

Staré mapy TEMAP - eLearning

Modul 4 Kartometrické analýzy

Ing. Markéta Potůčková, Ph.D., 2013
Přírodovědecká fakulta UK v Praze
Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Kartometrie a kartometrické vlastnosti map

▶ Kartometrie

- ▶ oblast kartografie zabývající se **měřením na mapách**

▶ Kartometrické vlastnosti map (Kovařík, 1956):

▶ Vlastnosti mapového obrazu

- ▶ kartografické zobrazení
- ▶ měřítko mapy

▶ Podrobnost (úplnost) mapového obrazu

- ▶ dána generalizací mapy

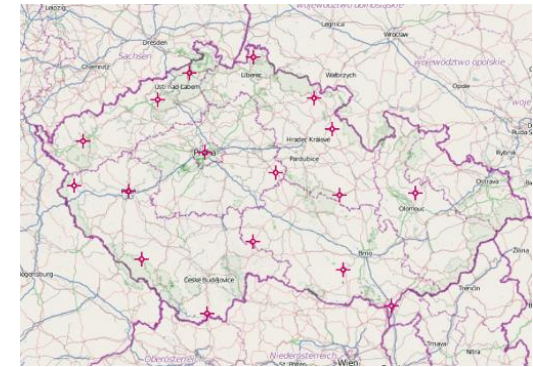
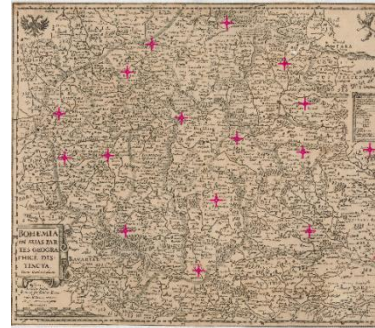
▶ Přesnost mapového obrazu

- ▶ závisí na generalizaci, náhodných a systematických chybách při tvorbě mapy a její reprodukci

Vymezení obsahu modulu „Kartometrické analýzy“

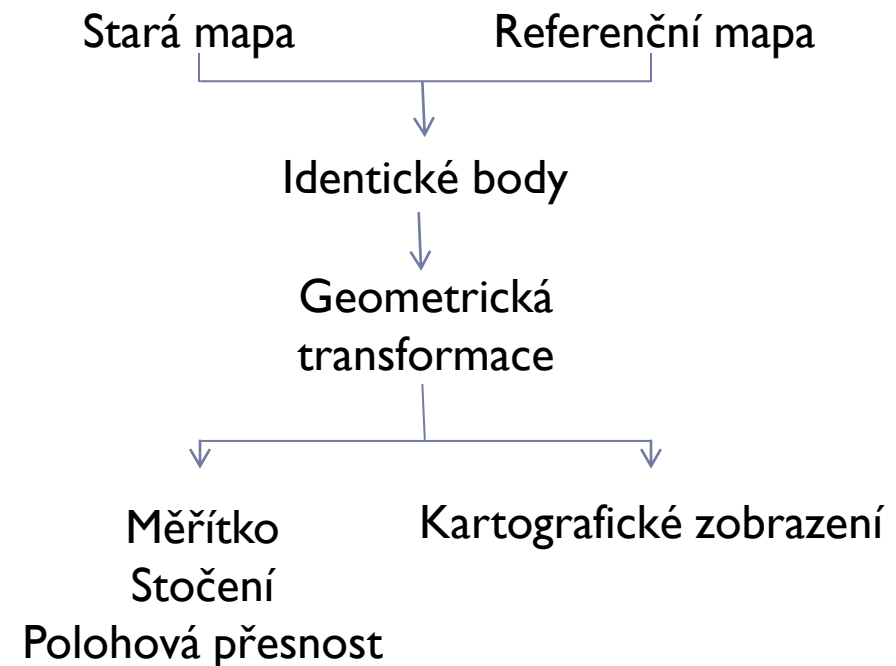
▶ Zjišťované kartometrické vlastnosti starých map

- ▶ měřítko a stočení mapy
- ▶ polohová přesnost mapového obsahu
- ▶ kartografické zobrazení



