

HLAVNÍ ČLÁNKY

MARTINA KYNČLOVÁ-TIHONOVÁ, JAN D. BLÁHA

HODNOCENÍ MENTÁLNÍCH MAP V GIS

KYNČLOVÁ-TIHONOVÁ, M., BLÁHA, J. D. (2013): Assessing mental maps in GIS – Informace ČGS, 32, 1, pp. 1–15. – This article presents how the accuracy of mental maps can be assessed using geographic information system (GIS) tools. First it is necessary to define which mental maps can be assessed in GIS and under what conditions. Several different GIS-based methods of assessing shape and positioning accuracy of mental maps are also presented. These methods have been developed with an emphasis on achieving the highest levels of universality and automation as possible in the assessment process. For each proposed method advantages, disadvantages, and potential applications are discussed. In the conclusion, the general suitability of using GIS for this task is discussed.

KEY WORDS: mental map (sketch map) – GIS – accuracy assessment

1. Úvod a definice mentální mapy

Problematika mentálních map není geografům zdaleka cizí, ačkoliv se zprvu objevuje především v psychologii, kde byl pojem mentální (kognitivní) mapa použit již ve 40. letech 20. století (Tolman 1948). Jak se postupně ukázalo, stojí však tato problematika na pomezí několika vědních oborů, a to především sociologie, psychologie, behaviorální geografie a kartografie. Historie mentálních map v geografickém pojetí sahá do 60. let 20. století, kdy je poprvé ve svém výzkumu použil urbanista K. Lynch (1960). Samotný pojem „*mentální mapa*“ se objevil později v anglosaské geografii (Downs, Stea 1973, 1997; Gould, White 1974; Tobler 1976; Board 1979 in Siwek 2011). Rovněž v českém potažmo československém prostředí se od konce 70. let 20. století problematice mentálních map věnovala již celá řada geografů. Ať už to byli průkopníci Hynek, Hynková (1979), nebo později Drbohlav (1991), Nižnanský (1994), Voženílek (1997), Siwek, Kaňok (2000).

V české geografické a kartografické literatuře je „*mentální mapa*“ zpravidla definována jako „grafické (kartografické či schematické) vyjádření představ člověka o geografickém prostoru, nejčastěji o jeho kvalitě nebo uspořádání“ (Drbohlav 1991, s. 164). Mentální mapa dle této definice není pouhým obrazem skutečnosti v mysli jedince, ale měla by být již vyjádřena graficky (pomocí mapy, schématu, obrázku). Naproti tomu „*kognitivní mapa*“ je definována jako „vnitřní (mentální) reprezentace vnější reality v mozku člověka“ (Zelenka a kol. 2008, s. 12). Ze dvou výše zmíněných definic vyplývá, že pojmy mentální mapa a kognitivní mapa nejsou totožné. V zahraniční literatuře je však možné se setkat s odlišnou terminologií. Mentální mapa a kognitivní mapa jsou zde někdy považovány za synonymum a pro mentální mapy ve smyslu grafického vyjádření se používá termínu „*sketch map*“ (např. Huynh a kol. 2004).

Podle Siwka (2011) dosavadní výzkumy mentálních map vedly k jejich klasifikaci, a to především na dva jejich základní druhy: *komparativní* (např. Lynch 1960) a *preferenční* (např. Gould, White 1974)¹. V prvním případě lze mentální mapu porovnávat se skutečností a zjišťovat i její přesnost, v druhém případě mapa obsahuje hodnotící kvalitativní soudy a postrádá smysl srovnávání se skutečností (Siwek 2011), neboť vzniká na topografickém mapovém podkladě. Z těchto rozdílů je patrné, že předmětem zájmu autorů se v rámci testování metod staly komparativní mentální mapy.

První mentální mapy byly vyhodnocovány pouze vizuálně, postupem času se však začalo využívat matematických, statistických a kartografických metod. V době digitální kartografie je s neustálým rozvojem nových technologií spojena snaha o co největší zapojení těchto technologií do analýzy mentálních map. Jednou z relativně nových technologií, dosud poměrně málo využívanou při vyhodnocování mentálních map, je GIS. S pomocí softwarového řešení GIS se hodnotiteli mentálních map otevírají nové možnosti v přístupu k jejich analýze. GIS umožňuje rychle zpracovat velké množství dat a nabízí vysoký stupeň automatizace postupů. Jelikož nástroje GIS umožňují získat informaci o vzájemné poloze prvků, jejich velikosti, sousedství, tvaru apod., nabízí se jejich velké uplatnění při porovnávání komparativních mentálních map se skutečností, tedy přesněji řečeno s modelem skutečnosti (tzv. originálem – viz dále).

Tento příspěvek má tedy dva základní cíle. V první řadě je to prezentace vzniknuvší metodiky hodnocení přesnosti komparativních mentálních map. Hodnocení přesnosti těchto map totiž zůstává stálým a aktuálním tématem geografických a kartografických výzkumů. Metodika vznikla v rámci diplomové práce Kynčlové (2010) jako součást řešení grantového projektu GA UK. Podstatný je ovšem i druhý cíl, a to využití nástrojů GIS v rámci této metodiky hodnocení. Snaha automatizovat, nebo alespoň částečně automatizovat proces hodnocení přesnosti pomocí informačních technologií je v odborných kruzích zřejmá. Primárním cílem řešení uvedené diplomové práce ani tohoto článku není porovnávat metody v rámci jednoho vzorku mentálních map, a to z jednoho prostého důvodu: některé metody vyžadují specifický druh mentálních map na vstupu (k obecným požadavkům viz 2. kapitola článku). Z důvodu rozsahu článku nejsou jeho předmětem metody hodnocení relativní přesnosti (vzájemných prostorových vazeb mezi prvky). Ty jsou k dispozici v uvedené práci.

2. Hodnocení mentálních map v GIS

2.1. Jaké mentální mapy lze v GIS hodnotit?

Mentální mapa může být vyjádřena mnoha způsoby – jednoduché schéma, mapa nebo obrázek. Pokud má však být při hodnocení mentálních map využito nástrojů GIS, je nutné možnou podobu mentální mapy více specifikovat.

