Detekce kartografického zobrazení starých map

Tomáš Bayer | bayertom@natur.cuni.cz

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie. Přírodovědecká fakulta UK.

Obsah prezentace

1. Úvod
2. Detekce kartografického zobrazení a jeho použití
3. Navrhovaná metoda detekce
4. Výsledky

1. Úvod

Mapy jsou významnou součástí historie, patří ke kulturnímu dědictví.

Můžeme je zkoumat z několika hledisek:

- historické (historické prameny),
- geografické (vývoj území),
- kartografické (kartometrická, semiotická analýza,...).

On-line zpřístupnění **digitalizovaných sbírek** $\Rightarrow$ předmět zájmu laické/odborné veřejnosti.

Kromě prohlížení i analýzy.

Nové techniky **kartografického výzkumu:**

- umožňují analyzovat a rekonstruovat geometrické parametry map: přesnost, měřítko jako funkce polohy, zkreslení,
- syntetizují poznatky řady vědeckých oborů: výpočetní geometrie, matematická kartografie, robustní statistika, informatika.

2. Geometrická a obsahová složka mapy

Stará mapa je také mapou:

"...zjednodušený, zevšeobecněný, konvencionální obraz zemského povrchu."

Obsahová vs. geometrická složka.

Při práci s obsahem staré mapy nelze zanedbat její geometrické charakteristiky.

V opačném případě získané údaje zatíženy chybami.
Aproximace tečnou rovinou pouze a malých území (TM).

Souřadnicový systém staré mapy je heterogenní vzhledem ke globálnímu (S-JTSK/UTM).

Mezi oběma systémy $\nexists$ univerzální transformace.
Nutná znalost kartografického zobrazení staré mapy.

3. Detekce kartografického zobrazení

Charakteristika:

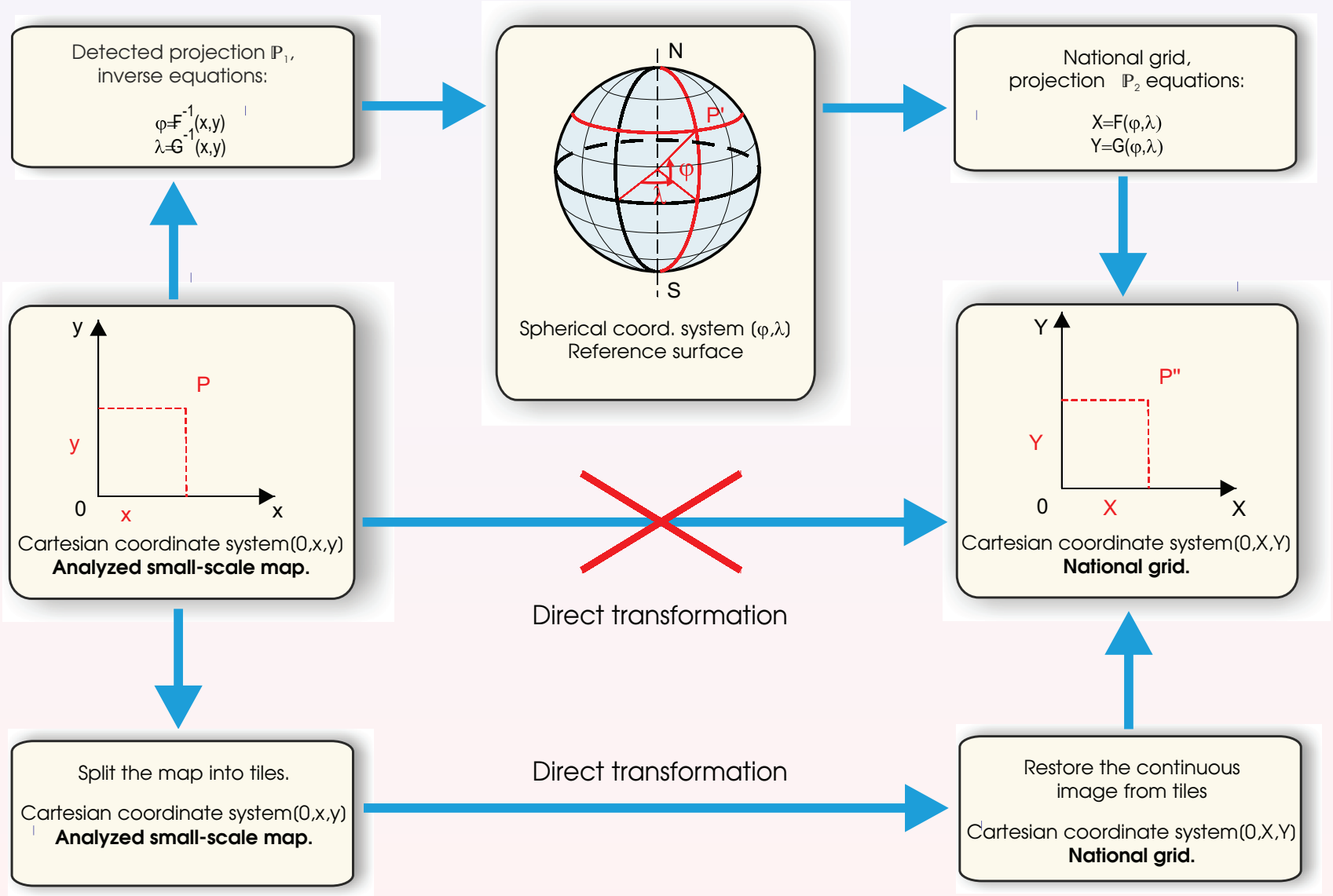
- Nový typ semi-automatizované kartometrické analýzy (doposud pouze vizuální odhad).
- Cílem určení nejpravděpodobnějších hodnot parametrů kartografického zobrazení.
- Potlačení vlivu nevhodně zakreslených prvků na odhadnuté hodnoty.