▶ Metodika

- ▶ porovnání sady identických bodů měřených v analyzované naskenované mapě a v referenční mapě známých kartometrických vlastností



Měřítko mapy

- ▶ Pro účel kartometrických analýz starých map se měřítkem mapy m rozumí poměr zmenšení nezkrácené délky v mapě vůči odpovídající délce ve skutečnosti a považuje se za konstantní pro celou plochu mapy, tj. vliv délkového zkreslení použitého zobrazení se neuvažuje
 - ▶ $m = l/M$, kde M je tzv. měřítkové číslo
- ▶ Způsob určení měřítka mapy
 - ▶ Porovnáním délek mezi identickými body v analyzované a referenční mapě
 - ▶ Podobnostní či afinní transformací

Určení měřítka porovnáním délek

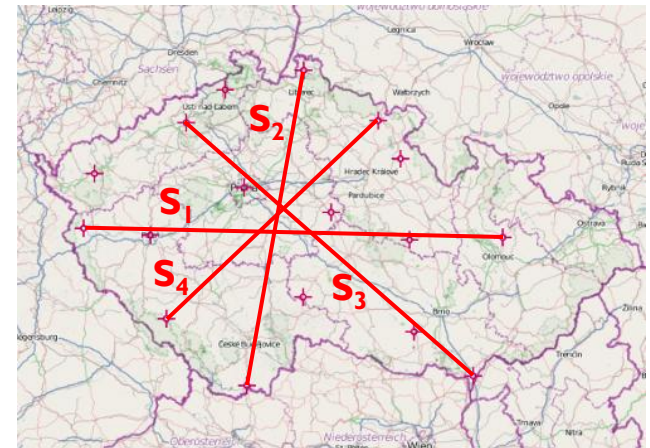
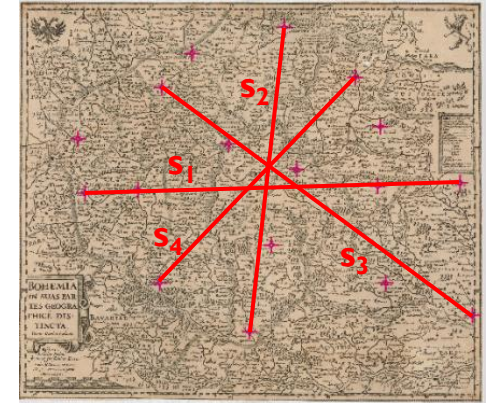
- ▶ V analyzované a referenční mapě se vybere n vhodných délek (vzdálenost mezi identickými body, úseky na polednicích či rovnoběžkách)
- ▶ Pro každou délku se vypočte hodnota měřítka

$$m_i = \frac{s_i}{S_i}$$

- ▶ s_i ... délka v analyzované mapě v m*
- ▶ S_i ... délka v referenční mapě v m

- ▶ Výsledné měřítko se určí jako aritmetický průměr

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}$$



* pro přepočítání z pixelů je třeba znát rozlišení rastru, např. pro 300 dpi $s_i = s_{\text{v_pixelech}} \times 0,0254/300$ [m]

