, it proposed and empirically refined a procedure that combines eye-tracking with other methods for evaluating usability and user experience.
- ↳ At the applied level, it provided findings on specific evaluated products and formulated recommendations for their further development and for the design of future user studies.

Future research should further develop automated or semi-automated creation of semantic AOIs, deeper integration of eye-tracking data with interaction logs, geographical transformation of gaze data, more standardised reporting of metrics, and the validation of methods in field-based, mobile, remote, 3D, and immersive environments. Another important direction is the inclusion of more diverse user groups

and a greater emphasis on the ecological validity of testing. These directions may help shift the evaluation of interactive cartographic visualisations from time-consuming manual analysis of individual recordings towards more robust, repeatable, and practically applicable methods.

Overall, the dissertation contributed to the development of cognitive cartography, cartographic usability research, and methods for evaluating interactive map interfaces. It showed that interactive cartographic visualisations need to be understood as dynamic interaction systems whose evaluation requires a combination of visual, behavioural, performance-based, and subjective data. The resulting methodological framework therefore provides a useful basis for further research as well as for practical testing of interactive cartographic applications.

ŽIVOTOPIS



Mgr. Tomáš
VANÍČEK

Olomouc, Česko 

tomas.vanicek@upol.cz 

VZDĚLÁNÍ

2022–SOUČ. DOKTORSKÉ STUDIUM – GEOINFORMATIKA A KARTOGRAFIE

Univerzita Palackého Olomouc, Přírodovědecká fakulta; Disertační práce: **Hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací metodou eye-tracking**;
Školitel: doc. RNDr. Stanislav Popelka, Ph.D. – stanislav.popelka@upol.cz

Vědecké zaměření: geoinformatika a kartografie, hodnocení použitelnosti kartografických vizualizací pomocí metod kognitivní kartografie, primárně eye-tracking; analytik uživatelských studií.

2022–2022 MAGISTERSKÉ STUDIUM – GEOINFORMATIKA A KARTOGRAFIE

Univerzita Palackého Olomouc, Přírodovědecká fakulta; Diplomová práce:
Využití metody think-aloud v kartografickém výzkumu;
Vedoucí: doc. RNDr. Stanislav Popelka, Ph.D. – stanislav.popelka@upol.cz

2017–2020 BAKALÁŘSKÉ STUDIUM – GEOINFORMATIKA A GEOGRAFIE

Univerzita Palackého Olomouc, Přírodovědecká fakulta; Bakalářská práce:
Mapování vybraných aspektů chovu psů v Olomouci;
Vedoucí: prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc. – vit.vozenilek@upol.cz

ODBORNÁ PRAXE, WORKSHOPY A ŠKOLENÍ

2025 WORKSHOP KAUNAS (v angličtině) Workshop pro akademické pracovníky Fakulty společenských, humanitních a uměleckých věd Technické univerzity v Kaunasu (KTU). T. Vaníček jako spolupořadatel a lektor se zaměřením na prezentaci a vedení praktické části zaměřené na využití eye-trackingu v kartografii a geoinformatice.

2025 BISIGMA SOFTWARE SUITE ŠKOLENÍ (v angličtině) Školení zaměřené na práci s analytickým softwarem BiSigma Software Suite, jeho funkce a praktické aplikace v oblasti výzkumu a vizualizace dat. Lektor: Juergen Bluhm.

2025 TOBII ŠKOLENÍ (v angličtině) Školení vedené certifikovaným školitelem společnosti Tobii, zaměřené na principy fungování eye-trackingu a obsluhu hardwaru i softwaru Tobii. Cílem školení bylo získat znalosti o tom, jak eye-tracking funguje, a naučit se navrhovat, zaznamenávat a analyzovat experimenty s využitím zařízení Tobii. Lektor: Matteo Venerucci.

2024 VĚDECKO-VÝZKUMNÁ ZAHRANIČNÍ STÁŽ – SALZBURG, Rakousko

Department of Geoinformatics – Z_GIS, University of Salzburg.