Použití:

- Zpřesnění georeference u map malých a středních měřítek.
- Součást kartografických metadat Marc 21 (Subfield 034: Coded Cartographic Mathematical Data).

4. Africa, Concinnata Secundum Observationes, Guillaume de l'Isle (1770).

5. Georeference starých map malého měřítka

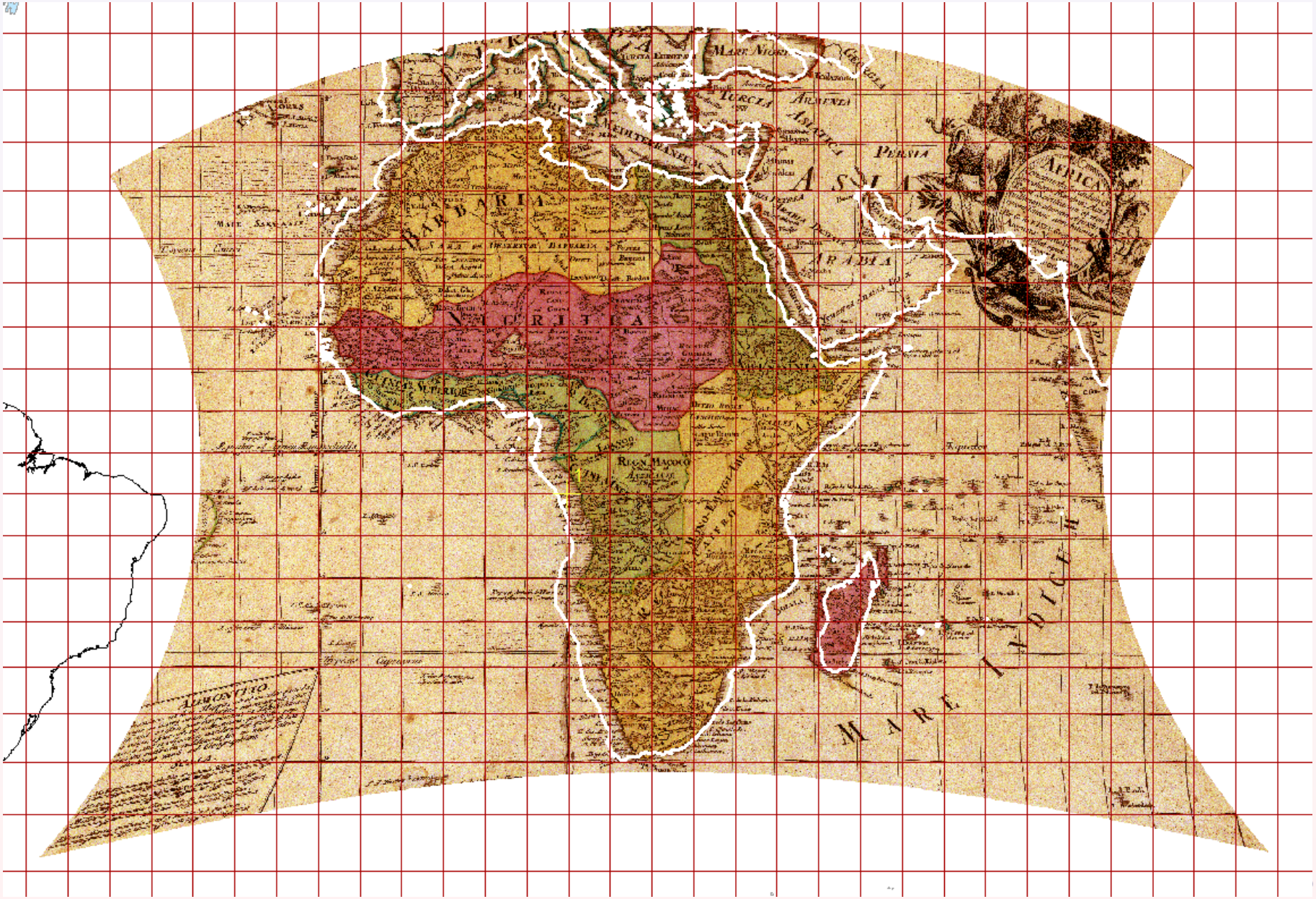


6. Georeference, podobnostní transformace

7. Georeference, projektivní transformace

8. Georeference, spline transformace

9. Georeference, detekce zobrazení



10. Charakteristika řešení

Konceptuálně zajímavý, avšak obtížný problém.

Mnoho, často protichůdných, požadavků na řešení, nezávislost na:

- typu mapy, měřítku, velikosti, typu kartografického zobrazení, území.

Problém je vhodné zjednodušit:

- *Zanedbání vlivu elipsoidu, úloha řešena na kouli.*
  Rozdíly v poloze mezi oběma plochami pod grafickou přesností.
- *Vynechání některých řídce používaných zobrazení:*
  V praxi používáno 20-30 zobrazení (existuje ji cca 200).
  Pro detekci cca 80.

11. Koncepce, symbologie

Problém řešen nepřímo, podobnost zobrazení vyjádřena jako podobnost konstrukčních či obsahových prvků mapy.

Nutnost návrhu metriky posuzující podobnost map: location similarity x shape similarity.

Multidisciplinární téma, kombinace výpočetní geometrie, numerické matematiky, robustní statistiky.

Symbologie:

$\mathbb{P}$ určované zobrazení.

$P = \{P_1, ..., P_n\} \subset \mathbb{R}^2, (1 \leq n \leq \infty)$ prvky v analyzované mapě.

$Q = \{Q_1, ..., Q_n\} \subset \mathbb{R}^2, (1 \leq n \leq \infty)$ korespondující prvky na sféře

$P_i \Leftrightarrow Q_i$.