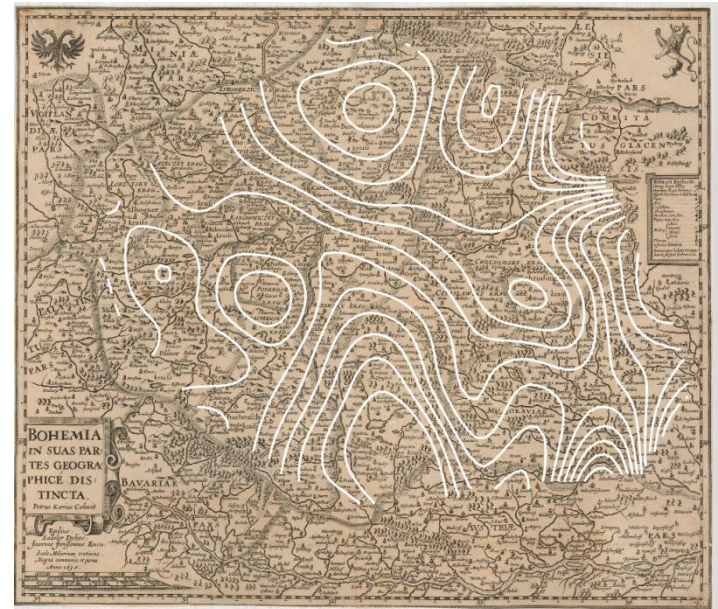
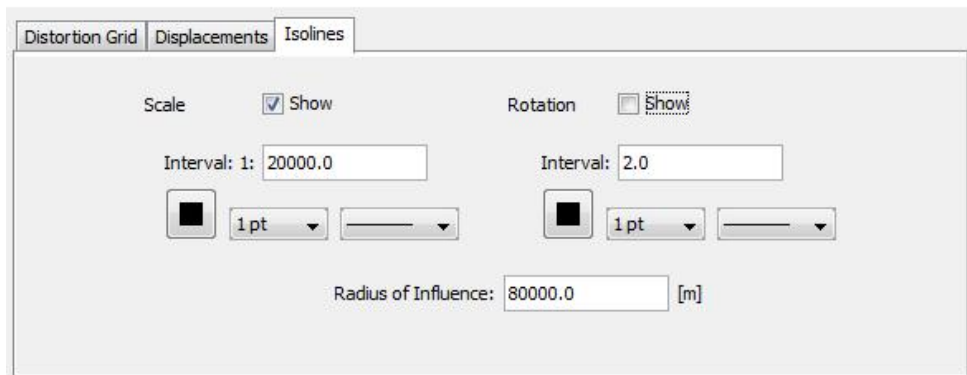
Určení měřítka s využitím transformace *

- ▶ Měřítka m , resp. měřítkové číslo M (v závislosti na směru transformace) je jedním z parametrů **podobnostní transformace** mezi analyzovanou a referenční mapou
- ▶ V případě **afinní transformace** se měřítka m_x a m_y , resp. měřítková čísla M_x a M_y ve směru osy x a y mohou lišit z důvodu chybného či nepřesného zákresu objektů zvolených jako identické body, srážky papíru výtisku staré mapy použitého pro skenování či geometrickým zkreslením skeneru
 - ▶ výsledné měřítka se určí jako aritmetický průměr obou měřítek $m = (m_x + m_y) / 2$

* Podrobněji o transformacích v části „Georeferencování“ tohoto kurzu

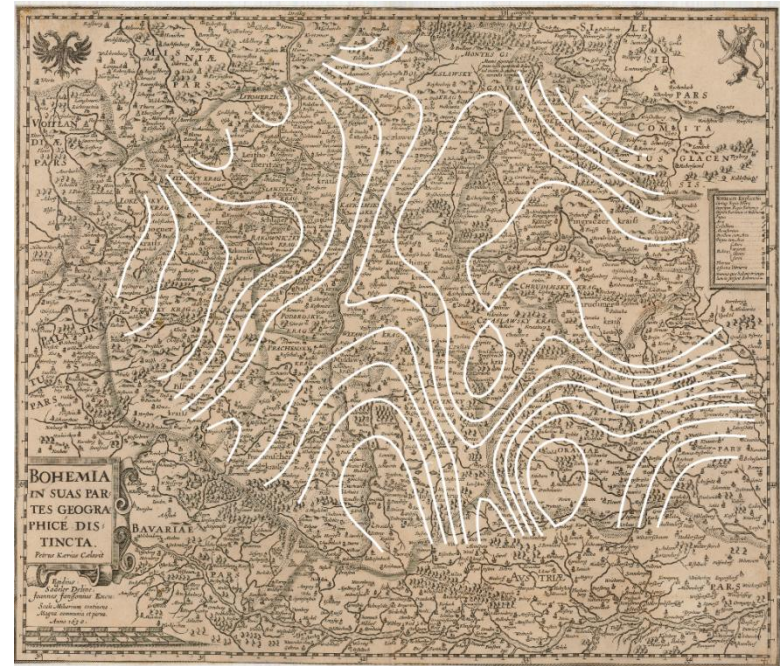
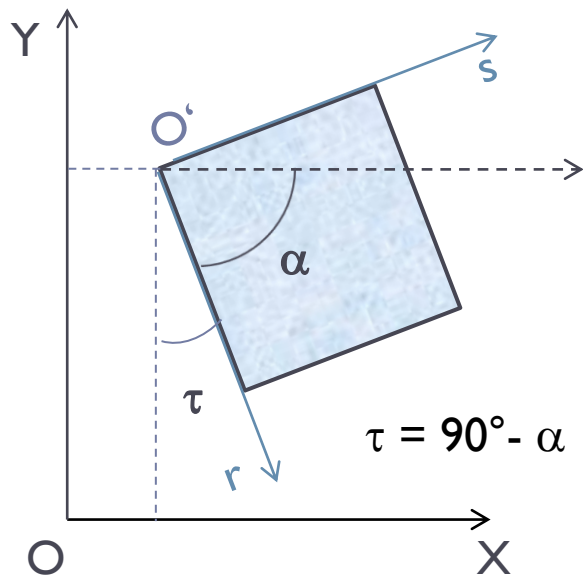
Lokální změny měřítka