Vedoucí stáže: Merve Keskin – merve.keskin@plus.ac.at

2024 TVORBA MAP PRO ÚZEMNÍ ANALYTICKÉ PODKLADY V RÁMCI ORP ZNOJMO

Urban Planner s. r. o.;

Reference: doc. RNDr. Jaroslav Burian Ph.D. – jaroslav.burian@upol.cz

2023 TVORBA A SÁZENÍ MAP PRO ANALÝZU STAVU MĚST (KADAŇ, KOLÍN)

Urban Planner s. r. o.;

Reference: doc. RNDr. Jaroslav Burian Ph.D.– jaroslav.burian@upol.cz

2022 ZPRACOVÁNÍ GIS ANALÝZ PRO HODNOCENÍ PROGRAMU ROZVOJE

VENKOVA Naviga Advisory and Evaluation s. r. o. (+ Ministerstvo zemědělství);

Reference: Mgr. Lukáš Maláč – malac@navigae.cz

2022 PRAXE – ODDĚLENÍ ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ OLOMOUCKÉHO KRAJE

Aktualizace dat ÚAP, zpracování a analýza dat, tvorba digitálních výstupů a vyhodnocování; Reference: Mgr. Dagmar Smíčková – d.smickova@olkraj.cz

2020 PRAXE – PRACOVÍŠTĚ GIS NA MAGISTRÁTU MĚSTA PŘEROVA

Terénní mapování, pasportizace komunikací, správa dat a vyhodnocování;

Reference: Ing. Antonín Krejčíř – antonin.krejcir@prerov.eu

PROJEKTY

2023–2028 Olomouc 3D – nová dimenze kulturního dědictví města: minulost, přítomnost, budoucnost, NAKI III, projekt č. DH23P030VV018

2025–2026 Analýza, modelování a vizualizace prostorových jevů pomocí geoinformačních technologií IV, IGA – Internal grant of Palacky University (IGA_PrF_2025_002)

2023–2025 Identifikace bariér v procesu komunikace prostorových sociálnědemografických informací, GAČR (23-06187S)

2024–2025 Analýza, modelování a vizualizace prostorových jevů pomocí geoinformačních technologií III, IGA – Interní projekt Univerzity Palackého (IGA_PrF_2024_018)

2023–2024 Analýza, modelování a vizualizace prostorových jevů pomocí geoinformačních technologií II, IGA – Interní projekt Univerzity Palackého (IGA_PrF_2023_017)

OCENĚNÍ

2025 ICA Scholarship Award

2022 Cena roku 2022 za vynikající studijní výsledky

Uděleno ocenění od Katedry geoinformatiky Přírodovědecké fakulty UP v Olomouci za vynikající studijní výsledky

2022 3. místo: O cenu děkana Přírodovědecké fakulty

Získání 3. místa ve studentské vědecké soutěži O cenu děkana Přírodovědecké fakulty UP v kategorii Vědy o Zemi

2021 Nominace na ocenění Mapa roku 2020

Nominace bakalářské práce *Mapování vybraných aspektů chovu psů v Olomouci* na Mapu roku 2020 od České kartografické společnosti

AKTIVNÍ KONFERENCE

2025 26. Kartografická konference Brno

Tomáš Vaníček, Stanislav Popelka, Michaela Vojtěchovská (2025). Analýza eye-trackingových studií při hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací. Brno.

2025 32nd International Cartographic Conference (ICC), Vancouver, Canada

Vaníček, T., Gharibpour, R., Keskin, M., Popelka, S. (2025). Exploring the Possibilities and Limitations of Webcam-Based Eye-Tracking for Map Studies: A Comparative Perspective on WebGazer and RealEye. Vancouver, Canada.

2024 Výroční konference ČGS 2024 v Ústí nad Labem

Vaníček, T. (2024). Využití metody think-aloud pro hodnocení použitelnosti atlasu Moravskoslezského kraje. Sborník abstraktů Výroční konference ČGS v Ústí nad Labem 2.-5.9.2024, UJEP Ústí nad Labem, 13.

