#1 Práce s kartografickými zobrazeními v ArcGIS



Jan Miklín

CartoTips

Práce s kartografickými zobrazeními v ArcGIS

Práce s kartografickými zobrazeními v ArcGIS
výukový materiál předmětu Kartografická tvorba–projekt

RNDr. Jan Miklín, Ph.D.
Katedra fyzické geografie a geoekologie
Přírodovědecká fakulta
Ostravská univerzita

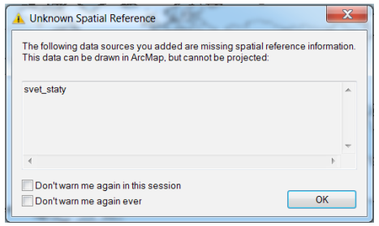
jan.miklin@osu.cz
geo.janmiklin.cz

© Jan Miklín, 2017

Volba kartografického zobrazení je nezbytnou součástí přípravy každé mapy, respektive práci s geodaty v mapě obecně; souřadnicový systém je nezbytný ke správnému určení polohy prvku.

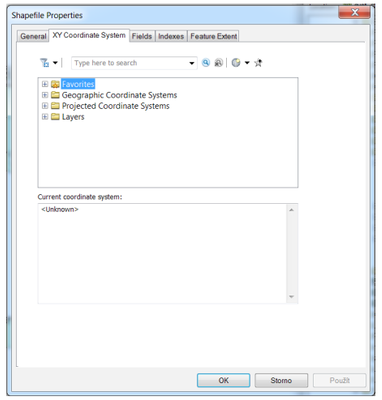
Přiřazení souřadnicového systému

Všechna geodata (tedy data, u nichž známe jak atributovou, tak geometrickou složku prvku) musí být v určitém souřadnicovém systému, kde poloha každého lomového bodu (u vektorové grafiky), respektive pixelu (u rastrové grafiky), je určena číselnými souřadnicemi. Informace o tom, v jakém souřadnicovém systému data jsou, však nemusí být v souboru obsažena (u formátu *shapefile* je nositelem této informace dílčí soubor s koncovkou **.prj*). Pokud souřadnicový systém přiřazen není, při vložení těchto dat do ArcGIS se objeví následující informace:



Při samostatném vložení těchto dat se neukáže měřítko, pokud data bez přiřazeného systému přidáváme do dokumentu, který má zvolené zobrazení (nebo obsahuje data, která souřadnicový systém mají přiřazený), nemusí se zobrazit. Důležitým krokem pro další práci s geodaty a případnými úpravami či změnami kartografických zobrazení je tedy přiřazení informace o tom, v jakém souřadnicovém systému tato data jsou.

Lehce představit si to můžeme na analogii s plechovkami s barvou. Každá plechovka obsahuje nějakou barvou, otázka je, zda má na obalu napsáno, o jakou barvu se jedná.



Přiřazení informace o použitém souřadnicovém systému vrstvy se provádí v *Arc Catalog* (pravé tlačítko myši – *Properties* – *XY Coordinate system*). Zde je třeba z nabídky vybrat správný souřadnicový systém, tedy ten, ve kterém daná data opravdu jsou. Tato informace může být součástí metadat, nejčastěji se bude pravděpodobně jednat o systém WGS 1984 (světová data, v pravém dolním rohu ArcGIS budou souřadnice ve stupnicích, odpovídající zeměpisné šířce a délce), nebo Křovákovo zobrazení (S-JTSK) v případě dat z prostředí České republiky (nejčastěji záporná souřadnicová čísla v rozsahu -430 000 až -900 000 m, respektive -950 000 až -1 230 000 m). U národních dat jiných států nejspíše půjde o národní souřadnicový systém dané země.