¹ V části české odborné literatury bývají mentální mapy podle uvedených autorů děleny na „lynchovské“ a „gouldovské“ (Drbohlav 1991). Siwek, Kaňok (2000) používají pro druhou skupinu i označení „nekomparativní“. Řada autorů, především z oboru psychologie, mentální mapy spojuje pouze s první uvedenou skupinou (Zelenka a kol. 2008 ad.).

Ideálním vstupem pro hodnocení v GIS je mentální mapa, která bude svým charakterem připomínat skutečnou geografickou mapu – 2D nákres určitého území či jevu vymezeného v geografickém prostoru. Jak už bylo uvedeno v úvodu, mentální mapa musí být dále komparativní, tzn. lze hodnotit její správnost, shodnost či naopak rozdílnost s reálným prostředím a zároveň musí mít toto srovnání se skutečností smysl.

Pro navrhování funkčních metod hodnocení bylo dále nutné mít představu o tom, jaké typy mentálních map mohou být vstupem. Proto byly s využitím dosavadních výzkumů využívajících mentálních map a amerických Standardů geografického vzdělávání (Downs a kol. 2009), kde je mentálním mapám věnován jeden z osmnácti standardů, vyčleněny tyto čtyři druhy komparativních mentálních map:

1. *plán* – mentální mapa určitého geograficky vymezeného prostoru (města nebo jeho části, významné geografické oblasti, parku, hřiště apod.),
2. *obrys oblasti (polygon)* – zakreslení obrysu světových kontinentů, regionů, států apod.,
3. *trasa mezi dvěma body* – mentální mapa cesty z místa na místo (do zaměstnání, do školy), popř. prostoru mezi dvěma body (např. Paříž–Moskva, Praha–Brno) apod.,
4. *prvky zakreslené uvnitř definované oblasti* – zakreslení hospodářsky, kulturně, či jinak, významných center nebo oblastí do předložené mapy, zakreslení základní říční, dálniční, železniční sítě apod. (Downs a kol. 2009).

Samozřejmě, že tento výčet druhů mentálních map není úplný, mentální mapy jsou velmi variabilní a jen těžko se dají vždy přesně zařadit. Výše definované druhy však byly východiskem pro navrhování metod jejich hodnocení.

Velký vliv na výslednou kvalitu mentálních map má samotné zadání úkolu. Proto je nutné vždy zjistit, za jakých podmínek mapy vznikaly (jakým způsobem bylo zadání podáno, jak bylo konkrétní, zda byl respondent vystaven nějakému tlaku či omezení, zda mohla být mapa doprovázena popisem či slovní informací atd.), popř. provádíme-li výzkum sami, dobře si rozmyslet, jak bude zadání přesně definováno. Mentální mapy vstupující do GIS analýzy musí být v digitální podobě (nutnost digitalizace a rektifikace – tj. transformace polohy prvků z jednoho souřadnicového systému do jiného systému). Pro naprostou většinu metod hodnocení je navíc požadován vstup ve vektorovém formátu, tudíž je třeba provést (někdy alespoň částečnou) vektorizaci mentálních map. Při velkém počtu mentálních map tak může být jejich příprava k analýze značně zdlouhavá.

2.2. Důležité kroky před samotným hodnocením mentálních map v GIS

Pro porovnávání mentálních map se skutečností je třeba mít stanovený určitý „originál“, ideální výsledek, jak by měla mentální mapa v nejlepším případě vypadat a s nímž budou všechny mapy porovnávány. Jeho rozsah a zdroj závisí na konkrétním výzkumu. Zpravidla se jedná o podkladovou referenční mapu či datové vrstvy (obrys kontinentu, základní sídelní struktura, komunikační či říční síť), které jsou umístěny v příslušném souřadnicovém systému, v němž je

celá komparace následně prováděna, a zobrazeny ve stejném kartografickém zobrazení. V závislosti na zvolené hodnotící metodě může existovat i více originálů pro jeden soubor mentálních map. Důležité je, aby zřeslení originálu bylo vždy v porovnání s předpokládanou přesností mentálních map zanedbatelné. Velikost tohoto zřeslení je dána především účelem daného výzkumu a předpokládaným měřítkem mentálních map.

Stejnou pozornost je třeba věnovat stanovení *vztažného bodu*. Vztažný bod je takový bod, který je považován u mentální mapy a originálu (popř. u všech mentálních map) za identický, a tedy za správně umístěný. Může se jednat například o těžiště obrysové mentální mapy, místo, odkud začne respondent zakreslovat svou mentální mapu města apod. Jelikož obrysová mentální mapa představuje nepravidelný polygon, lze převzít metody získání těžiště čili geometrického středu polygonu (např. Rektorys a kol. 2000). Vztažný bod může být i předdefinovaný v předloze, do které bude respondent mentální mapu zakreslovat. V tomto případě se může jednat i o vztažný polygon či linii. Pomocí vztažného bodu je možné mentální mapy a originál polohově ztotožnit, avšak toto stále neřeší problém jejich rozdílného měřítka či orientace (viz dále). Jak ukazuje studie Sanderse, Portera (1974), volba vztažného bodu může mít značný vliv na výsledky hodnocení.

Pokud je záměrem porovnat soubor mentálních map v GIS, je nutné, aby bylo možné je správně umístit do jednoho společného prostoru s originálem. Pokud se nejedná o mentální mapy, kde byla respondentům předložena šablona, díky níž by bylo možné mentální mapy polohově ztotožnit, je umístění do společného prostoru velmi obtížné. Důvodem je především rozdílné *měřítko*, *orientace* a *interpretovatelnost obsahu* mentálních map (Kynčlová, Hudeček, Bláha 2009). Mentální mapy nemají na rozdíl od klasických map pevně stanovené měřítko, navíc měřítko bývá proměnlivé. Tento problém lze řešit roztahováním či naopak zmenšováním mentálních map tak, aby se svou plochou co nejvíce přiblížily originálu (Sanders, Porter 1974). Dále lze mentální mapu transformovat na originál pomocí identických bodů (Tobler 1976; Waterman, Gordon 1984; Peake, Moore 2004). Pokud však bude provedena jiná než podobnostní transformace, dojde k nežádoucí deformaci původní mapy. Při porovnávání souboru map je také třeba, aby byly všechny stejně zorientované. Problém orientace mentální mapy je možné podchytit již při zadávání úkolu respondentům, kdy je možné stanovit, jak má být mapa orientovaná (např. Sanders, Porter 1974), avšak ani zde není jistota, že respondenti zakreslí svou mentální mapu správně. Konečně je třeba vzít v potaz fakt, že mentální mapa vyjadřuje osobní představy jedince, které se nemusí shodovat s představami jiných osob. Často je mentální mapa špatně interpretovatelná, pokud její autor neporozuměl zadání nebo pokud si nedokázal správně vytvořit kognitivní mapu, z níž tato mentální mapa vychází.