12. Faktory ovlivňující detekci (1/2)

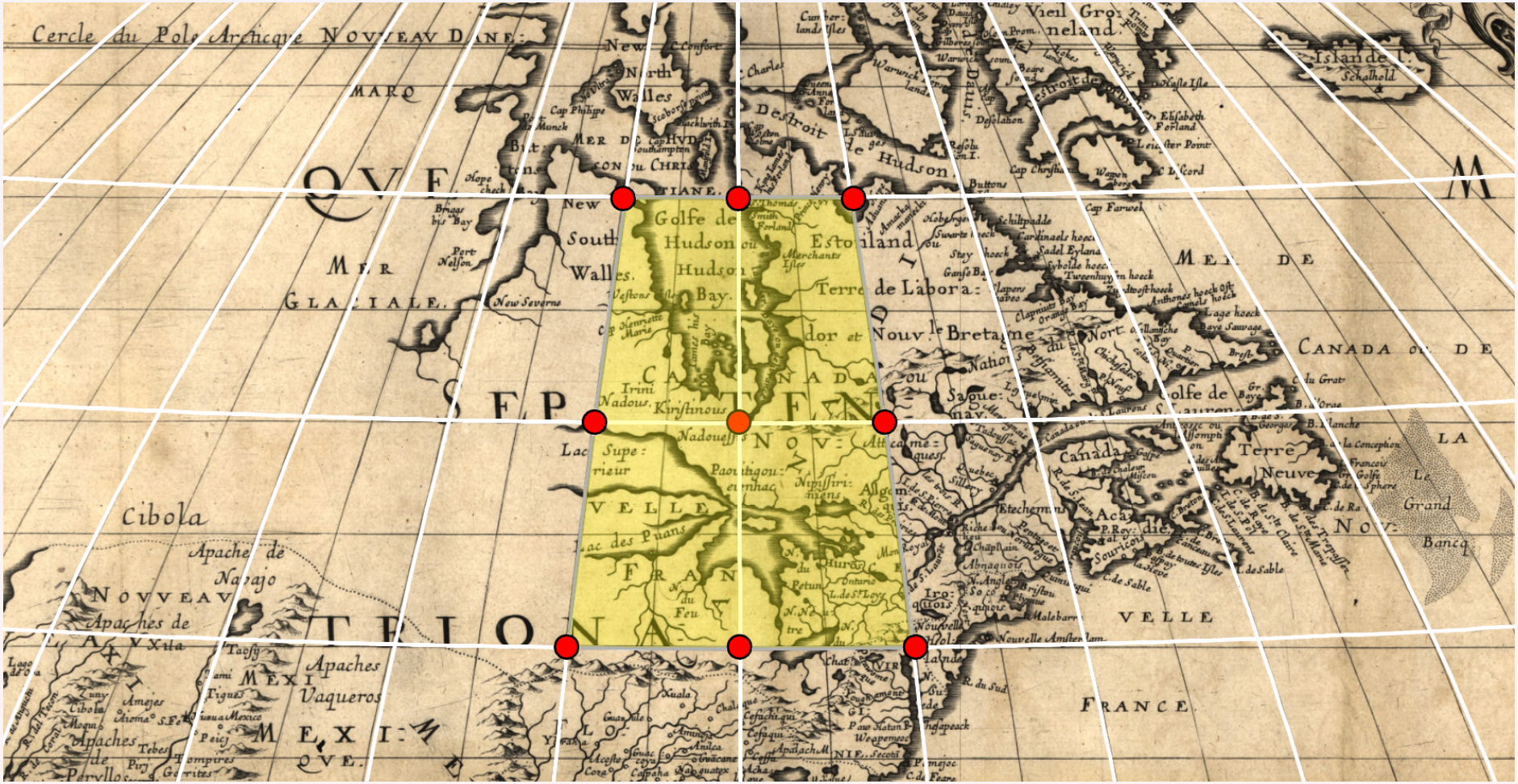
Nejvýznamnější faktory ovlivňující efektivitu detekce:

- *Prostorové rozložení prvků*
  Přibližně stejná hustota analyzovaných prvků (portolánové mapy!).
  Vhodné rozložení prvků v analyzované mapě: >3 na poledníku, rovnoběžce, symetrie.
  Odhadnuté parametry validní pouze uvnitř $\mathcal{H}(P)$.
  Pozor na clustery, úzké a protáhlé množiny.

- *Chyby a jejich rozložení*
  Důležitá distribuce chyb, jedno z řešení vychází z nelineární MNČ.
  Mapy do 17. stol: absence geometrických a prostorových základů $\Rightarrow$ nelze zajistit.
  Dle autorovy analýzy: 20-30 procent prvků nekorektně.