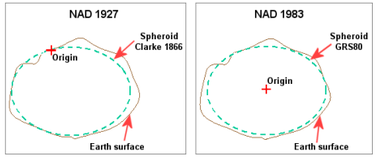
Přiřazení správného souřadnicového systému je klíčové – pokud nastavíme jiný, než v kterém data jsou, je to, jako bychom na plechovku obsahující červenou barvu napsali „modrá“. Data pak budou při zobrazení deformována, měřítko nebude dávat smysl apod. Proto je velmi vhodné při tvorbě vlastních dat (ať už z výsledků terénního měření nebo získaných digitalizací) na přiřazení souřadnicového systému nezapomínat.

Souřadnicové systémy a zobrazení v ArcGIS

ArcGIS rozeznává dva základní typy souřadnicových systémů: **Geographic Coordinate Systems** (geodetické datum; zeměpisné souřadnice, popisující parametry referenční plochy – elipsoidu nebo koule – a polohu na ní, včetně počátku a orientace souřadnicového systému) a **Projected Coordinate Systems** (vlastní kartografická zobrazení).

Geographic Coordinate Systems

Příkladem souřadnicových systémů z první skupiny (*Geographic*) jsou například **WGS 1984, NAD 1927** nebo **ITRF 2008**. Ve všech těchto souřadnicových systémech pracujeme se zeměpisnou šířkou a délkou (respektive souřadnicemi X, Y, Z, vztaženými ke středu dle geodetického data). V různých souřadnicových systémech



Rozdíl mezi dvěma elipsoidy [Albrecht 2015]

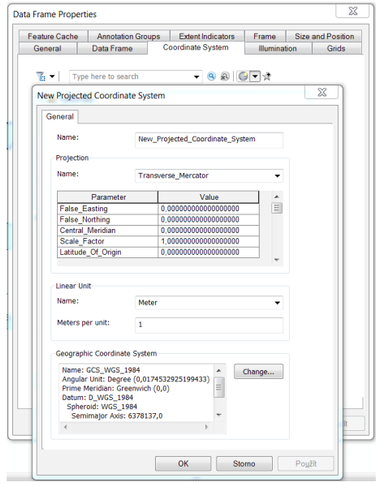
však vlivem použití různých referenčních těles (různé typy elipsoidů, koulí s různými parametry) nebo jiné volby počátku má stejné místo na zemi různé hodnoty souřadnic. Jak uvádí například Albrecht (2015), souřadnice konkrétního místa v americkém Redlandu v systémech NAD 1927 a 1983 se liší o zhruba tři úhlové vteřiny v případě zeměpisné délky, respektive 0,05´´ u zeměpisné šířky. Jinými slovy – z opačného úhlu pohledu – např. 19° s.š. a 25° v.d. ve WGS 1984 definuje jiné místo na zemi, než stejné hodnoty v NAD 1927. Definice použitého geodetického data je vždy nezbytnou součástí konkrétního kartografického zobrazení (*Projected Coordinate System*). Kompletní seznam v dokumentu od ESRI (2012a). Pokud datům s *Geographic C. S.* nenastavíme žádné kartografické zobrazení *(Projected C. S.)*, budou v ArcMap zobrazena v Marinově (čtvercovém) zobrazení.

Projected Coordinate Systems

Vlastní kartografická zobrazení jsou umístěna ve složce *Projected Coordinate Systems*. Každé **konkrétní zobrazení** v ArcGIS (= soubor s názvem, uložený jako **.prj*) je definováno **obecným** typem zobrazení (*projection*; např. Mercatorovo z., Albersovo plochojevné kuželové z. apod.) a jeho **parametry** (nezkreslená rovnoběžka, základní poledník atd.). Konkrétní zobrazení (**.prj*) jsou pojmenována a roztříděna do složek podle oblastí použití.

Volba zobrazení

Kartografické zobrazení (použité v daném *Data Frame*, v ArcMap přes *Properties* – *Coordinate System*) lze nastavit třemi možnostmi:



Dialog volby nového kartografického zobrazení a jeho nastavení jeho vlastností.