3. Metody hodnocení tvarové a polohové přesnosti mentálních map

Všechny metody uvedené v této části byly testovány v programu ArcGIS, popřípadě v jiném GIS s relativně malým vzorkem mentálních map pořízených vlastním výzkumem v rámci diplomové práce Kynčlové (2010). Mentální mapy

obrysu Afriky byly s laskavým svolením F. Polonského převzaty z výzkumu kognitivního mapování regionů světa prováděného v roce 2009 na katedře sociální geografie a regionálního rozvoje UK v Praze (Polonský, Novotný, Lysák 2010). V článku je nastíněn především teoretický princip navrhovaných metod. Přesnou implementaci jednotlivých metod včetně popisu jednotlivých kroků a také vytvořené skripty a modely v aplikaci Model Builder lze nalézt v uvedené práci (Kynčlová 2010).

3.1. Jednoduché metody hodnocení

Jednoduché metody hodnocení slouží k obecnému porovnání mentální mapy a originálu. K dosažení výsledku využívají pouze základních početních funkcí předdefinovaných počítačovým programem. Vstupem jsou libovolné mentální mapy zjednodušené do podoby polygonu a originál. Lze porovnávat plochu zakresleného území (rozlohu), popř. kolik procent plochy originálu mentální mapa zaujímá, délku obvodové linie polygonu nebo jeho nejdelší a nejkratší spojnice apod. Pomocí výpočtu rozloh jednotlivých oblastí v mentální mapě je také možné zjistit nadhodnocení či naopak potlačení nějaké oblasti vůči ostatním (např. porovnání poměrů rozloh jednotlivých kontinentů v mentální mapě světa). Pokud se jedná o mentální mapy s jednoznačným umístěním (např. o známých zeměpisných souřadnicích), je možné určit jejich vzdálenost od originálu, resp. vzdálenost těžiště mentální mapy od těžiště originálu.

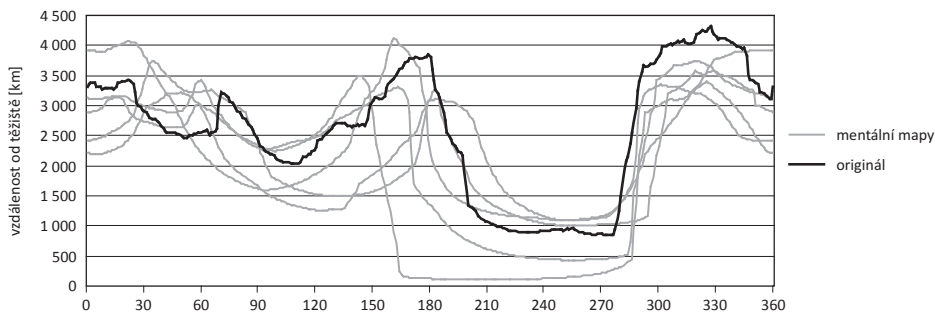
Tyto jednoduché metody jsou rychle proveditelné (dají se vypočítat v jednom kroku i nad celým souborem mentálních map), ovšem jejich vypovídající schopnost je velmi nízká. Mohou sloužit pouze k obecné charakteristice mentální mapy. Ve většině případů nebudou tyto metody dostačující, jelikož nezohledňují asi nejvíce porovnávanou veličinu, a to tvar mentální mapy.

3.2. Metody převedení obrysu na funkci

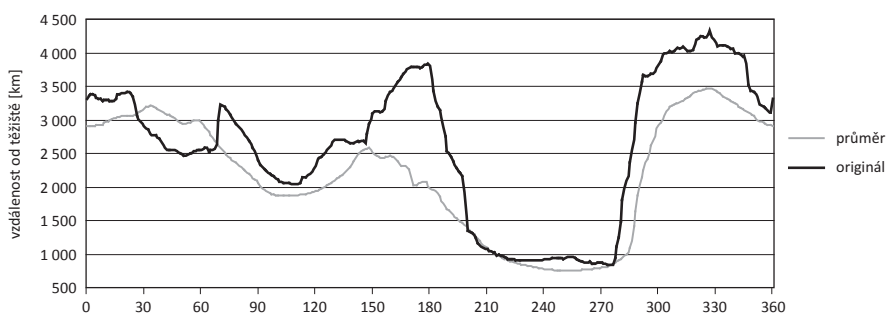
Metoda převedení obrysu na funkci je zaměřena především na porovnávání tvarových odchylek mentální mapy od originálu. Podstata metody vyplývá ze skutečnosti, že lépe než tvary dvou (a více) polygonů se budou porovnávat rozdíly v průběhu dvou (a více) funkcí. Princip spočívá ve zjišťování vzdáleností od zvoleného bodu uvnitř polygonu (např. těžiště) k bodům ležícím na jeho obvodu a následné vynesení těchto vzdáleností do liniového grafu.

Mentální mapy vstupující do této metody by měly mít charakter polygonu (pro první dvě varianty), nebo linie (pro třetí variantu). Může se jednat o mentální mapy představující obrys oblasti (např. obrys Afriky), ale obrys může být také uměle vytvořen – např. pospojováním výrazných prvků na mentální mapě města (tzn. významné prvky – „landmarks“ a uzly – „nodes“ Lynche, 1960). Důležité je také dobře stanovit vztažný bod, ke kterému budou vztaženy všechny vzdálenosti (nejčastěji těžiště polygonu).