2024 EuroCarto 2024

Tomáš Vaníček, Stanislav Popelka, Jaroslav Burian, Ondrej Ruzicka, Jakub Zejdlik, Oldrich Bittner, Ondrej Jakubec; Interactive 2D Visualizations of Olomouc's Development as Tools for Revitalizing Cultural Heritage. Vídeň, Rakousko.

2024 9th International Conference on Cartography & GIS

Vaníček, T., Beitlová M., Vojtěchovská M., Popelka S. (2024). Exploring Methods for Evaluation of Dynamic and Interactive Maps. E-Proceedings of 9th Conference on Cartography and GIS, Nessebar, Bulgaria, ISSN 1314-0604.

2024 22nd Cognition and Artificial Life Conference (CAL)

Vaníček, T., Beitlova M., Vojtechovska M., Popelka S. (2024). Investigating Evaluation Techniques for Dynamic and Interactive Cartographic Stimuli. Proceedings of Cognition and Artificial Life 2024, Fort Science Olomouc, 72, ISBN 978-80-88123-36-1 (online).

2023 25. kartografická konference Plzeň 2023

Tvorba nástrojů pro analýzu dat z ET2Spatial v prostředí GIS; Abstrakt: 25. kartografická konference, Sborník abstraktů příspěvků, 5. až 7. září 2023, Plzeň, Česká republika. ISBN 978-80-261-1174-0.

2023 SYMPOSIUM ICA SPRING OLOMOUC 2023

Atlases: their design and use The use of the think-aloud method for the evaluation of the atlas; Abstrakt: Atlases: their design and use, Abstracts of the Symposium ICA Spring Olomouc 2023, April 3–5, 2023, Olomouc, Czechia. ISBN 978-80-11-02999-9.

2023 XXII. ročník česko-slovenské konference, Kvalitativní přístup a metody ve vědách o člověku, Punk v kvalitativním výzkumu aneb „Kvalita is not dead“

Využití metody think-aloud v kartografickém výzkumu; Abstrakt: Sborník abstraktů XXII. Ročník česko-slovenské konference Kvalitativní přístup a metody ve vědách o člověku, Punk v kvalitativním výzkumu aneb „Kvalita is not dead“, 2023. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. ISBN 978-80-7394-985-3.

2022 ISAF & Geomatics in Projects & Plan4all Joint Conference 2022

Využití metody think-aloud pro hodnocení regionálního atlasu; Abstrakt: Sborník abstraktů příspěvků ISAF & Geomatics in Projects & Plan4all Joint Conference 2022, 2022. Západočeská univerzita v Plzni. Univerzitní 8, 301 00 Plzeň ISBN 978-80-261-1049-1.

Průběh studia

Publikace studenta a veškeré uvedené činnosti vycházejí z náplně doktorského studia a z vědecko-výzkumných aktivit, na kterých se student na Katedře geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci podílel.

Absolvované zkoušky

- ↳ **16. 11. 2022** PRF/PGMVV – Management vědy a výzkumu
- ↳ **13. 01. 2023** VCJ/AIII3 – Obecná angličtina pro pokročilé 3
- ↳ **17. 01. 2023** VCJ/PGAJ – Anglický jazyk pro doktorské studium
- ↳ **23. 02. 2023** KGI/PHKOG – Kartograf. vizualizace a její kognitivní aspekty (prof. Kubíček, MU Brno)
- ↳ **09. 02. 2024** KGI/PGVSP – Vývoj softwarových prostředků pro open-source GIS (prof. Hofierka, UPJŠ Košice)
- ↳ **26. 11. 2024** KGI/PGST – Vědecko-výzkumná stáž
- ↳ **04. 02. 2025** KGI/PGPGI – Programování pro GIS (doc. Dobešová, UP Olomouc)
- ↳ **01. 06. 2026** KGI/PGSGVI – Geovizualizace a digitální kartografie (prof. Voženílek, UP Olomouc)