1) volba přednastaveného zobrazení (kompletní seznam v dokumentu od ESRI, 2012b)

2) volba přednastaveného zobrazení a jeho následná úprava

3) vytvoření nového zobrazení

Ad 1 a 2: Po výběru přednastaveného zobrazení je možnost úpravy jeho parametrů přes kliknutí pravým tlačítkem na název zobrazení a volbou *Copy and modify*. **Ad 3:** Vytvoření nového zobrazení je přes ikonu *Add Coordinate System* – *New* – *Projected Coordinate System*. V následném dialogu je třeba zvolit název, druh kartografického zobrazení a jeho parametry. Kartografické zobrazení (ať už vlastní, nebo upravené předpřipravené) je možno přidat do oblíbených *(Add to Favorites)*, nebo přímo uložit *(Save as)* jako **.prj* soubor, přenositelný např. na jiný počítač.

Parametry zobrazení

Možnosti úprav parametrů jednotlivých kartografických zobrazení se liší dle jejich typu, obecně jsou různé pro zobrazení azimutální, válcová, kuželová a další. Kompletní seznam dostupných zobrazení, jejich vlastností a nastavitelných parametrů se nachází v nápovědě programu (ESRI 2016).

Central meridian (základní poledník; v některých zobrazeních označovaný také jako **Longitude of Origin** nebo **Longitude of Center**) je nastavitelný u všech zobrazení. Jedná se o poledník probíhající středem mapy, souřadnicová síť je podle něj symetrická. V závislosti na typu zobrazení může, ale nemusí být délkově zkreslen.

Latitude of Origin (zem. šířka počátku) definuje v průsečíku se základním poledníkem počátek souřadnic (X, Y) daného zobrazení. Rovnoběžka, procházející tímto bodem, může, ale nemusí být délkově zkreslena (v závislosti na typu zobrazení)

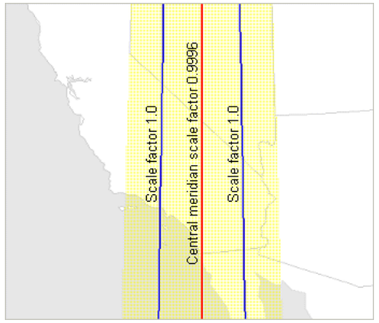
Nastavení samotného výchozího bodu souřadnic nemá vliv na průběh zkreslení.

Standard Parallel (nezkreslená rovnoběžka) je délkově nezkreslená rovnoběžka. Často (ale ne vždy) je ztotožněna s hodnotou *Latitude of Origin* a lze ji chápat jako dotykovou (respektive sečnou) rovnoběžku (nebo rovnoběžky).

Latitude of Center a/nebo **Central Parallel** se používají v případě, že jde nejen o počátek souřadnic (jako je tomu u *Lati-*

tude of Origin), ale zároveň střed zobrazení (obvykle u azimutálních zobrazení, v kombinaci s hodnotou *Longitude of Center* definuje dotykový bod).

Scale factor (měřítkový faktor) je číslo vyjadřující hodnotu délkového zkreslení. Pokud je menší než 1, znamená to, že vzdálenost změřená na mapě a přepočítaná dle měřítka mapy je ve skutečnosti větší, v opačném případě (*scale factor* větší než jedna) kratší. Praktické využití v ArcGIS může mít tento parametr u některých válcových a kuželových zobrazení, kde jeho nastavení na hodnotu menší než 1 (například 0,9996) udělá z jedné nezkreslené (dotykové) rovnoběžky dvě (de facto sečné rovnoběžky). (U zmíněného příkla-



Příklad využití Scale factoru *u zobrazení UTM [Albrecht 2015]*

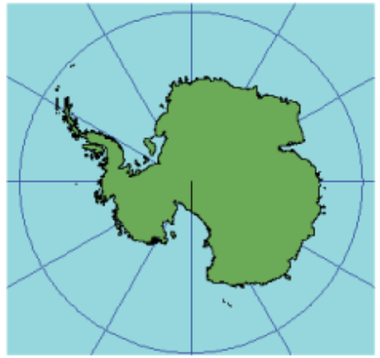
du budou nezkresleny linie ve vzdálenosti zhruba 1°). Cílem této operace je úprava průběhu zkreslení v zájmovém území.