Byly testovány tři metody (v tabulce na konci článku značeny písmeny A–D), jak zjistit vzdálenost bodů od zvoleného bodu uvnitř oblasti. První využívá směrovou růžici, druhá lomové body linie (vrcholy polygonu) a třetí pevný počet



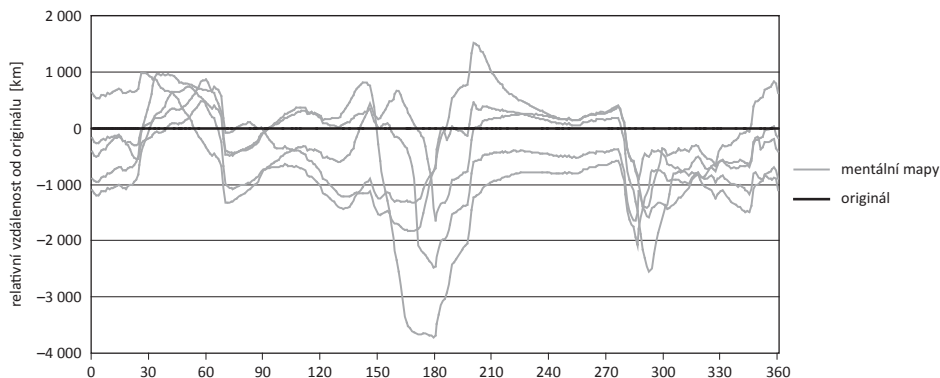
Graf 1 – Výsledek metody převodu obrysu na funkci s využitím směrové růžice.
Zdroj: Kynčlová (2010, s. 32).



Graf 2 – Agregovaná mentální mapa z pěti mentálních map (průměr) a originál.
Zdroj: Kynčlová (2010, s. 33).

rovnoměrně rozmístěných bodů. Výsledné hodnoty je možné zobrazit do jednoho složeného liniového grafu, kde osa x bude udávat úhel (směr) a osa y vypočtenou vzdálenost (graf 1). Při interpretaci grafu (a to platí pro všechny tři metody převedení obrysu na funkci) je nutné si uvědomit, že na míře podobnosti tvaru křivky se podílejí tři vlastnosti mentální mapy, a to její *tvar*, *velikost* a *orientace*. V místech, kde se křivka mentální mapy nachází „nad“ křivkou originálu, je nakreslena větší než originál, naopak v místech, kde je „pod“ křivkou originálu, je menší než originál. Oblasti lokálních maxim funkcí odpovídají poloostrovům, naopak lokální minima korespondují s oblastmi zálivů. Konstantní posunutí funkce mentální mapy svědčí o její špatné orientaci (natočení) vzhledem k originálu.

Výsledky za jednotlivé mentální mapy je pro obecné hodnocení možné sloučit do jedné agregované mentální mapy (graf 2) představující průměr z map od všech respondentů (nebo jejich vybraného vzorku). Další možností vizualizace výsledků je vytvoření grafu s relativními odchylkami mentálních map od originálu (graf 3). Lze tak porovnávat, o kolik se mentální mapa odchyluje v daném místě od originálu a v jakém směru. Pokud by byla mentální mapa tvarově totožná s originálem a lišila se pouze velikostí, výsledkem by byla přímka rovnoběžná s přímkou odpovídající originálu. Míra nelineárnosti funkce tedy značí míru nepřesnosti mentální mapy. Pomocí relativních odchylek však



Graf 3 – Relativní odchylky mentálních map od originálu.

Zdroj: Kynčlová (2010, s. 33).

Pozn. ke grafům 1–3: 0° na ose x odpovídá severu, 90° východu, 180° jihu a 270° západnímu směru od těžiště mentální mapy.

nelze odhalit chybu v natočení mapy vzhledem k originálu. Rotovaná mentální mapa se bude jevit jako velmi špatná. Z grafu relativních odchylek je také těžší rozpoznat, o jaké místo v mentální mapě se jedná (např. kde křivka odpovídá Somálskému poloostrovu).

Všechny tři výše popsané varianty metody převodu obrysu na funkci považují za výsledek liniový graf, jehož správnou interpretací je možné mentální mapy vzájemně porovnávat a určovat jejich odchylky od originálu. To však lze aplikovat pouze tehdy, pokud je porovnáváno jen určité malé množství mentálních map, které lze všechny zobrazit do jednoho grafu. V případě, že do analýzy vstupuje větší množství hodnocených děl, stává se graf nepřehledným a znemožňuje tak interpretaci výsledků. Proto byl v programu Matlab vytvořen komentovaný skript, který pomocí Fourierovy transformace (např. Rektorys a kol. 2000) získá tzv. Fourierovy deskriptory, pomocí nichž je možné matematicky popsat a ohodnotit mentální mapy a do grafu pak již zobrazovat vždy jen ty kvalitativně si odpovídající. Fourierovy deskriptory popisují tvar mentální mapy jako celek, nelze tedy pomocí nich zjistit, kde dochází k největším nepřesnostem. Výhodou je invariance vůči měřítku, posunu i rotaci mentální mapy.

3.3. Metody hodnocení polohových odchylek přes identické body

Hlavní princip těchto metod spočívá v určení polohových odchylek mezi umístěním bodu na mentální mapě a jeho skutečnou polohou v originále (na referenční mapě). Rozdíl v aplikaci metody je závislý na charakteru vstupních dat. Pokud jsou vstupními daty mentální mapy bez geometrické reference, je nutné provést geometrickou transformaci mentální mapy k originálu pomocí zvolených identických bodů, na nichž budou zároveň vypočteny polohové odchylky (metoda A). Pokud však mentální mapa obsahuje body, linie nebo polygony, které jsou předem určeny za referenční (např. jsou v mentální mapě již

předkresleny), provede se nejprve rektifikace mentální mapy na originál právě přes tyto prvky (metoda B). Odchytky na identických bodech se zkoumají až následně. Příkladem je mentální mapa typu „prvky uvnitř definované oblasti“ (použití v metodě A) nebo „trasa mezi dvěma body“, kde se rektifikace provede přes počáteční a koncový bod trasy (použití v metodě B).