Zahraniční stáže

- ↳ **10. – 31. 10. 2024** Department of Geoinformatics, University of Salzburg

Výuka

Student v průběhu studia neměl ustálenou výuku. Nicméně během studia byl schopen odučit několik vybraných lekcí podle potřeby. Rovněž se podílel na pasivní, nepřímé výuce (např. opravování cvičení). Převážně se jednalo o předměty:




- ↳ **KGI/COCAR** Kognitivní kartografie
- ↳ **KGI/MAUSE** Map Use
- ↳ **KGI/GIKRI** Geoinformatika v krizovém managementu
- ↳ **KGI/KAPR** Kartografický projekt
- ↳ **KGI/GEOKA** Geografická kartografie
- ↳ **KGI/XGCC** Cognitive Cartography (anglicky)


Konferenční příspěvky (domácí)

- ↳ **VANÍČEK, T.**, KOŠŤÁL, J., POPELKA, S. (2026). Evaluating the Usability of Interactive News Maps Using Eye-Tracking. Hradec Králové: 24th Hradec Economic Days. In Proceedings of the international scientific conference Hradec Economic Days 2026, s. 309–320. ISBN 978-80-7435-966-8.
- ↳ **VANÍČEK, T.**, POPELKA, S., VOJTĚCHOVSKÁ, M. (2025). Analýza eye-trackingových studií při hodnocení použitelnosti interaktivních kartografických vizualizací. Brno: 26. kartografická konference. In Brno na mapách: tematický atlas moravské metropole mezi abstrakty 26. kartografické konference. ISBN 978-80-11-07303-9.
- ↳ **VANÍČEK, T.** (2024). Využití metody think-aloud pro hodnocení použitelnosti atlasu Moravskoslezského kraje. Ústí nad Labem: Výroční konference ČGS 2024. In Sborník abstraktů Výroční konference ČGS v Ústí nad Labem 2.–5. 9. 2024, UJEP Ústí nad Labem, s. 13.
- ↳ POPELKA, S., BURIAN, J., **VANÍČEK, T.**, ŽEJDLÍK, J., BITTNER, O., VIKTOŘÍK, M., JAKUBEC, O. (2024). Digitální dimenze Olomouce: geovizualizace městského dědictví a jeho proměn. Ústí nad Labem: Výroční konference ČGS 2024. In Sborník abstraktů Výroční konference ČGS v Ústí nad Labem, 2.–5. 9. 2024, UJEP Ústí nad Labem, s. 13.
- ↳ POPELKA, S., ZBIEJCZUK SUCHÁ, L., ŠAŠINKOVÁ, A., GODIŠKOVÁ, G., BEITLOVÁ, M., **VANÍČEK, T.**, STACHOŇ, Z., ŠAŠINKA, Č. (2024). Za hranicemi interaktivních map: pohledy tvůrců na komunikaci socio-demografických dat. Ústí nad Labem: Výroční konference ČGS 2024. In Sborník abstraktů Výroční konference ČGS v Ústí nad Labem, 2.–5. 9. 2024, UJEP Ústí nad Labem, s. 14.
- ↳ **VANÍČEK, T.**, BEITLOVÁ, M., VOJTĚCHOVSKÁ, M., POPELKA, S. (2024). Investigating Evaluation Techniques for Dynamic and Interactive Cartographic Stimuli. Olomouc: 22nd Cognition and Artificial Life Conference (CAL). In Proceedings of Cognition and Artificial Life 2024, Fort Science Olomouc, s. 72. ISBN 978-80-88123-36-1 (online).
- ↳ POPELKA, S., ZBIEJCZUK SUCHÁ, L., SASINKOVÁ, A., SASINKA, C., BEITLOVÁ, M., **VANÍČEK, T.** (2023). Překonávání bariér v komunikaci prostorových informací: poznatky z projektu GAČR. Olomouc: 12. Olomoucká podzimní sociologická konference.
- ↳ **VANÍČEK, T.** (2023). Tvorba nástrojů pro analýzu dat z ET2Spatial v prostředí GIS. Plzeň: 25. kartografická konference. In Sborník abstraktů příspěvků 25. kartografické konference, 5.–7. září 2023, Plzeň, Česká republika. ISBN 978-80-261-1174-0.

