

# Kartometrická analýza starých map – část 2

Seminář NeoCartoLink, Olomouc, 29. 11. 2012

Tato prezentace je spolufinancována  
Evropským sociálním fondem a státním  
rozpočtem ČR.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# KARTOMETRIE

---

- ▶ Dříve používané pomůcky a postupy:
  - ▶ **Pravítko**
  - ▶ **Kružítko**
  - ▶ **Úhloměr**
- ▶ **Metody výpočtu měřítka:**
  - ▶ Výpočtem ze slovního měřítka
  - ▶ Určením z grafického měřítka
  - ▶ Použitím nomogramu
  - ▶ Určením ze zákresu zeměpisné sítě
  - ▶ Určením podle kresby obsahu mapy

# DŘÍVE A DNES

---

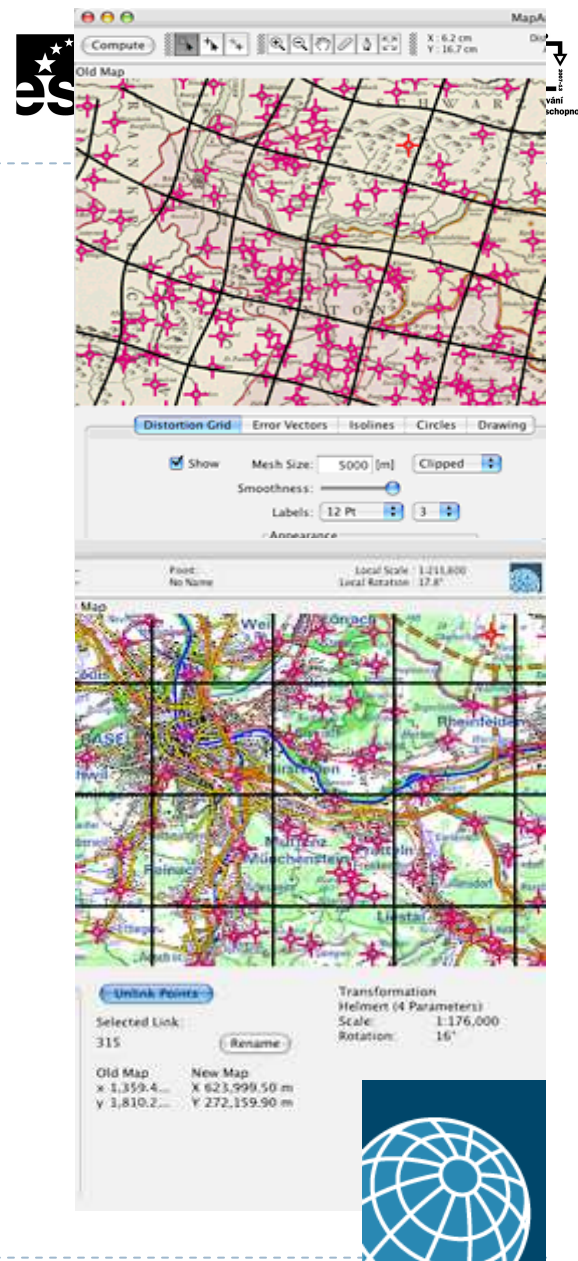
- ▶ A dnes?
  - ▶ **Výpočetní technika**
  - ▶ +
  - ▶ **Specializovaný software**
  - ▶ +
  - ▶ **Referenční data**
- ▶ **Vizualizace:**
  - ▶ lokálních měřítek a rotací
  - ▶ deformačních sítí,
  - ▶ vektoru posunu



# MapAnalyst

- ▶ Ústav kartografie ETH v Curychu
- ▶ Open-source Java aplikace
- ▶ vytvořena pro **analýzy přesností starých map**
- ▶ výpočty **lokálních měřítek a rotací** mapy
- ▶ tvorba **deformačních sítí, vektoru posunu**
- ▶ volně ke stažení na stránkách

<http://mapanalyst.cartography.ch>



# REFERENČNÍ DATA

---

- ▶ **Vhodná referenční data?**
- ▶ **Ideální stav?**
  - ▶ Nová dnešní mapa shodné oblasti, shodného měřítka, shodné podrobnosti
- ▶ Skeny topografických map
- ▶ Datové základny (databáze Macon), data společnosti ESRI
- ▶ **OpenStreetMap**

# OpenStreetMap



evropský  
sociální  
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



- ▶ Projekt zaměřený na vytváření **svobodných geografických dat** pod licencí Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0.
- ▶ Data sice nejsou vytvářena zcela precizním způsobem, ale jsou velmi dobře použitelná pro analýzy **map malého měřítka** i pro **přibližné analýzy map velkého měřítka**
- ▶ OpenStreetMap je přímo implementován do základního nastavení softwaru **MapAnalyst**