13. Nedostatečné množství prvků na poledníku/rovnoběžce

14. Rekonstrukce parametrů zobrazení a extrapolace

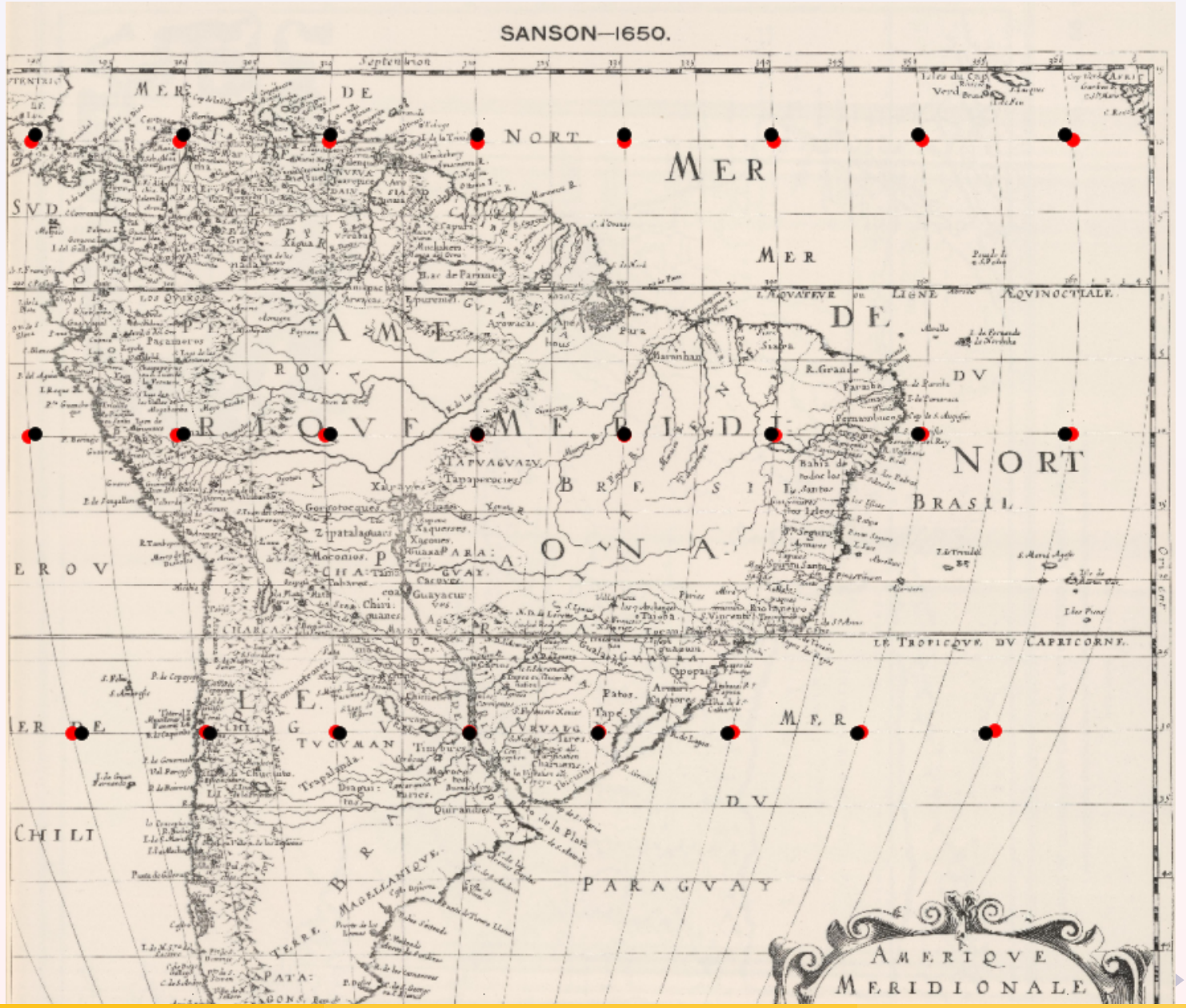


15. Nesymetrické rozložení analyzovaných prvků

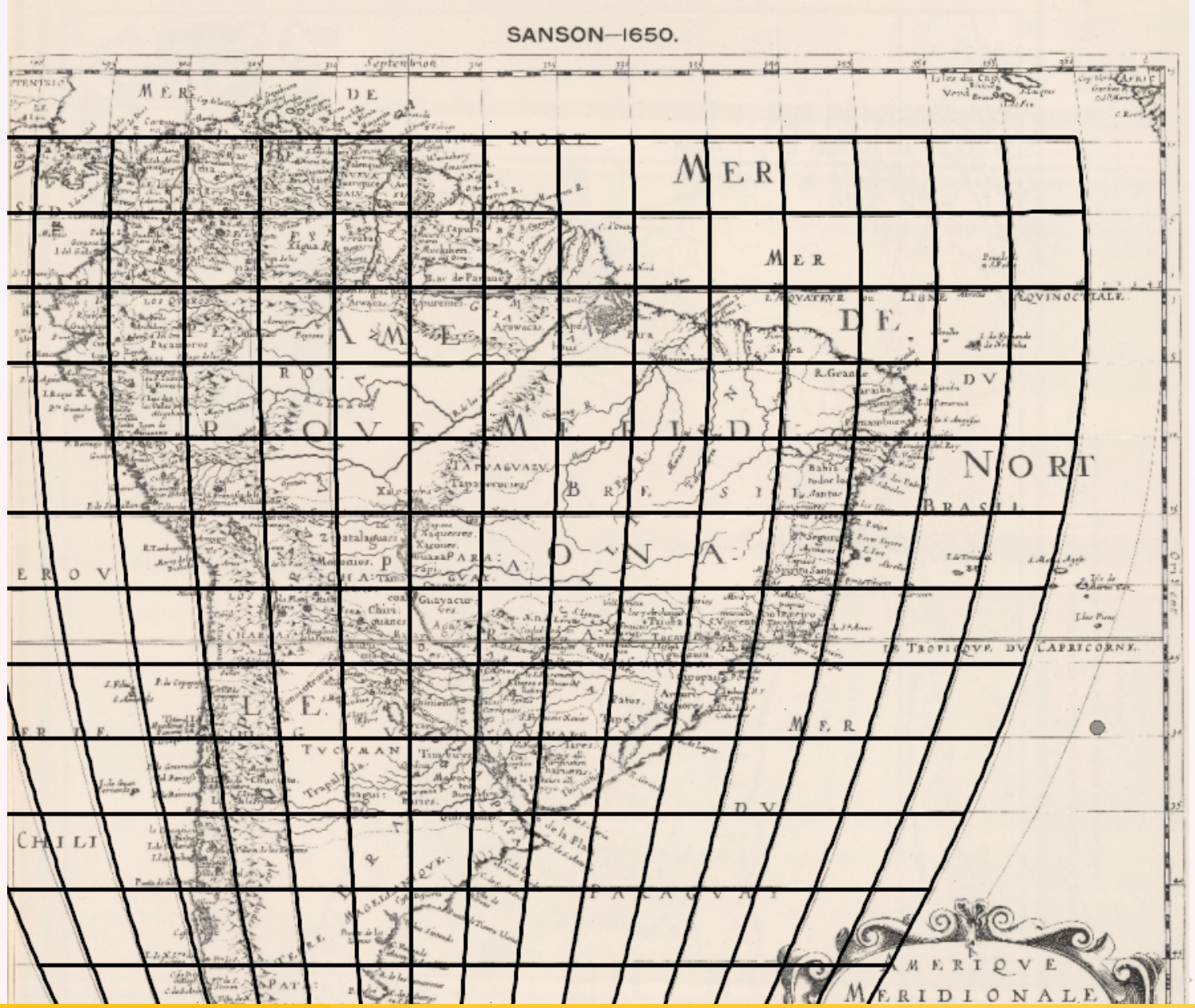
16. Faktory ovlivňující detekci (2/2)

- *Kartografické zobrazení*
  Pro některá kartografická zobrazení a parametry je problém konvexní, ve většině případů však nekonvexní.
  Některé typy zobrazení lze detekovat snadněji (specifický tvar geografické sítě).
- *Kartografické techniky*
  Některé kartografické techniky mají silná vliv na geometrii mapy: generalizace (tematické vs. topografické mapy).
- *Typ analyzovaných prvků*
  0D-2D, geometrická poloha se příliš nemění s časem.
- *Časový faktor*
  Stárnutí mapy, srážka papíru: ovlivňují geometrii.
- *Rozdílná přesnost prvků na mapě*
  Zákres geografické sítě přesnější než obsahové prvky.