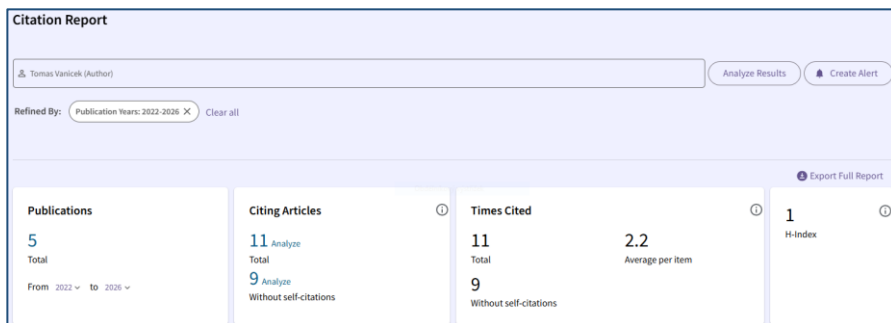
- ↳ **VANÍČEK, T.** (2023). The use of the think-aloud method for the evaluation of the atlas. Olomouc: Symposium ICA Spring Olomouc 2023 – Atlases: their design and use. In Abstracts of the Symposium ICA Spring Olomouc 2023, April 3–5, 2023, Olomouc, Czechia. ISBN 978-80-11-02999-9.
- ↳ **VANÍČEK, T.** (2023). Využití metody think-aloud v kartografickém výzkumu. České Budějovice: XXII. česko-slovenská konference Kvalitativní přístup a metody ve vědách o člověku – Punk v kvalitativním výzkumu aneb „Kvalita is not dead“. In Sborník abstraktů XXII. česko-slovenské konference Kvalitativní přístup a metody ve vědách o člověku, 2023. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. ISBN 978-80-7394-985-3.
- ↳ **VANÍČEK, T.** (2022). Využití metody think-aloud pro hodnocení regionálního atlasu. Plzeň: ISAF & Geomatics in Projects & Plan4all Joint Conference 2022. In Sborník abstraktů příspěvků ISAF & Geomatics in Projects & Plan4all Joint Conference 2022. Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 978-80-261-1049-1.
- ↳ Popelka, S., Ruzicka, O., Burian, J., Zejdlik, J., **Vanicek, T.**, Bittner, O., Jakubec, O. (2025) Layers of Time: Comparing Past and Present of Olomouc Through Raster Maps, ICA DACH Prague.
- ↳ Popelka, S., Ruzicka, O., Burian, J., Zejdlik, J., **Vanicek, T.**, Bittner, O., Jakubec, O. (2025) Proměny města Olomouce (poster), 26. Kartografická Konference, Brno.

Konferenční příspěvky (zahraniční)

- ↳  **VANÍČEK, T.**, GHARIPOUR, R., KESKIN, M., POPELKA, S. (2025). Exploring the Possibilities and Limitations of Webcam-Based Eye-Tracking for Map Studies: A Comparative Perspective on WebGazer and RealEye. Vancouver, Canada: 32nd International Cartographic Conference (ICC).
- ↳  **POPELKA, S.**, BURIAN, J., RUZICKA, O., **VANÍČEK, T.**, ZEJDLIK, J., BITTNER, O., JAKUBEC, O. (2024). From medieval walls to modern maps: the virtual reconstruction of Olomouc's fortifications. Bologna, Italy: CartoHeritage 2024 – 18th ICA Conference Digital Approaches to Cartographic Heritage. In TSORLINI, A., BOUTOURA, C. (eds.). Abstracts – CartoHeritage 2024: 18th ICA Conference Digital Approaches to Cartographic Heritage, 5. Aristotle University of Thessaloniki, Laboratory of Cartography & Geographical Analysis
<https://cartography.web.auth.gr/ICA-Heritage/Bologna2024>
- ↳  **VANÍČEK, T.**, POPELKA, S., BURIAN, J., RUZICKA, O., ZEJDLIK, J., BITTNER, O., JAKUBEC, O. (2024). Interactive 2D Visualizations of Olomouc's Development as Tools for Revitalizing Cultural Heritage. Abstr. Int. Cartogr.