- ▶ Dnešní kartometrie využívá k hodnocení **planimetrických nepřesností** starých map **kvaziekvideformát**
  - ▶ **množiny bodů**, vyšetřených průběhů zeměpisné sítě poledníků a rovnoběžek podle polohy bodů v kresbě obsahu mapy (především zákresu sídel, pramenů a soutoků řek), vzhledem k zeměpisné síti na novodobých topografických nebo obecně geografických mapách.
- ▶ **(Pozn. Planimetrické nepřesnosti = polohové nepřesnosti, rozložení vzdáleností a směrů mezi identickými objekty na staré a referenční mapě.)**

# KVAZIEKVIDEFORMÁTY

- ▶ Jejich konstrukce vychází z **identických bodů**  
(tzv. párů srovnávacích bodů)
  - ▶ **Jednoznačně** identifikovatelných v dnešní referenční i ve staré mapě.
  - ▶ Nejčastěji volíme **sídla, soutoky řek**, prameny, hráze rybníků, hrady, zámky, kostely, kláštery, osady, mlýny, dvory, křižovatky cest, mosty, případně vrcholy vyvýšenin, propasti, jeskyně apod.
  - ▶ Optimálně by měly identické body **rovnoměrně pokrývat** zkoumané území

# CHYBY

- ▶ Při hodnocení se projevují dva druhy chyb (které od sebe nelze jednoznačně odlišit):
  - ▶ tvůrce mapy se mohl dopustit chyby při její tvorbě a
  - ▶ za druhé papír není trvalý materiál a může tedy podléhat
- ▶ jistým vlivům. Důsledkem bývá srážka či pokřivení geometrie mapy.



# TRANSFORMACE

---

- ▶ Prováděny **nad sadami** srovnávacích bodů -> **nad jejich souřadnými systémy**
- ▶ Transformace vedou k jejich souladu!
- ▶ To představuje transformaci **jedné sady do druhé**,
  - ▶ posunem počátku souřadného systému,
  - ▶ rotací
  - ▶ a změnou měřítka jedné sady tak, aby rozdílnosti obou sad byly minimalizovány pomocí metody nejmenších čtverců (MNČ).

# TRANSFORMACE

---

- ▶ Typ transformace i její směr ovlivní polohové nepřesnosti prvků mapy. Program
- ▶ MapAnalyst nabízí k výpočtům Helmertovu, afinní pětivrzkovou, afinní
- ▶ šestivrzkovou a Helmertovu robustní transformaci. Helmertova robustní
- ▶ transformace nebyla při vytváření diplomové práce využita, proto budou podrobněji
- ▶ popsány pouze první tři typy transformace.

# TRANSFORMACE

---

- ▶ Typ transformace i její směr ovlivňuje polohové nepřesnosti prvků mapy
- ▶ **Transformace v prostředí MapAnalyst:**
- ▶ **Helmertova transformace**
- ▶ **Afinní pětiprvková transformace**
- ▶ **Afinní šestiprvková transformace**
- ▶ **Robustní Helmertova**

# HELMERTOVA (4- prvková) TRANSFORMACE



INVESTICE DO ROZVOJE VZDELÁVÁNÍ

- ▶ **Konformní podobnostní** transformace s nadbytečným počtem identických bodů.
- ▶ Podobnostní transformace bodů se provede pomocí **posunu počátku souřadnicové soustavy, jednoho pootočení a jedné změny měřítka.**
- ▶ K řešení transformace podobnostní je třeba minimálně 2 identických bodů.
- ▶ Jestliže je zadán větší počet identických bodů, úloha se řeší vyrovnáním metodou MNČ (metodou nejmenších čtverců)

# HELMERTOVA (4- prvková) TRANSFORMACE

- ▶ Helmertovu transformaci lze vyjádřit pomocí transformačních rovnic:

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} = q \cdot \mathbf{R} \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \end{pmatrix}$$

- ▶  $X_i, Y_i$  souřadnice ve výstupní soustavě,
  - ▶  $x_i, y_i$  jsou souřadnice ve vstupní soustavě,
  - ▶  $q$  je skalární změna měřítka (délkový modul),
  - ▶  $T_X, T_Y$  posun počátku výstupní soustavy proti vstupní soustavě a
  - ▶  $R$  je matice rotace.
- ▶ Pro matici rotace platí vztah:
    - ▶ Kde  $\omega$  je úhel pootočení souřadnicových os.