- ▶ Hodnota měřítka není konstantní v celé ploše analyzované mapy z důvodu:
 - ▶ Chyb v zákresu prvků mapy
 - ▶ Délkového zkreslení
 - ▶ Srážky papíru
- ▶ Software MapAnalyst umožňuje
 - ▶ Výpočet lokálního měřítka využitím pouze podmnožiny identických bodů, která se nachází v uživatelem zvolené vzdálenosti od vybraného bodu
 - ▶ Vizualizaci izochar měřítka mapy



Stočení mapy

- ▶ Software pro kartometrické analýzy (MapAnalyst, detectproj) používá termín **stočení**, resp. **rotace** (označme τ) ve smyslu úhlu mezi svislou osou grafického souřadnicového systému analyzované mapy a svislou osou souřadnicového systému mapy referenční
- ▶ Určí se zpravidla podobnostní nebo afinní transformací (viz část „Georeferencování“ tohoto kurzu)
- ▶ Podobně jako v případě měřítka, software MapAnalyst umožňuje výpočet lokálního stočení využitím pouze podmnožiny identických bodů a jeho vizualizaci formou izočar



Polohová přesnost mapy

- ▶ Určuje se na základě velikosti a směru odchylek (vektorů oprav) na identických bodech po reziduální (nejčastěji afinní či podobnostní) transformaci
- ▶ **Získané výsledky závisí na rozložení a polohové přesnosti použitých identických bodů!**
- ▶ Pro hodnocení celkové přesnosti mapy lze použít statistické veličiny:
- ▶ **Střední polohová chyba**
- ▶ **Jednotková střední chyba**

$$RMSE_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{X}_i - X_i)^2}{n}}$$