Třetí možností, kterou použili Peake, Moore (2004), spočívá v kombinaci výše uvedených metod. Nejprve je mentální mapa transformována do souřadnicového systému originálu pomocí malého množství identických bodů umístěných do místa, kde se předpokládá, že je mentální mapa nejpřesnější (např. bydliště, náměstí) a až poté se zkoumají odchytky na dalších identických bodech. Výsledky této metody však mohou být vzhledem k nerovnoměrnému rozmístění bodů pro transformaci velmi jednostranné a z toho důvodu zkreslené.

První uvedená metoda používaná například při kartometrické analýze starých map (viz např. Bayer, Potůčková, Čábelka 2009), je výhodná také při analýze mentálních map. Staré mapy stejně tak jako mentální mapy nevznikaly většinou na žádném geometrickém základě, jejich měřítko je pouze domnělé a bývají deformovány oproti skutečnosti. Na základě množiny identických bodů mezi mentální mapou a originálem (referenční mapou) je provedena transformace mentální mapy do takové pozice, aby její geometrie co nejlépe odpovídala originálu. Důležitou podmínkou pro transformační algoritmus je, aby se jeho aplikací původní mapa nijak nedeformovala.

Jelikož program ArcGIS nenabízí dostatečné možnosti v nastavení transformačních algoritmů, byl pro výpočet transformačního klíče a polohových odchylek identických bodů zvolen open-source program MapAnalyst. Do něj byla načtena mentální mapa ve formě obrázku digitalizovaného skenováním (v rámci výzkumu bylo provedeno terénní šetření mezi obyvateli města Jilemnice s cílem zakreslit centrum města s významnými prvky). Za originál byla zvolena mapa Open Street Map, která je již integrovanou součástí programu MapAnalyst. Následně bylo na mentální mapě a originále určeno 21 co nejrovnoměrněji rozmístěných jednoznačně identifikovatelných identických bodů – nejčastěji křižovatky komunikací, nebo středy (popř. rohy) zakreslených významných budov. Pro výpočet transformačního klíče bylo využito nadbytečného počtu identických bodů a algoritmus metody nejmenších čtverců. To má za následek, že i identické body budou odchýleny od své ideální pozice, avšak tak, aby suma čtverců odchylek po transformaci byla co nejmenší. Přijatelné výsledky poskytla Helmertova 4parametrová transformace.

Výsledkem této metody může být kromě vypočtených parametrů transformačních rovnic, střední polohové chyby a přibližného měřítka mentální mapy také grafický výstup ve formě mřížky zakreslení a znázornění vektorů polohových odchylek bodů (obr. 1). Program MapAnalyst dále nabízí možnost vygenerování izolinií měřítka hodnocené mapy a izolinie jejího stočení oproti originálu. Tento program vyvinutý pro kartometrickou analýzu map nabízí širokou paletu transformačních klíčů a zobrazení výsledků. Hodnotitel musí pouze zvolit dostatečné množství identických bodů, vybrat vhodný druh transformace a nastavit parametry výstupu. Všechny výpočty a grafické výstupy již program provede zcela samostatně. Nevýhodou může být pouze časová náročnost výpočtu při velkém množství identických bodů a vysoké požadované podrobnosti výstupu.

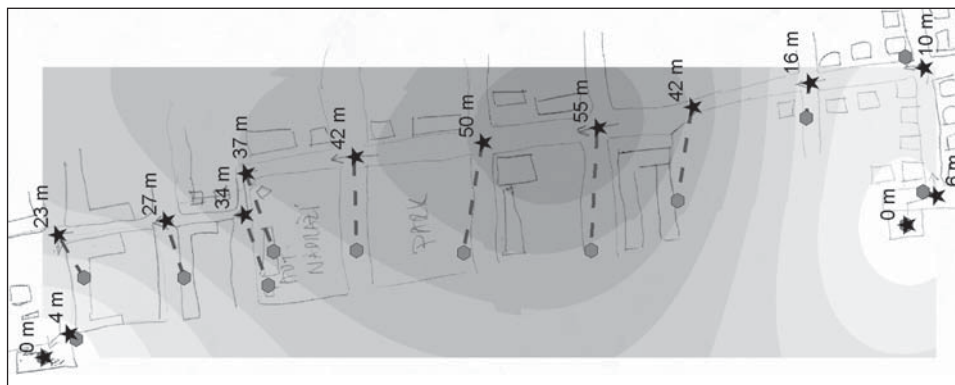


Obr. 1 – Vektory odchylek na identických bodech po Helmertově transformaci.

Zdroj: Kynčlová (2010, s. 45).

Pozn.: Počátek vektoru (křížek) je v místě určeného bodu na mentální mapě a končí v místě, kde by se bod měl nacházet, kdyby mentální mapa přesně odpovídala originálu (referenční mapě).

Pokud mají mentální mapa a originál díky referenčním prvkům stejné měřítko a orientaci, lze přistoupit rovnou k hodnocení polohových odchylek na odpovídajících si bodech. Pro testování této druhé metody byla zvolena mentální mapa typu „trasa mezi dvěma body“, konkrétně zakreslení každodenní cesty respondenta z domova do zaměstnání (během uvedeného terénního šetření vznikly i tyto mapy obyvatel města Jilemnice). V programu ArcGIS proběhlo srovnání mentálních map a příslušného ortofota zachycujícího příslušnou oblast. Respondentovi nebylo předem nic předkresleno, avšak rektifikaci je zde možné provést přes dva identické body, a to místa označená jako „domov“ a „zaměstnání“. Touto lineární transformací se docílí pouze natočení mentální mapy a její rovnoměrné „roztážení“ na velikost odpovídající ortofotu. Dalším úkolem je sběr identických bodů (především lomové body trasy a křižovatky), na nichž budou zkoumány odchylky od originálu. Vektorizaci je nutné provést v pevně stanoveném pořadí. Nakonec se vypočítají vzdálenosti mezi odpovídajícími si body v mentální mapě a originálu a výsledné hodnoty se zobrazí v mapě. Kromě samotného znázornění hodnot odchylek je vhodné využít také



Obr. 2 – Znázornění polohových odchylek u mentální mapy „trasa mezi dvěma body“.
Zdroj: Kynčlová (2010, s. 48).