False Easting a **False Northing** jsou konstanty, které se připočítávají ke všem hodnotám souřadnic. Jejich smyslem je zajistit, aby např. všechny souřadnice v zájmovém území měly kladné hodnoty. Na průběh zkreslení nebo podobu zeměpisné sítě v daném zobrazení nemají vliv. Například v ČR se u zobrazení UTM připočítává konstanta 500.

Další parametry jsou specifické pro konkrétní zobrazení.

Azimutální zobrazení

Mezi nabízenými azimutálními zobrazeními je např. **Postelovo zobrazení, Gnómonická projekce** nebo **Lambertovo plochojevné azimutální zobrazení**. Prakticky u všech lze nastavit souřadnice dotykového bodu (*Longitude of Center, Latitude*

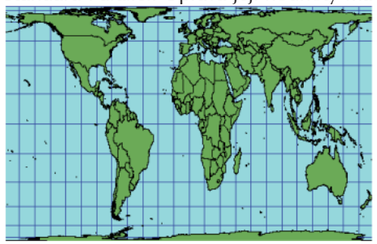


Azimutální gnómonická projekce v normální poloze [ESRI 2016]

of Center) a zobrazení tedy používat jak v normální či příčné, tak obecné poloze. Externí azimutální projekce *(Vertical Near Side Perspective)* nabízí také možnost nastavení vzdálenosti pohledu (*Heigh*; čím vyšší toto číslo je, tím více se vzhled mapy blíží ortografické projekci).

Válcová zobrazení

ArcGIS nabízí největší výběr válcových zobrazení v normální poloze (mj. **Mercatorovo, Behrmannovo** nebo **Gallovo**), obvyklým nastavitelným parametrem je *Standard Parallel*. Úprava její hodnoty má



Lambertovo válcové plochojevné zobrazení v normální poloze [ESRI 2016]

za následek zvětšení nebo zmenšení mapy (při nastaveném stejném měřítku), zároveň se mění průběh zkreslení (pokud ji např. u Mercatorova z. nastavíme na 80°s. š., mapa se výrazně zmenší a plošně nezkreslené budou plochy na 80°s. š.).

Příkladem dostupných válcových zobrazení v příčné poloze (vždy nastavujeme *Central meridian*) je např. již zmíněné **UTM, Cassini-Soldnerovo z.** nebo **Gauss-Krügerovo z.**

Jediným válcovým zobrazením v šikmé poloze je **Mercatorovo z. v šikmé poloze** *(Hotine Oblique Mercator)*, přičemž pootočení lze nastavit buď kombinací výchozího bodu a azimutu, nebo dvou bodů.

Kuželová zobrazení

U kuželových zobrazení v normální poloze (např. **Ptolemaivo z.** nebo **Lambertovo z.**) definujeme *Central Meridian* a jednu nebo dvě (v závislosti na typu zobrazení)



Albersovo kuželové plochojevné zobrazení v normální poloze [ESRI 2016]

nezkreslené rovnoběžky. Poměrně hodně specifických parametrů obsahuje **Křovákovo zobrazení** (kuželové v šikmé poloze).