$$R = \begin{pmatrix} \cos \omega & -\sin \omega \\ \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix}$$

# AFINNÍ PĚTIPRVKOVÁ TRANSFORMACE



Evropský  
sociální  
fond  
ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



- ▶ Transformace se provede pomocí
  - ▶ posunu počátku souřadnicové soustavy, jednoho pootočení os mezi původním a novým systémem a **dvou změn měřítka** (ve směru os).
- ▶ K řešení afinní pětiprvkové transformace je třeba **3 identických bodů**.
- ▶ Při zadání vyššího počtu identických bodů se úloha řeší MNČ

## ▶ Transformačních rovnice:

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} = q \cdot \mathbf{R} \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \end{pmatrix}$$

- ▶ **Změna měřítka:**  $q = (q_x, q_y)$
- ▶  $q_x, q_y$  jsou změny měřítka ve směru os

## ▶ Matice rotace:

$$R = \begin{pmatrix} \cos \omega & -\sin \omega \\ \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix}$$

- ▶ Kde  $\omega$  je úhel pootočení souřadnicových os

# AFINNÍ ŠESTIPRVKOVÁ TRANSFORMACE



evropský  
sociální  
fond



EVROPSKÁ UNIE  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- ▶ Transformace se provede pomocí:
  - ▶ **Dvou pootočení os** mezi původním a novým systémem
  - ▶ a **dvou změn měřítka** (ve směru os).
  - ▶ K řešení afinní šestiprvkové transformace je třeba **3 identických bodů**. Při zadání vyššího počtu identických bodů se úloha řeší vyrovnáním.

## ▶ Transformačních rovnice:

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} = q \cdot \mathbf{R} \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \end{pmatrix}$$

- ▶ Změna měřítka:  $q = (q_x, q_y)$
- ▶  $q_x, q_y$  jsou změny měřítka ve směru os

## ▶ Matice rotace:

$$R = \begin{pmatrix} \cos \omega & -\sin \gamma \\ \sin \omega & \cos \gamma \end{pmatrix}$$

## ▶ **Metody vizualizace planimetrických nepřesností mapy:**

- ▶ **Distorzní mřížka (=deformační síť),**
- ▶ Vektorů posunů,
- ▶ **Izolinií měřítka a**
- ▶ Izolinií rotace mapy.

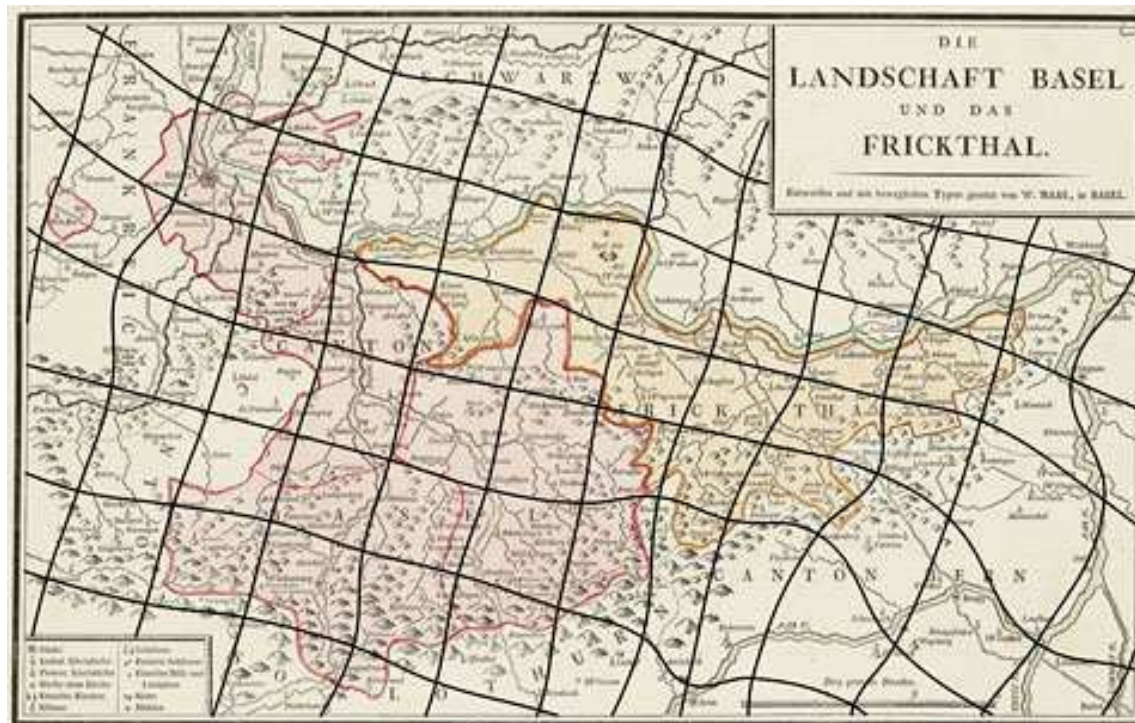
(pozn.: dají se využít i jiné nástroje a způsoby. např. využití GIS? )