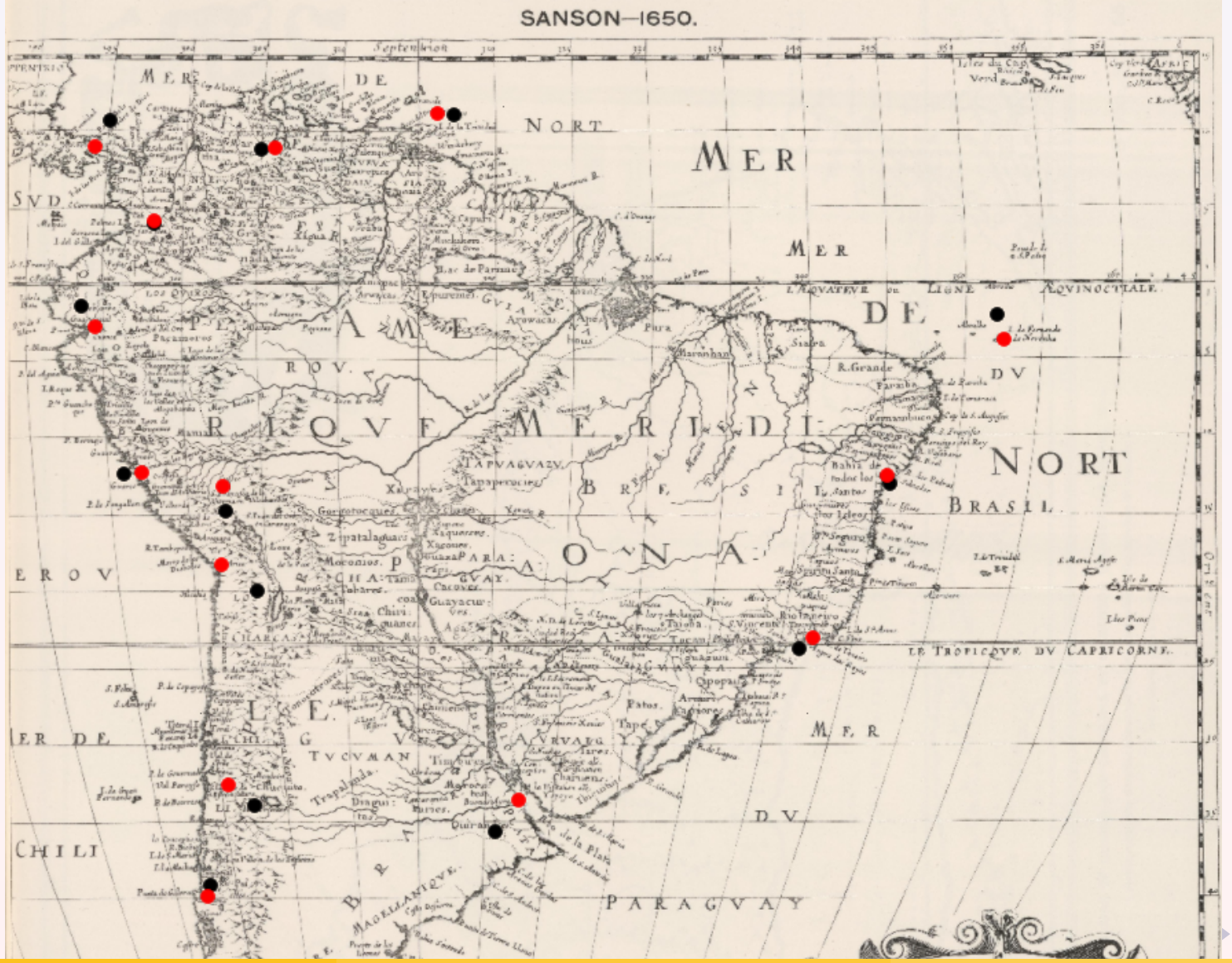
17. Analyzované a odhadnuté body (Mapa 1)