- Assoc., 7, 179. Vídeň, Rakousko: EuroCarto 2024, <https://doi.org/10.5194/ica-abs-7-179-2024>.
- ↳  BEITLOVÁ, M., GARTNER, G., **VANIČEK, T.**, VOJTĚCHOVSKÁ, M., JOUKL, Z., POPELKA, S. (2024). Exploring methods for revealing the cognitive structures of map information extraction. Abstr. Int. Cartogr. Assoc, 7, 11. Vídeň, Rakousko: EuroCarto 2024, <https://doi.org/10.5194/ica-abs-7-11-2024>.
 - ↳  EKANAYAKA, E. M. R. D., ZEJDLIK, J., BITTNER, O., POPELKA, S., BURIAN, J., RUZICKA, O., **VANIČEK, T.**, JAKUBEC, O. (2024). Automated roof generation for the city of Olomouc using ArcGIS CityEngine. Vídeň, Rakousko: EuroCarto 2024. In Abstracts of the International Cartographic Association, 7, 35. <https://doi.org/10.5194/ica-abs-7-35-2024>.
 - ↳  **VANIČEK, T.**, BEITLOVÁ, M., VOJTĚCHOVSKÁ, M., POPELKA, S. (2024). Exploring Methods for Evaluation of Dynamic and Interactive Maps. Nessebar, Bulgaria: 9th International Conference on Cartography & GIS. In E-Proceedings of 9th Conference on Cartography and GIS. ISSN 1314-0604.
 - ↳  POPELKA, S., SENKERIK, J., **VANIČEK, T.**, BEITLOVÁ, M. (2023). Visualizing eye movement data of web maps: the ET2Spatial & ET2GIS & ET2QGIS tools. Ghent, Belgium: 18th International Conference on Location Based Services. In Proceedings of the 18th International Conference on Location Based Services, s. 199–204.
 - ↳  Popelka, S., Růžička, O., Burian, J., Viktorík, M., Bittner, O., Žejdlík, J., **Vaniček, T.**, Mertová, M., & Jakubec, O. (2025) Olomouc through time: Explore the city's past and present. Olomouc Through Time: Explore the City's Past and Present, Documentation and Visualization of Urban Ecosystems: Data – History – Imagination, Online International Workshop.
 - ↳  Popelka, S., Růžička, O., Burian, J., Viktorin, M., Bittner, O., Žejdlík, J., **Vaniček, T.**, Mertová, M., & Jakubec, O. (2025). Proměny Olomouce v čase interaktivně / Olomouc through time – interactively. In M. Kožuch & D. Kusendová (Eds.), Historické mapy 2025: Zborník abstraktov z medzinárodnej konferencie konanej 21.11.2025 (p. 48-50). Kartografická spoločnosť SR; Štátny geologický ústav Dionýza Štúra.
 - ↳  Popelka, S., Burian, J., Ruzicka, O., **Vanicek, T.**, Zejdlik, J., Bittner, O., & Jakubec, O. (2024). From medieval walls to modern maps: The virtual reconstruction of Olomouc's fortifications. In A. Tsorlini & C. Boutoura (Eds.), Abstracts – CartoHeritage 2024: 18th ICA Conference Digital Approaches to Cartographic Heritage (p. 5). Aristotle University of Thessaloniki, Laboratory of Cartography & Geographical Analysis.