Pozn.: Kruhovými body je znázorněn průběh trasy ve skutečnosti, hvězdičkami na mentální mapě. Hodnoty u jednotlivých bodů značí velikost polohové odchylky mentální mapy od identického bodu v originále. Použita metoda Kriging.

interpoláčních metod, které dopočítají předpokládané odchylky i ve zbylých částech mentální mapy. Metod interpolací je několik a v tomto případě byla použita *metoda kriging*, která nevytváří nepřirozené tvary izolinií a zároveň zachovává hodnoty na identických bodech (více informací poskytuje např. Štych a kol. 2008). Pro lepší názornost je vhodné podložit výsledný interpolovaný rastr původní mentální mapou (obr. 2).

Výstupy z druhé metody jsou přehledné a dobře se interpretují. Výhodou je, že se mentální mapa lineární transformací nijak nedeformuje. Na druhou stranu je nutné si uvědomit, že nulová chyba na identických bodech způsobuje předpoklad nejvyšší chyby v nejbližších místech od těchto bodů – tedy uprostřed trasy.

3.4. Metoda obalové zóny (metoda „najdi v okolí“)

Metoda obalové zóny porovnává zároveň měřítkovou, tvarovou i polohovou podobnost mentálních map s originálem. Funguje na principu postupného rozšiřování obalové zóny (buffer) okolo originálu, přičemž pokaždé vybere ty mentální mapy, které do obalové vrstvy celým svým rozsahem spadnou. Výsledkem může být seřazení mentálních map dle jejich podobnosti k originálu. Metodu obalové zóny je možné použít snad nad všemi druhy mentálních map od obrysových až po plány měst (např. cestní síť, umístění významných objektů). Mentální mapy i originál je nutné mít v podobě liniových vrstev, aby na ně bylo pohlíženo jako na linie a ne jako na polygony. Vstupem může být také množina bodů.

Kolem originálu je nejprve vytvořena oboustranná obalová zóna o definované šířce. Ve druhém kroku se posuzuje, které z mentálních map leží celé v této obalové zóně a jsou tedy originálu nejpodobnější. Tyto vybrané mapy se uloží jako nová datová vrstva a celý proces se vždy na širším okolí iterativně

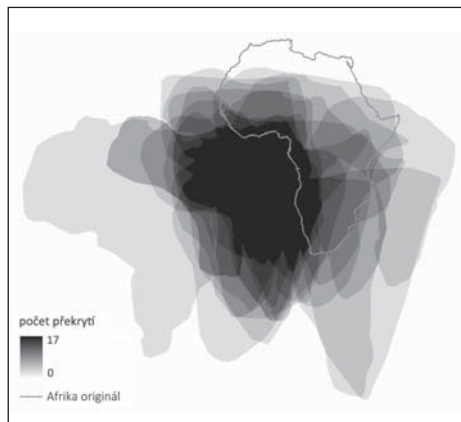
opakuje, dokud nejsou vybrány všechny mentální mapy. Výsledkem je grafický výstup a především pak vytvořené datové vrstvy obsahující mentální mapy dle příslušnosti k jednotlivým obalovým zónám. Pro automatizaci této metody nad větším množstvím dat byl vytvořen model „najdi v okolí“ v aplikaci Model Builder programu ArcGIS.

Tato metoda hodnotí zároveň měřítko, tvar i polohu mentální mapy. Tato vlastnost je však zároveň její nevýhodou, jelikož stačí, aby mentální mapa měla špatný jeden ze tří výše zmíněných parametrů a velmi to (buď příznivě, nebo negativně) ovlivní výsledné hodnocení. Proto, pokud to podstata výzkumu nevyklučuje, je vhodné ztotožnit mentální mapy s originálem nad jeden společný bod a pokusit se u nich sjednotit měřítko. Tím bude největší význam přikládán tvarovým odchylkám, což je většinou podstatou výzkumu. Metoda ohodnotí lépe mapu s více drobnými chybami než mapu s jednou velkou nepřesností. Zda je to výhoda či nevýhoda, je však diskutabilní. Kvalitu výsledků této metody ovlivní také hodnotitel tím, jak velkou zvolí šířku zóny.

3.5. Metoda sčítání binárních rastrů

Metoda sčítání binárních rastrů slouží primárně k hodnocení souboru mentálních map jako celku. To znamená, že není porovnávána každá mentální mapa s originálem zvlášť, ale hodnoceno je celkové vnímání daného jevu skupinou respondentů. Nejčastěji se jedná o vyznačení či umístění nějaké geograficky významné oblasti, popř. oblastí. Všechny mentální mapy jsou postupně převedeny na binární rastr a tyto rastry jsou následně sečteny. Výsledkem je jedna agregovaná mentální mapa za všechny respondenty, z níž bude možné vyčíst, kolik respondentů se v tom kterém místě shodlo ve výskytu daného jevu. Tato metoda byla využita též při zkoumání způsobů a rychlosti vytváření mentální mapy zahraničních studentů v neznámém prostředí (Pilařová, Bodnářová 2008 in Zelenka a kol. 2008).

Mentální mapy je nutné konvertovat do rastrové podoby. Samotné konverzi předchází několik důležitých kroků, bez nichž by metoda nemohla správně fungovat (přidání atributu s hodnotou „1“ do atributové tabulky každé mentální mapy a vytvoření umělého polygonu, tj. masky, která svou plochou pokryje celou oblast výskytu mentálních map a bude mít v atributové tabulce atribut odpovídajícího názvu s hodnotou „0“). Následně jsou všechny mentální mapy konvertovány na rastr s vhodně zvolenou velikostí buňky, čímž bude dosaženo stejně velkých binárních rastrů s hodnotami „1“ tam, kde se jev vyskytuje, a „0“ tam kde nikoliv. Posledním



Obr. 3 – Výsledek po aplikaci metody sčítání binárních rastrů pro 22 mentálních map Afriky.

Zdroj: Kynčlová (2010, s. 53).

krokem je postupné nasčítání připravených binárních rastrů. Výsledný rastr vytvořený sečtením 22 mentálních map Afriky je na obr. 3. Celý postup metody byl automatizován pomocí skriptu pro příkazový řádek.

