

Poprvé s GMT (Generic Mapping Tools)

<https://www.generic-mapping-tools.org/>

GMT je softwarový toolbox pro skriptovatelné **zobrazování 2D a 3D** dat především v **geografických projekcích**. K datům uživatele doplňuje **geografické databáze** s daty jako pobřeží, řeky a jezera, politické hranice, topografie ad. Tradiční podobu systému tvoří několik desítek samostatných modulů s řádkovým rozhraním, jejichž řetězením ve skriptech se vytváří obrázky ve vektorovém formátu **PostScript (PS)**, dále konvertovatelném do PDF nebo bitmapových formátů PNG, JPG, TIF ad. Doba přinesla i **aplikační rozhraní (API)**, díky kterému lze moduly GMT volat s daty programů v C a Fortranu a nad nímž vznikly i balíčky (wrappery) pro Python (**PyGMT**), Matlab a Julii. GMT je doma v **Linuxu**, dobře užitečné je ve **Windows** i jinde.

Moduly GMT jsou bohatě konfigurovatelné, což při jejich řádkovém rozhraní klade na uživatele spíše vyšší nároky. Aktuální verze 6 (od 2019) usiluje o usnadnění přípravy skriptů nabídkou **modern mode** se zjednodušenou syntaxí, zachovává však i **classic mode** se syntaxí předchozí verze. Verze 5 (od 2014) přinesla sjednocující loader **gmt** a zmíněné API. Verze 4, zahrnující pouze programy s řádkovým rozhraním, je dosud v užití tam, kde uživatelé nepřijali nekompatibilní syntaktické změny zavedené verzí 5. Volně dostupný autorský článek o verzi 6 v odkazech.

Dokumentace

Na serveru GMT i lokálně v instalačním stromu jsou bohaté webové stránky, zahrnující galerii, tutorial, cookbook i referenční dokumentaci jednotlivých modulů. Tu poskytují i samotné moduly, od stručné podoby (př. **gmt**, **psbasemap -**) přes obsažnější (**psbasemap +**) k plné (**psbasemap**); výpisy směřují na stderr, přeměřovat do souboru je lze pomocí **psbasemap 2> psbasemap.man**, stránkovat pomocí **psbasemap 2>&1 | less**. PDF dokumentace bývala u verze 5, už není. Pro bash je k dispozici command completion loaderu **gmt** (**source dir/gmt_completion.bash**).

První ukázka: hranice a řeky (pscoast)

Jedním ze sady GMT modulů je generátor pobřeží, řek a hranic, **pscoast** neboli **gmt pscoast** (loader GMT5+) neboli **gmt coast** (zkratka v modern mode GMT6). Povinnými volbami většiny modulů jsou **-R** pro vyznačení regionu, **-J** pro výběr projekce a **-B** pro anotace obrázku. Příjemnou zkratkou při značení regionu může být kód státu, např. **-RCZ,SK**, frekventovanou projekcí je Mercatorova s údajem o velikosti obrázku v cm, např. **-JM15c**, a anotace lze v classic mode volit minimalisticky explicitním uvedením jen kroku ve značení os, např. **-B1**, a v modern mode je volbu ponechat na defaultu **-B**. Modul **pscoast** dále potřebuje alespoň jednu z voleb pro výběr geodat: např. **-Na/red** pro všechny (all) hranice značené červeně, **-Ia/blue -Sblue** pro všechny řeky a vodní plochy značené modře, a volit můžeme i rozlišení těchto dat z pěti možností, **-Df** pro full (ubírat lze na **high**, **intermediate**, **low** a **crude**). Moduly zapisují PostScript na stdout, je tedy běžné jejich výstup přeměřovat znaménkem **>** do postscriptového souboru. Ten lze dále zobrazit či konvertovat leccíms, klasikou je GhostScript, který ostatně používá i místní konvertor **psconvert**. Jeho volbou je mj. **-T** pro výběr výstupního formátu: **eps**, **pdf**, **jpg**, **png**, **tif** ad., **-A** pro oříznutí na minimum, případně s okrajem 5 points: **-A -I+m5p**, a **-E** pro rozlišení v dpi, kde default pro bitmapy je **-E300**. Výsledné příkazy (classic mode):

```
gmt pscoast -RCZ,SK -JM15c -B1 -Na/red -Ia/blue -Sblue -Df > 1.ps
gmt psconvert 1.ps -Tg -A -I+m5p -E600
```

Modern mode vyžaduje příkazy obklopit párem **gmt begin** a **gmt end**, čímž se dosáhne automatického vytvoření požadovaného výstupního formátu (bez explicitního vytváření ps souboru a volání **psconvert**, včetně oříznutí), umožní to syntaktická zjednodušení voleb příkazů (např. holé **-B**) a přináší to další možnosti, např. pro vícepanelové obrázky. Předchozí příklad by mohl v modern mode vypadat následovně, včetně vytvoření více obrázků různých formátů a otevření prvního z nich v prohlížeči (klauzule **show**):

```
gmt begin 1 png, pdf, eps I+m5p, E600
gmt coast -RCZ,SK -JM15c -B1 -Na/red -Ia/blue -Sblue -Df
gmt end show
```

Ukázka 2: vytvoření a preprocessing vstupních dat, graf funkce (gmtmath, gmtconvert, psxy alias gmt plot)

GMT nabízí pro vytváření datových souborů svérázný (polská notace), ale mocný (~200 operátorů) nástroj **gmtmath**. Slouží jako kalkulačka pro rychlé (**-Q**quick) výpočty: **gmt math -Q 1 1 ADD** = pro 1+1, **gmt math -Q PI 2 MUL** = pro pi*2, **gmt math -Q 1e1 300 POW SQRT** = pro odmocninu z 1e300. Umí indexované cykly s „časovou“ proměnnou **T**: **gmt math -T0/2/0.01 T 2 POW** = 2.dat pro tabelování druhé mocniny do souboru 2.dat. Umí přepočítat sloupce v souboru: **gmt math -N2/0 2.dat SQRT** = pro ponechání prvního (psáno: nultého) sloupce bez úprav a přepočítání ostatních sloupců z celkových dvou.