# Deformační síť

- ▶ způsob **zobrazení polohové nepřesnosti** zkoumané mapy,
- ▶ který lze vyhotovit i **ručně**
  - ▶ Pak jsou ale průběhy hran jednotlivých buněk založeny spíše na subjektivním dojmu, než na přesném výpočtu.
- ▶ srozumitelně ukazuje, jak je mapa stočena o proti referenční mapě
  - ▶ (kdyby zkoumaná mapa nenesla žádnou planimetrickou chybu tvořila by deformační síť pravidelnou čtvercovou síť).
- ▶ Program MapAnalyst umožňuje nastavit pro distorzní mřížku interval rozestupu rovnoběžek čtvercové sítě, tloušťku a styl čáry rovnoběžek čtvercové sítě, velikost a hustotu popisu čtvercové sítě.

# Deformační síť



- ▶ Pootočená, stlačená nebo zvětšená část deformační sítě znázorňuje lokální deformaci a rotaci staré mapy.

# Vektory posunu

---

- ▶ Vektor posunu:
  - ▶ znázorňuje **polohovou přesnost každého identického bodu** na mapě.
  - ▶ spojuje místo bodu **před transformací** s jeho umístěním **obrazem po transformaci**.
  - ▶ Vektor má počátek v místě, ve kterém se nachází na zkoumané mapě, a končí v místě, na kterém by se bod nacházel, kdyby zkoumaná mapa byla shodná s mapou referenční.

# Vektory posunu



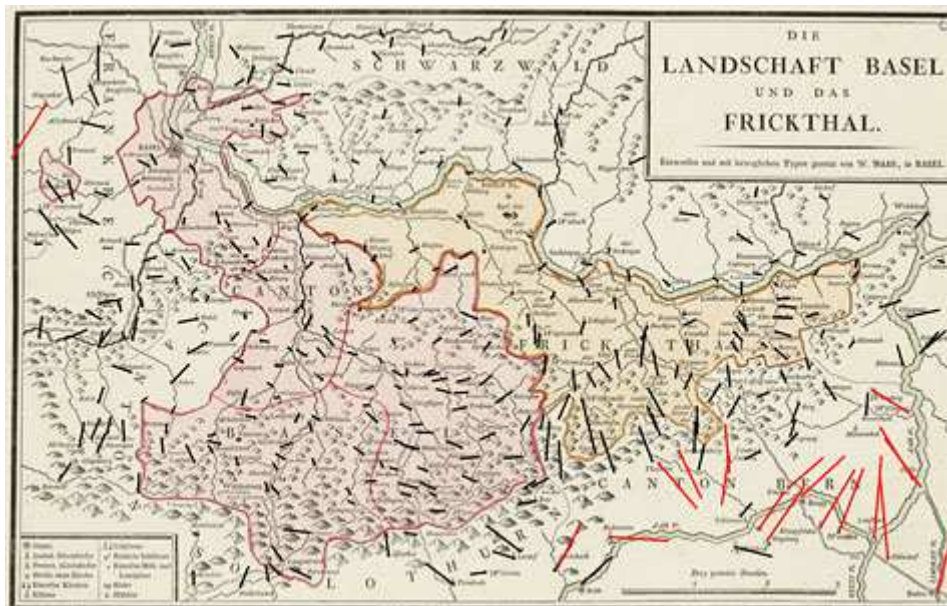
evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