Aplikace metody sčítání binárních rastrů je s využitím navrženého skriptu relativně snadná, ovšem výpočet je především ve fázích počítání s rastry časově náročný. Nevýhodou je nutnost konverze polygonů na rastry a tím i částečná ztráta tvarové informace (volbou dostatečně velkého rozlišení rastru je však tato ztráta informace minimalizována). Naopak výhodou je výsledek v podobě jednoho obrázku (součtový rastr), který je dobře interpretovatelný. Překrytím mentálních map přes sebe se zvýrazní chyby.

4. Diskuze nad vhodností využití GIS pro hodnocení mentálních map

GIS je v současnosti zatím poměrně málo využívanou pomůckou v oblasti hodnocení mentálních map. Metody představené v tomto článku však dokazují, že nástroje GIS mohou být i v této oblasti dobře použitelné. Základními otázkami, které je třeba si klást při zjišťování, zda je GIS pro hodnocení vhodným nástrojem, jsou časová náročnost postupu hodnocení a zda výsledky, které mohou být metodami GIS získány, odpovídají požadavkům hodnotitele.

Pro práci v GIS je nutné mít vstupní data (mentální mapy) v digitální a často i vektorové podobě. A právě digitalizace a především vektorizace mentálních map jsou z časového hlediska asi nejnáročnějšími kroky celého postupu hodnocení. Vše se samozřejmě odvíjí od charakteru a počtu vstupních dat. Celková doba zpracování a vyhodnocování je pak dána také výpočetní složitostí jednotlivých nástrojů a mírou automatizace postupu hodnocení.

Vhodným uspořádáním jednotlivých nástrojů GIS do modelů a možností zapojení skriptů se velmi rozšiřuje automatizace a s tím související urychlení postupu hodnocení. Samozřejmostí přitom zůstává, že každému spuštění modelu či skriptu předchází jeho úprava pro potřeby konkrétních dat. Ne vždy je však možné tento druh automatizace použít. Například veškerou práci v režimu editace nebo propojování atributových tabulek a následné výpočty v nich je třeba provádět „ručně“, tedy zvlášť pro každou mentální mapu. Čas strávený těmito kroky je většinou přímo úměrný počtu hodnocených map.

Existují i případy, kdy jsou některé kroky v GIS natolik zdlouhavé, že se časově nevyplatí a je lepší je obejít využitím jiného softwarového řešení. Je ovšem nutné také zmínit, že možnosti GIS jsou mnohem širší, než lze pro hodnocení mentálních map využít. Pokud budou mít mentální mapy charakter jednoho ze čtyř typů vyčleněných na začátku tohoto článku, zůstane nevyužita například velmi rozsáhlá nabídka nástrojů pro práci s 3D daty, nástroje pro modelaci krizových situací, síťových analýz atd.

5. Závěr

V článku bylo představeno devět metod hodnocení tvarové a polohové přesnosti mentálních map vůči originálu. Přestože byly všechny metody testovány

Tab. 1 – Shrnutí prezentovaných metod hodnocení tvarové a polohové přesnosti

Metoda	Výhody	Nevýhody
1. Jednoduché metody hodnocení přesnosti	jednoduchost rychlost výpočtu	nízká vypovídající schopnost nezhledňují tvar MM
2.A. Metoda převedení obrysu na funkci přes směrovou rúžici	libovolná volba směrů odečítání hodnot nezáleží na počátku vektorizace MM nezávislá na poloze, měřítku a orientaci MM snadná interpretace výsledků	neautomatizované vykreslování rúžice vyžaduje „star-shaped“ polygony
2.B. Metoda převedení obrysu na funkci přes rozložení na lomové body	pro libovolné polygony nedojde k tvarovému zjednodušení MM nezávislá na poloze, měřítku a orientaci MM z velké části automatizovaná	rozdílný počet lomových bodů odečítání hodnot v různých směrech nelze vytvořit agregovanou MM, ani graf relativních odchylek
2.C. Metoda převedení obrysu na funkci přes rozložení na daný počet bodů	pro libovolné polygony a linie nezávislá na poloze, měřítku a orientaci MM nastavitelná podrobnost hodnocení (počet bodů)	zjednodušení tvaru MM nízká automatizace
2.D. Metoda využívající Fourierovu transformaci	vhodná pro velké množství MM nezávislá na poloze, měřítku a orientaci MM zcela automatizovaná rychlý výpočet	nelze snadno interpretovat výsledné koeficienty pouze pro vytvoření skupin kvalitou si odpovídajících MM
3.A. Hodnocení polohových odchylek přes identické body u MM bez geometrické reference	vysoká automatizace snadná interpretovatelnost výstupů	relativně časově náročný výpočet
3.B. Hodnocení polohových odchylek přes identické body u MM s geometrickou referencí	dobře interpretovatelné výstupy MM se nedeformuje nezávislá na poloze, měřítku a orientaci MM	větší předpoklad chyby uprostřed
4. Metoda obalové zóny (metoda „najdi v okolí“)	hodnotí zároveň polohu, tvar i velikost MM vysoká automatizace	hodnotí zároveň polohu, tvar i velikost MM
5. Metoda sčítání binárních rastrů	vysoká automatizace dobrá interpretovatelnost výsledku	časově náročný výpočet nutnost konverze na rastr

Pozn.: MM = mentální mapa

Zdroj: autoři.

na konkrétních datech, byl při jejich vytváření kladen důraz na co největší univerzálnost postupu pro libovolná, podmínkám vyhovující, vstupní data. Každý postup hodnocení byl navíc pomocí skriptů či modelů co možná nejvíce automatizován.

Podarilo se najít některé metody, které jsou invariantní vůči rozdílnému měřítku, orientaci a umístění mentální mapy v prostoru. Přitom právě různorodé a jen těžko definovatelné měřítko mentálních map bylo častým problémem

Tab. 2 – Použitelnost metod pro jednotlivé druhy komparativních mentálních map

Metoda	Druh komparativní mentální mapy			
	plán	obrys	trasa	prvky
1.	0	+	0	+
2.A.	–	+	–	0
2.B.	0	+	0	0
2.C.	0	+	0	0
2.D.	0	+	0	0
3.A.	+	+	+	+
3.B.	+	+	+	+
4.	0	+	0	0
5.	–	+	0	0

Zdroj: autoři.

hodnotitelů. Celkový přehled všech prezentovaných metod včetně určení nejdůležitějších výhod a nevýhod je uveden v tab. 1. V tab. 2 je použitelnost pro jednotlivé druhy komparativních mentálních map. Každá z metod přináší jiný pohled na mentální mapu. Hodnotitel mentálních map může vybírat a různé kombinovat jednotlivé metody hodnocení a získat tak komplexní analýzu vstupních dat. Zároveň je však důležité uvést, že ne všechny metody jsou použitelné pro všechny typy mentálních map.