Křovákovo zobrazení

Toto zobrazení je poměrně složité (což dosvědčuje i počet parametrů, které jej definují, a v rámci ArcGIS jsou často použity právě jen u tohoto zobrazení). Další komplikací je počátek souřadnic vpravo nahoře (standardně souřadnice začínají – a číselné hodnoty tedy rostou – od počátku souřadnic doprava a nahoru, u S-JTSK je tomu naopak). ArcGIS toto řeší umístě-



Bonneovo zobrazení [ESRI 2016]

ním souřadnic do třetího kvadrantu, takže osy X a Y jsou vyměněny a souřadnice mají záporná znaménka. To komplikuje práci s daty v různém software, protože např. Geomatica souřadnice chápe správně (tj. bez přehození os a záporných hodnot). V ArcGIS jsou (ve složce *National Grids*) uloženy čtyři varianty Křovákova zobrazení, v naprosté většině případů je správnou variantou *S-JTSK Krovak EastNorth*.

Další zobrazení

Možnosti nastavení parametrů složitých a nepravých zobrazení (např. **Goodova z., Aitoffova z**. nebo **Eckertových z.**) se liší případ od případu, většinou se však jedná jen o nastavení počátku souřadnic nebo konstanty souřadnicové sítě.

Transformace zobrazení

Pokud potřebujeme data v určitém souřadnicovém systému zobrazit v jiném zobrazení, existují v zásadě dvě možnosti: transformace zobrazení „za běhu“ (*On fly*) ve vlastnostech *Data frame*, nebo vytvoření nového souboru (*shapefile*, rastr) v novém souřadnicovém systému pomocí patřičné funkce (*Data management – Projections and transformations – Project raster, Project*). Každé řešení má své výhody a nevýhody.

Postup **za běhu** lze doporučit v případě, že používáme data s jedním nebo dvěma souřadnicovými systémy, a spíše než o složitější analýzy a postupy nám jde o jednorázové vytvoření mapy. Pokud plánujeme pracovat s daty s více souřadnicovými systémy, provádět složitější (prostorové) analýzy, nebo data v daném zobrazení opakovaně používat, je výhodnější použít některou z **funkcí** a vytvořit si nové soubory v požadovaném zobrazení.

Transformační rovnice

Při změně souřadnicového systému (například naměřená data ve WGS 1984 chceme zobrazit nad základní mapou v S-JTSK) dochází k přepočtu souřadnic pomocí transformačních rovnic. Pro konkrétní dvojici zobrazení může transformačních rovnic existovat více, přičemž jejich použití závisí na poloze zájmového území. Kompletní výčet rovnic včetně doporučení pro jejich užívání obsahuje dokument od ESRI (2012c). Pro obvyklou – výše zmíněnou – transformaci souřadnic mezi WGS 1984 a S-JTSK je na území České republiky třeba používat rovnici s koncovkou **_1**. Pokud transformační rovnice není zadána (jak při transformaci zobrazení za běhu, tak při využití funkce *Project*), může dojít ke špatnému přepočtu a vzniku polohové chyby v řádu až desítek metrů.

Mapové sítě

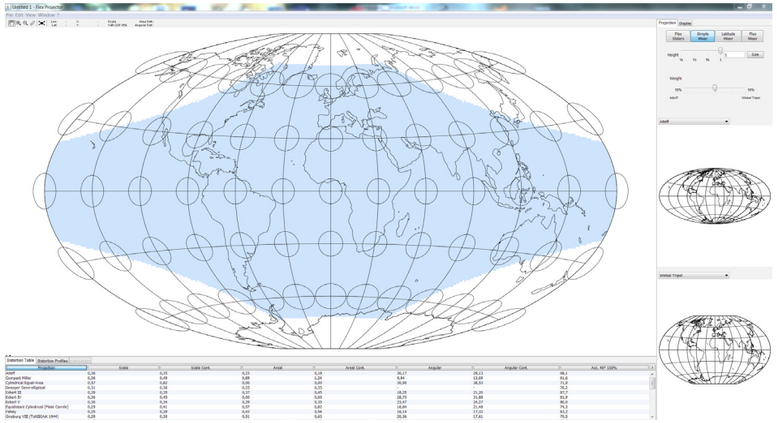
Mapa může obsahovat tři typy sítí: **zeměpisnou síť** (*Graticule*, tedy rovnoběžky a poledníky), **souřadnicovou síť** daného zobrazení (*Measured grid*, tedy vzdálenost – např. v metrech – od počátku souřadnic; příkladem jsou souřadnice v S-JTSK) a **indexovou síť** (*Reference grid*, sloužící pro vyhledávání v mapě; typickým příkladem je síť čtverců tvořená sloupci označenými čísly a řádků označenými písmeny v turistické mapě). Všechny lze buď zobrazit přes vlastnosti *Data frame (Grids – New grid)*, nebo vytvořit v podobě *shapefile* a používat jako standardní vrstvu (což umožňuje např. kartograficky správné umístění sítě pod bodové značky a mapové popisky). K vytvoření sítě v *shapefile* lze využít např. funkci *Create fishnet* (pokud chceme vytvořit síť zeměpisných