$$RMSE_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2}{n}}$$

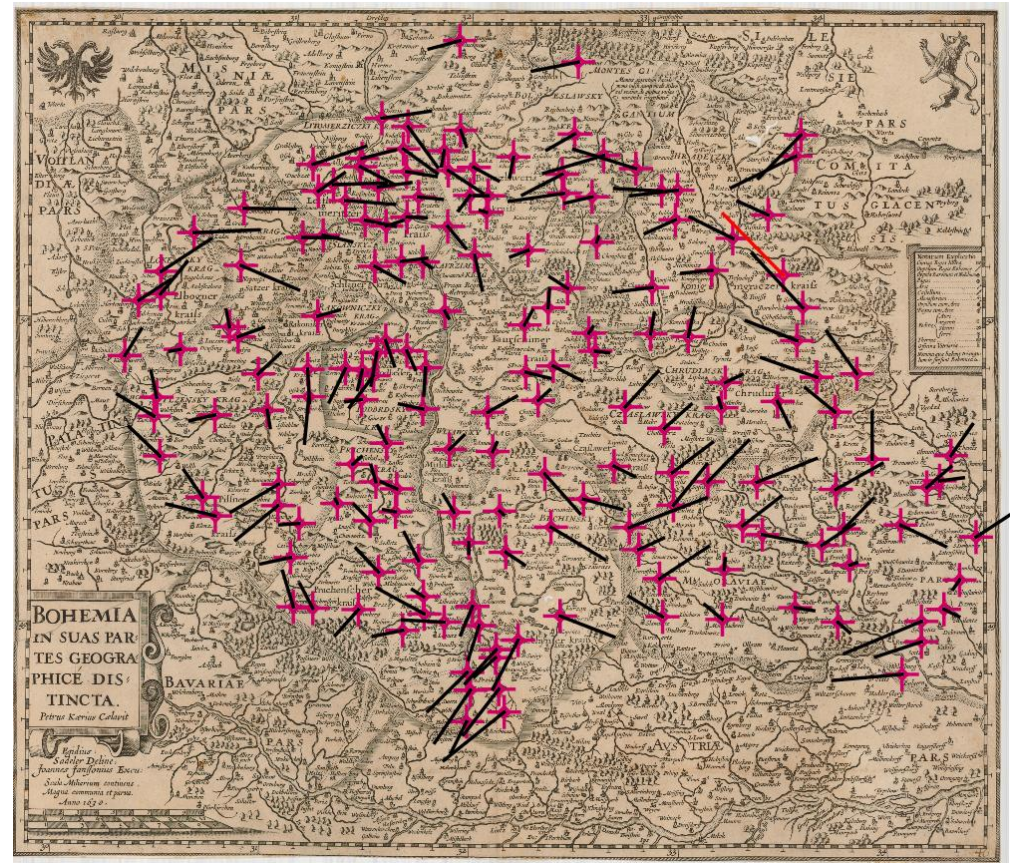
$$RMSE = \sqrt{RMSE_X^2 + RMSE_Y^2}$$

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{X}_i - X_i)^2 + (\hat{Y}_i - Y_i)^2}{2n - k}}$$

- ▶ n...počet identických bodů
- ▶ k...počet neznámých parametrů transformace (k=5 v případě 5ti prvkové afinní transformace)
- ▶ $\hat{}$...vyrovnaná hodnota souřadnice
- ▶ I ... původní (měřená) hodnota souřadnice