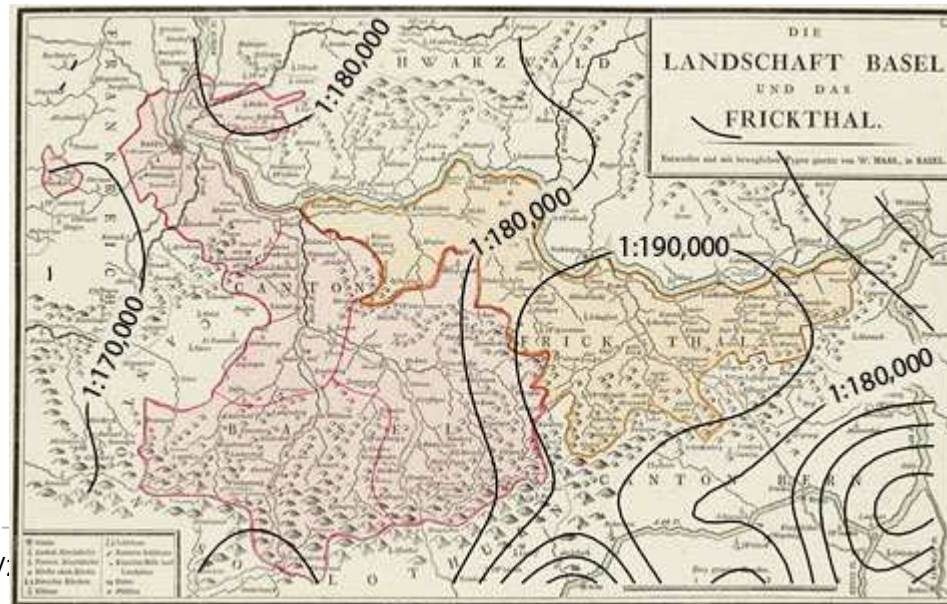


- ▶ Čím je tedy **vektor delší**, tím je poloha bodu na zkoumané mapě **nepřesnější**.
- ▶ Zvláště dlouhé vektory lze **snadno identifikovat** a zkontrolovat, zda se nejedná o **hrubé chyby** v identifikaci pozice bodů v mapě



# IZOLINIE MĚŘÍTKA A ROTACE

- ▶ Nové metody vizualizací planimetrických nepřesností starých map
- ▶ linie, spojující místa se **stejnými hodnotami měřítka** nebo **rotace mapy**.
- ▶ Podkladový algoritmus používá dvě neviditelné rastrové sítě, které si udržují pravidelně rozložené měřítkové a rotační hodnoty.



# IZOLINIE MĚŘÍTKA A ROTACE

- ▶ K výsledným hodnotám se lze dopracovat pomocí tří kroků:
  - ▶ nejprve se vytvoří dvě rastrové sítě, které nesou hodnoty průměrného měřítka a průměrné rotace,
  - ▶ poté se vypočítají měřítkové a rotační hodnoty pro každou buňku
  - ▶ a nakonec se za použití algoritmu vytvářejícího obrysovou linii získají výsledné izolinie rastrové sítě.
- ▶ Výpočty probíhají na základě **zvolené transformace a metody nejmenších čtverců (MNČ)**.
- ▶ Tvary izolinií závisí na určení velikosti poloměru kruhu, který vymezuje maximální vzdálenost bodů, které mají vliv na výslednou hodnotu výpočtu v bodě.

# Základní statistika

---

- ▶ Po provedení transformace získáváme (nejen vizualizaci) i numerické zhodnocení planimetrické přesnosti mapy:
  - ▶ Průměrné měřítko mapy
  - ▶ Průměrná rotace mapy
  - ▶ Směrodatnou odchylku
  - ▶ I střední hodnotu polohové chyby

# JE KARTOMETRIE MRTVÁ VĚDA?



evropský  
sociální  
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



- ▶ **Kartometrická analýza starých map českých zemí: mapa Čech a mapa Moravy od p. Kaeria. (2007)**
- ▶ **Vizualizace kartometrických charakteristik našich nejstarších map v software MapAnalyst (2008)**
- ▶ **Kartometrická analýza historické Aretinovy mapy čech (2009)**
- ▶ **Kartometrická analýza portolánového atlasu jauma oliveese (2010)**
- ▶ **Kartometrická analýza vogtovy mapy (2010)**
- ▶ **Kartometrická analýza brněnského portolánu (2012)**



## Reference:

- ▶ JENNY, Bernhard. *MapAnalyst* [online]. Bern, 2012 [cit. 2012-10-09]. Dostupné z: <http://mapanalyst.org/index.html>
- ▶ *VIZUALIZACE KARTOMETRICKÝCH CHARAKTERISTIK NAŠICH NEJSTARŠÍCH MAP V SOFTWARE MAPANALYST*. Praha, 2009. Dostupné z: [http://maps.fsv.cvut.cz/gacr/student/2008\\_Bc\\_Vejrova.pdf](http://maps.fsv.cvut.cz/gacr/student/2008_Bc_Vejrova.pdf). Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.
- ▶ *KARTOMETRICKÁ ANALÝZA PORTOLÁNOVÉHO ATLASU JAUMA OLIVESE 1563*. Olomouc, 2010. Dostupné z: [http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/novosado va10/download/text\\_prace.pdf](http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/novosado va10/download/text_prace.pdf). Bakalářská práce. UPOL, KGI. Vedoucí práce prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.