souřadnic, je třeba při použití této funkce pracovat bez kartografického zobrazení, tzn. např. v systému WGS 1984). Vzniklé linie mají jen dva „lomové“ body (počátek a konec), takže pokud zeměpisnou síť jako Shapefile vkládáme do mapy, používající kartografické zobrazení s nepřímkovým zobrazením poledníků a/nebo rovnoběžek, je třeba editací lomové body (v dostatečném množství) na linie přidat.

Hrátky se zobrazeními v dalších programech

Programů pro práci s kartografickými zobrazeními existuje samozřejmě celá řada. Jiný princip práce se zobrazeními nabízí např. FlexProjector (Jenny et al., 2008), který umožňuje modifikovat zobrazení vhodná pro celý svět, například pomocí práce s délkou (a velikostí změny délky) rovnoběžek a poledníků, grafickým průměrováním více zobrazení apod. (Jenny & Patterson, 2013). Jednoduše je tak možné vytvořit si vlastní zobrazení nebo modifikovat existující. Ve standardním rozhraní program ukazuje hranice států světa a zeměpisnou síť, zobrazit lze také izolinie zkreslení, elipsy zkreslení (Tissotovy indikatrix), nebo vyznačit oblast se zkreslením pod určitou limitní hodnotou. Program také dokáže do vytvořeného zobrazení transformovat data v několika rastrových i vektorových (mj. shapefile) formátech, a tím pádem s nimi následně pracovat v jiných programech, např. ArcGIS.

Jednoduché vykreslení ekvideformát či ortodrom a loxodrom s definovanými parametry v různých zobrazeních nabízí program Winkart (Bayer, 2005).



Rozhraní programu FlexProjector

Použitá literatura a zdroje

Albrecht, J. (2015). *GTECH361 Lectures: Referencing data to real locations – Concepts*. [www]

Bayer, T. (2005). WinKart, program pro práci s kartografickými zobrazeními. *Sborník 25. konference o Geometrii a počítačové grafice*, Plzeň, s. 36-39.

Buchar, P. (2007). *Matematická kartografie*. Nakladatelství ČVUT, Praha.

ESRI (2012a). *ArcGIS 10.1 projection engine tables: geographic and vertical coordinate systems, datums and vertical datums, spheroids, prime meridians, and angular units of measure*. [PDF]

ESRI (2012b). *ArcGIS 10.1 Projected Coordinate System Tables*. [PDF]

ESRI (2012c). *ArcGIS 10.1 Geographic and Vertical Transformation Tables*. [PDF]

ESRI (2016). *ArcMap Guide Books: Map projections*. [www]

Jenny, B., Patterson, T. & Hurni, L. (2008). Flex Projector–Interactive Software for Designing World Map Projections. *Cartographic Perspectives*, 59, 12-27.

Jenny, B. & Patterson, T. (2013). Blending world map projections with Flex Projector. *Cartography and Geographic Information Science*, 40(4), 289-296.



© Jan Miklín
2017
geo.janmiklin.cz
kfg.osu.cz