Publikační činnost



Odborný časopis s IF (WoS, Scopus)

- ↳ **Vaníček, T.**, Kostal, J., & Popelka, S. (2026). Evaluating the Usability of Interactive News Maps Using Eye-Tracking. *Hradec Economic Days*, 16(1), 309–320. <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2026-01-027> (odesláno k indexaci na WoS)
- ↳ **Vaníček, T.**, Vojtechovska, M., & Popelka, S. (2026). A Scoping Review of Eye-Tracking Studies on the Usability Evaluation of Interactive Geovisualisations. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1–26. <https://doi.org/10.1080/10447318.2026.2618556>
- ↳ Zbiejczuk Suchá L., Popelka S., Šašínková A., Godišková G., Beitlová M., **Vaníček T.**, Stachoň Z., Šašínk Č. (2026), "The map maker's dilemma: design challenges in interactive mapping for social science and data journalism". *Information Discovery and Delivery*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IDD-11-2024-0184>
- ↳ **Vaníček, T.**, Šenkeřík, J. & Popelka, S. (2025) ET2GIS & ET2QGIS tools: integrating ET2Spatial outputs into GIS for eye movement analysis of web maps. *Earth Sci Inform* 18, 535 (2025). <https://doi.org/10.1007/s12145-025-02029-y>
- ↳ Popelka, S., Dorusakova, J., **Vaníček, T.**, & Vojtechovska, M. (2025). Mapping Democracy: An Eye-Tracking Analysis of Election Maps. *Proceedings of the 2025 Symposium on Eye Tracking Research and Applications*. <https://doi.org/10.1145/3715669.3725865>.
- ↳ **Vaníček, T.**, Popelka, S. (2023) The Think-aloud Method for Evaluating the Usability of a Regional Atlas, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(3), 95, <https://doi.org/10.3390/ijgi12030095>.

Aplikované výsledky

- ↳ **2025 Specializovaná mapa** (Nimap): Popelka, S., Růžička, O., Burian, J., Viktořík, M., Bittner, O., Žejdlík, J., Vaníček, T., Mertová, M., & Jakubec, O. (2025). Mapa proměn Olomouce v čase [Interaktivní webová mapa]. Univerzita Palackého v Olomouci. <https://mapy.olomouc.xyz>

Ostatní publikace

- ↳ **Vanicek, T.**, Beitlova, M., Vojtechovska, M., Popelka, S. (2024) Exploring Methods for Evaluation of Dynamic and Interactive Maps, 9th International Conference on Cartography & GIS, Nessebar, Bulgaria.
- ↳ Popelka, S., Dorusakova, J., & **Vanicek, T.** (2024). Sightlines of Democracy: an Eye-tracking Study on Election Map Engagement, 9th International Conference on Cartography and GIS, Nessebar, Bulgaria.

Mgr. Tomáš VANÍČEK

HODNOCENÍ POUŽITELNOSTI INTERAKTIVNÍCH KARTOGRAFICKÝCH VIZUALIZACÍ METODOU EYE-TRACKING

**USABILITY EVALUATION OF INTERACTIVE CARTOGRAPHIC VISUALISATIONS
BY MEANS OF EYE-TRACKING**

Určeno pro studenty, partnerská akademická pracoviště a odbornou veřejnost.

Odpovědný redaktor Mgr. Jiří Slavík, Ph.D.

Technická redakce Mgr. Tomáš Vaníček

Publikace neprošla redakční jazykovou úpravou.

Vydala a vytiskla Univerzita Palackého v Olomouci

Křížkovského 8, 771 47 Olomouc

www.vydavatelstvi.upol.cz

vup@upol.cz

1. vydání

Olomouc 2026

Edice GEOINFO-CARTO-THESIS, svazek XXX.

ISSN 1805-7500

ISBN 978-80-244-6797-9 (print)

VUP 2026/0194 (print)

Neprodejná publikace