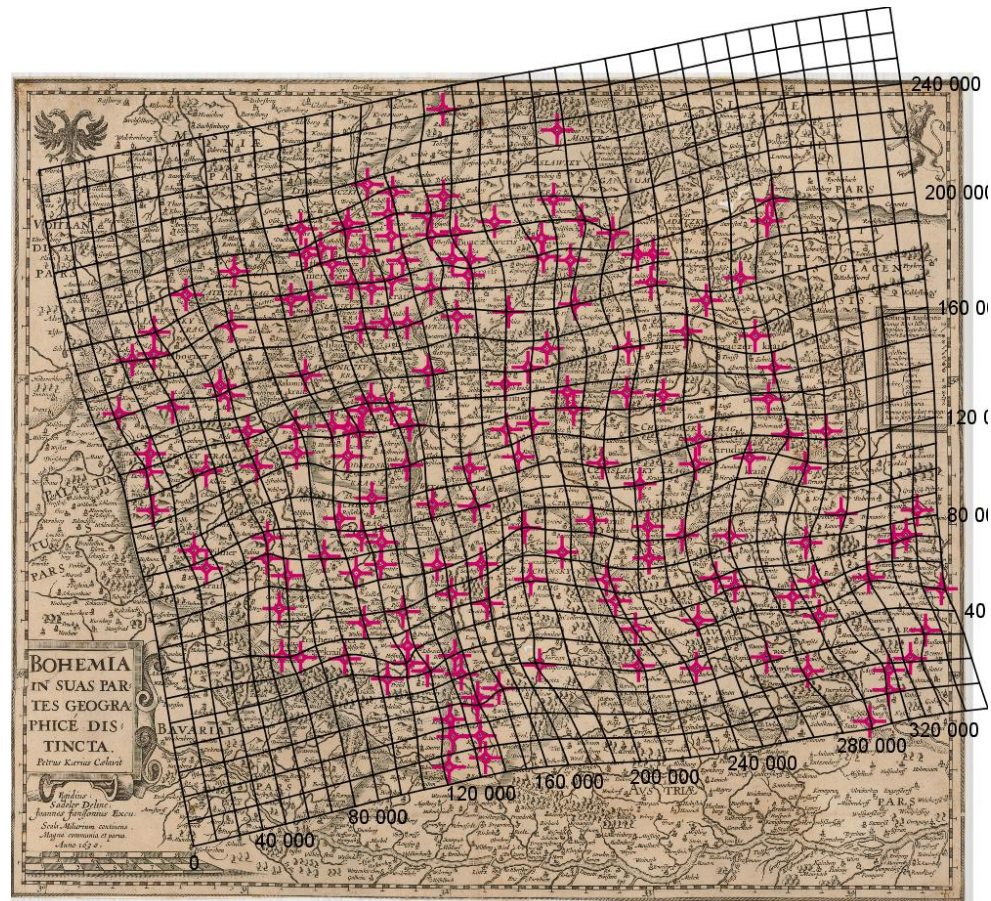
Polohová přesnost mapy

- ▶ Náhodný či systematický charakter polohových chyb lze vizuálně posoudit z grafického znázornění vektorů oprav na identických bodech.
- ▶ Software MapAnalyst umožňuje zvýraznění bodů s polohovou odchylkou větší než $3 \times \sigma_0$



Polohová přesnost mapy

- ▶ Lze také vizualizovat pomocí transformace čtvercové sítě z referenční mapy do mapy staré či naopak (v případě afinní transformace tvar výsledné sítě závisí na směru transformace!)
- ▶ Deformace sítě vyjadřuje lokální polohové chyby a stočení mapy

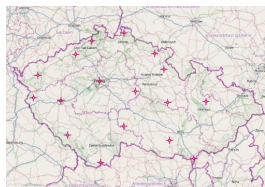


Detekce kartografického zobrazení mapy

- ▶ Je podstatná zejména pro georeferencování map větších územních celků
- ▶ Metodika založena na
 - ▶ porovnání sady identických bodů, linií či ploch v analyzované mapě a v testovaném kartografickém zobrazení
 - ▶ z testovaných zobrazení je jako nejvhodnější vybráno zobrazení vykazující největší shodu (např. nejmenší jednotkovou střední chybu) po podobnostní nebo afinní transformaci do grafického souřadnicového systému staré mapy

Detekce kartografického zobrazení mapy

Identické body – referenční mapa



Souřadnicový systém referenční mapy X, Y

Inverzní zobrazení na referenční plochu



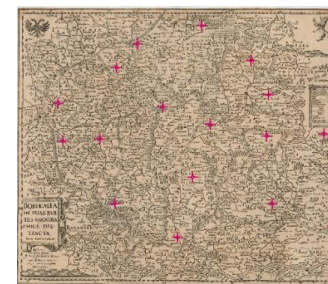
Geografické souřadnice φ, λ

Testované kartografické zobrazení



Rovinné souřadnice v testovaném kartografickém zobrazení X', Y'

Identické body – analyzovaná mapa



Podobnostní nebo afinní transformace



Grafické souřadnice v analyzované mapě r, s

Zhodnocení přesnosti výsledku

Volně dostupný software pro kartometrické analýzy

▶ detectproj

- ▶ Detekce kartografického zobrazení
- ▶ Určení měřítka a stočení mapy
- ▶ http://web.natur.cuni.cz/~bayertom/detectproj/det_sw.html

▶ MapAnalyst

- ▶ Určení polohové přesnosti, měřítka a stočení mapy
- ▶ Verze 1.4 obsahuje nástroje pro detekci kartografického zobrazení
- ▶ <http://mapanalyst.org/prerelease.html>

▶ Georeferencer

- ▶ Obsahuje nástroje software MapAnalyst (zatím bez detekce kartografického zobrazení)
- ▶ <http://www.georeferencer.org/>