Program **gmtconvert** pracuje se sloupci v souborech, např. sloučí horizontálně (vedle sebe) oba sloupce z jednoho souboru a druhý sloupec z druhého souboru:

```
gmt math -T0/2/0.01 T SQRT = pow2.dat
gmt math -T0/2/0.01 T 1 3 DIV POW = pow3.dat
gmt convert pow2.dat pow3.dat -A -o0,1,3 > pow.dat
```

Výsledný třísloupcový soubor pak můžeme vykreslit dvojicí příkazů **psxy** (classic mode) neboli **gmt plot** (modern mode). V classic mode je třeba sériové vytváření ps souboru vyznačovat v příkazech volbami **-K** (continue, potlačí ukončení ps souboru) a **-O** (overlay, potlačí inicializaci ps souboru). Povinné volby zde vyznačují meze na x- a y-ose (-R), kartézské souřadnice (-JX) a minimalistické anotace (-B1); při volání v druhém příkazu stačí pro zopakování týchž hodnot uvést jen holé -R -J -B. Volba **-i** říká, které jsou vstupní sloupce (počínaje 0). Volbou **psconvert -Z** se smaže ps originál.

```
gmt psxy pow.dat -R0/2/0/2 -JX10c -B1 -i0,1 -K > pow.ps
gmt psxy pow.dat -R -J -B -i0,2 -O >> pow.ps
gmt psconvert pow.ps -Tg -A -I+m5p -E300 -Z
```

Modern mode přináší úsporu vynecháním **-K** a **-O** a neopakováním holých **-R -J -B**. I volba **-Z** je zde nadbytečná.

```
gmt begin pow png I+m5p,E300
gmt plot pow.dat -R0/2/0/2 -JX10c -B1 -i0,1
gmt plot pow.dat -i0,2
gmt end show
```

Ukázka 3: barevná topografie a vrstevnice (basemap, grdimage, grdcontour, makecpt)

GMT6 přináší, kromě odedávna zabudovaných databází GSHHG s pobřežím a řekami a DCW s politickými hranicemi, novou možnost snadno odkazovat na další databáze na vzdáleném GMT serveru (**remote datasets**). Aktuálně jde např. o topografický model **SRTM**. Modulem **basemap** se nastaví region, projekce a anotace. Dále je vhodné připravit barevnou škálu (color palette table, CPT), obvykle modulem **makecpt** pro přeškálování některé z předdefinovaných škál, např. **earth**, **etopo1**, **geo**, **globe**, **world**, **turbo** aj. Volbou **-Tmin/max/inc** se nastaví meze a krok pro přeškálování, při vynechání kroku zůstane škála spojitá; ukázka níže uvádí i vytvoření krokované škály z definovaných barev při daných hodnotách. Modul **grdimage** odkazuje na model SRTM ke stažení z GMT serveru v jednom z nabídnutých rozlišení; stahují se jen data potřebná k pokrytí zvoleného regionu, pokud již nebyla stažena. Model je připraven jako tzv. **grid** v nativním formátu **NetCDF**, vhodném k přímé vizualizaci. Vrstevnice do obrázku přidá modul **grdcontour**, jejich krok určuje volba **-C**. Obrázek lze doplnit o hranice a řeky výše vyzkoušeným voláním modulu **coast**. Zde již jen v modern mode:

```
gmt begin CZ png I+m5p,E600
gmt basemap -RCZ,SK -JM15c -B
gmt makecpt -Cearth -T-1500/1500/50
# gmt makecpt -Cdarkgreen,yellow,brown,white -T0,300,1000,1600,3000
gmt grdimage @earth_relief_15s
gmt grdcontour @earth_relief_15s -C200
gmt coast -Na/1,red -Ia/0,blue -Sblue -Df
gmt end show
```

Jiným modelem topografie je **ETOPO1**, který na svém webu poskytuje i NetCDF grid, vhodný pro GMT. Jde o jeden soubor pokrývající celou Zemi sítí s krokem 1m, a je proto vhodné nejprve z něj vybrat potřebnou část pomocí modulu **grdcut**, případně ověřit úspěch dotazovacím modulem **grdinfo**. To bylo možné provést i pro **@earth_relief_***.

```
gmt grdcut ETOPO1.grd -GmyTopo.nc -RCZ,SK
gmt grdinfo myTopo.nc
```

Nyní bychom mohli zopakovat předchozí skript s náhradou odkazů **@earth_relief_15s** souborem **myTopo.nc**. Přidat lze i popis barevné škály s předepsaným krokem anotací: **gmt psscale -Bx500**. Podobným způsobem lze v projekcích zobrazovat i uživatelská data, transformovaná do NetCDF gridů užitím modulů **xyz2grd**, **sph2grd**, **triangulate** aj.

Odkazy

GMT6 paper P. Wessel et al. (2019), The Generic Mapping Tools Version 6, GGG 20, 5556-5564
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2019GC008515>

27. 1. 2022