Lze tedy konstatovat, že zapojení metod GIS do hodnocení mentálních map je určitě přínosem. Nástroje GIS umožňují snadno provést celou řadu operací, které by jinak vyžadovaly složité matematické výpočty. Navíc pomocí skriptů a modelů je možné celý proces hodnocení významně urychlit. Na druhou stranu ne všechny požadavky, které jsou při hodnocení mentálních map kladeny, dokážou nástroje GIS provést. Proto je k provedení některých kroků nutné využít jiné softwarové řešení nebo programovací jazyk. Vždy je tak třeba zvážit, zda jsou náklady (časové i finanční) na přípravu a vyhodnocování mentálních map akceptovatelné vzhledem k rozsahu a kvalitě výsledků, které hodnocení v GIS nabízí. Všechny metody uvedené v tomto článku mohou najít v praxi své uplatnění, a pokud budou dodrženy podmínky na vstupní data a vhodně zadané potřebné parametry, podají i odpovídající výsledky. Díky univerzálnosti a automatizaci postupů hodnocení mohou najít své využití i v širších oblastech výzkumu než pouze pro hodnocení mentálních map.

Literatura:

- BAYER, T., POTŮČKOVÁ, M., ČÁBELKA, M. (2009): Kartometrická analýza starých map českých zemí: mapa Čech a mapa Moravy od Petra Kaeria. *Geografie*, 114, č. 3, s. 230–243.
- DOWNNS, R. a kol. (2009): *Geography for life*. National Geography Standards. http://www.ncge.org/files/public/draft_standards_review2.pdf (26. 2. 2010).
- DRBOHLAV, D. (1991): Mentální mapa ČSFR – definice, aplikace, podmíněnost. *Geografie*, 96, č. 3, s. 163–176.
- GOULD, P., WHITE, R. (1974): *Mental maps*. Penguin, Harmondsworth, 203 s.

- HUYNH, N. T. a kol. (2004): Integrating Mental Maps into a GIS environment with an innovative tool (MMAPIT). URISA 2004, Public Participation GIS (PPGIS) Conference. <http://downloads2.esri.com/campus/uploads/library/pdfs/59010.pdf> (26. 2. 2010).
- HYNEK, A., HYNKOVÁ, J. (1979): Prostorová percepce životního prostředí města Boskovice a okolí ve výchově k péči o životní prostředí. *Geografie*, 84, č. 4, s. 287–299.
- KYNČLOVÁ, M., HUDEČEK, T., BLÁHA, J. D. (2009): Hodnocení kartografických děl: analýza mentálních map orientačních běžců. *Geografie*, 114, č. 2, s. 105–116.
- KYNČLOVÁ, M. (2010): Hodnocení mentálních map v GIS. Diplomová práce. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 77 s.
- LYNCH, K. (1960): *The Image of the City*. M.I.T. Press, Cambridge, Mass., 194 s.
- NIŽNANSKÝ, B. (1994): Mentální mapa a profesionálně mapové diela. *Kartografické listy*, 2, s. 61–70.
- PEAKE, S., MOORE, T. (2004): Analysis of distortions in a mental map using GPS and GIS. In: 16th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre, Dunedin, New Zealand, s. 75–84.
- POLONSKÝ, F., NOVOTNÝ, J., LYSÁK, J. (2010): Cognitive Mapping of Major World Regions among Czech Geography Students. *Journal of Maps*, 6, č. 1, s. 311–318.
- REKTORYS, K. a kol. (2000): *Přehled užití matematiky*. 1. díl. Prometheus, Praha, 752 s.
- SANDERS, R. A., PORTER, P. W. (1974): Shape in revealed mental maps. *Annals of the association of american geographers*, 64, č. 2, s. 258–267.
- SIWEK, T., KAŇOK, J. (2000): Vědomí slezské identity v mentální mapě. *Spis Filozofické fakulty Ostravské univerzity 136/2000*. Ostravská univerzita, Ostrava, 98 s.
- SIWEK, T. (2011): *Percepce geografického prostoru*. Česká geografická společnost, Praha, 164 s.
- ŠTYCH, P. a kol. (2008): *Vybrané funkce geoinformačních systémů*. Česká kosmická kancelář, Praha, 177 s.
- TOBLER, W. R. (1976): The Geometry of Mental Maps. In: Golledge, R. G., Rusthon, G. (eds.): *Spatial Choice and Spatial Behaviour: Geographic Essays on the Analysis of Preferences and Perceptions*. Ohio State University Press, Columbus, s. 69–81.
- TOLMAN, E. C. (1948): Cognitive maps in rats and men. *The Psychological Review*, 55, č. 4, s. 189–208.
- VOŽENÍLEK, V. (1997): Mentální mapa a mentální prostorové představy. *Geodetický a kartografický obzor*, 43, č. 1, s. 9–14.
- WATERMAN, S., GORDON, D. (1984): A Quantitative-Comparative Approach to Analysis of Distortion in Mental Maps. *Professional Geographer*, 36, č. 3, s. 326–337.
- ZELENKA, J. a kol. (2008): *Výzkum kognitivních a mentálních map*. Gaudeamus, UHK, Hradec Králové, 192 s.

Pracoviště autorů: Martina Kynčlová-Tihonová: absolventka Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2; e-mail: Kynclova.Martina@seznam.cz; Jan D. Bláha: Univerzita Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Přírodovědecká fakulta, katedra geografie, České mládeže 8, 400 96 Ústí nad Labem; e-mail: jd@jackdaniel.cz.

Citační vzor:

KYNČLOVÁ-TIHONOVÁ, M., BLÁHA, J. D. (2013): Hodnocení mentálních map v GIS. *Informace ČGS*, 32, č. 1, s. 1–15.