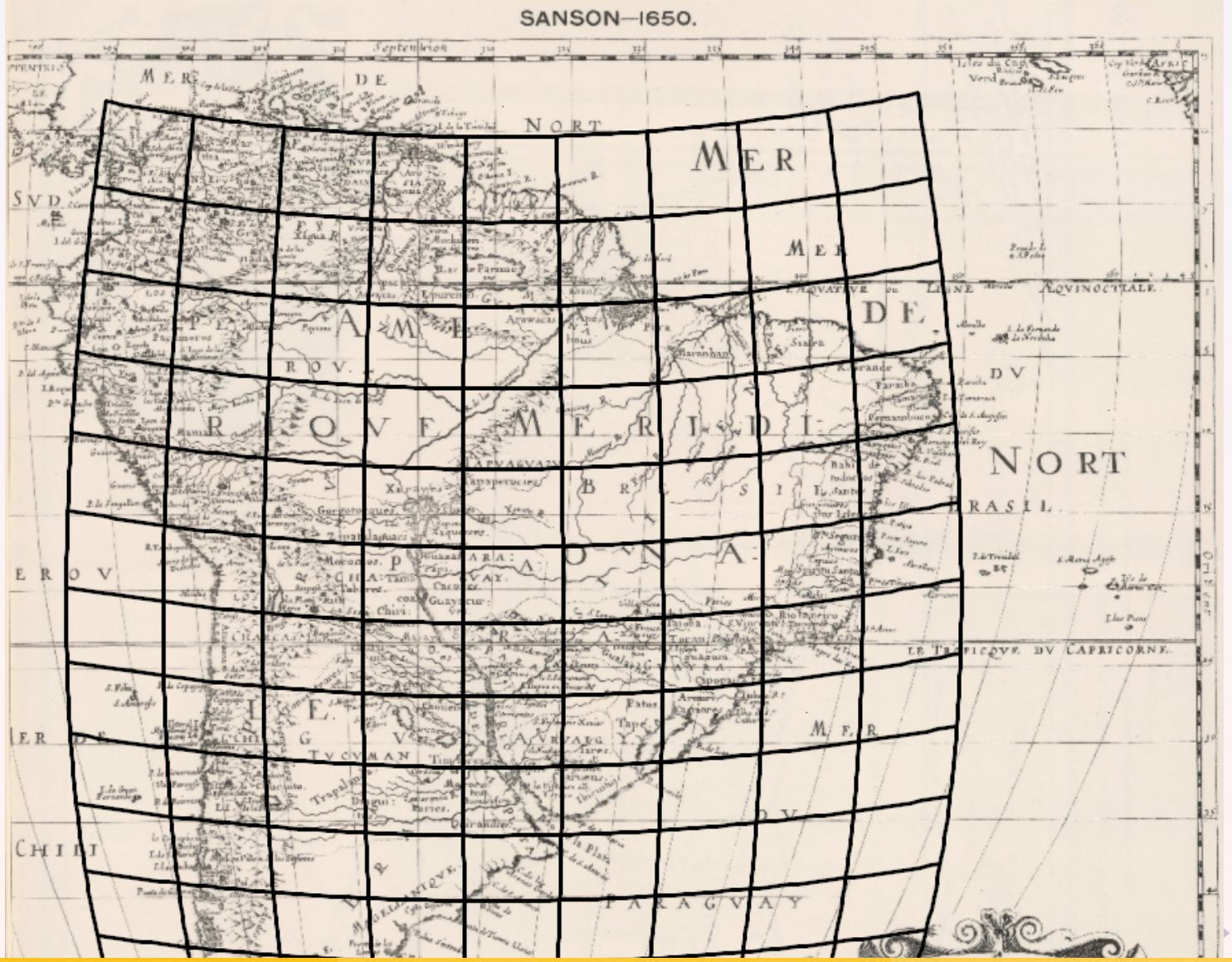
18. Rekonstrukce zeměpisné sítě



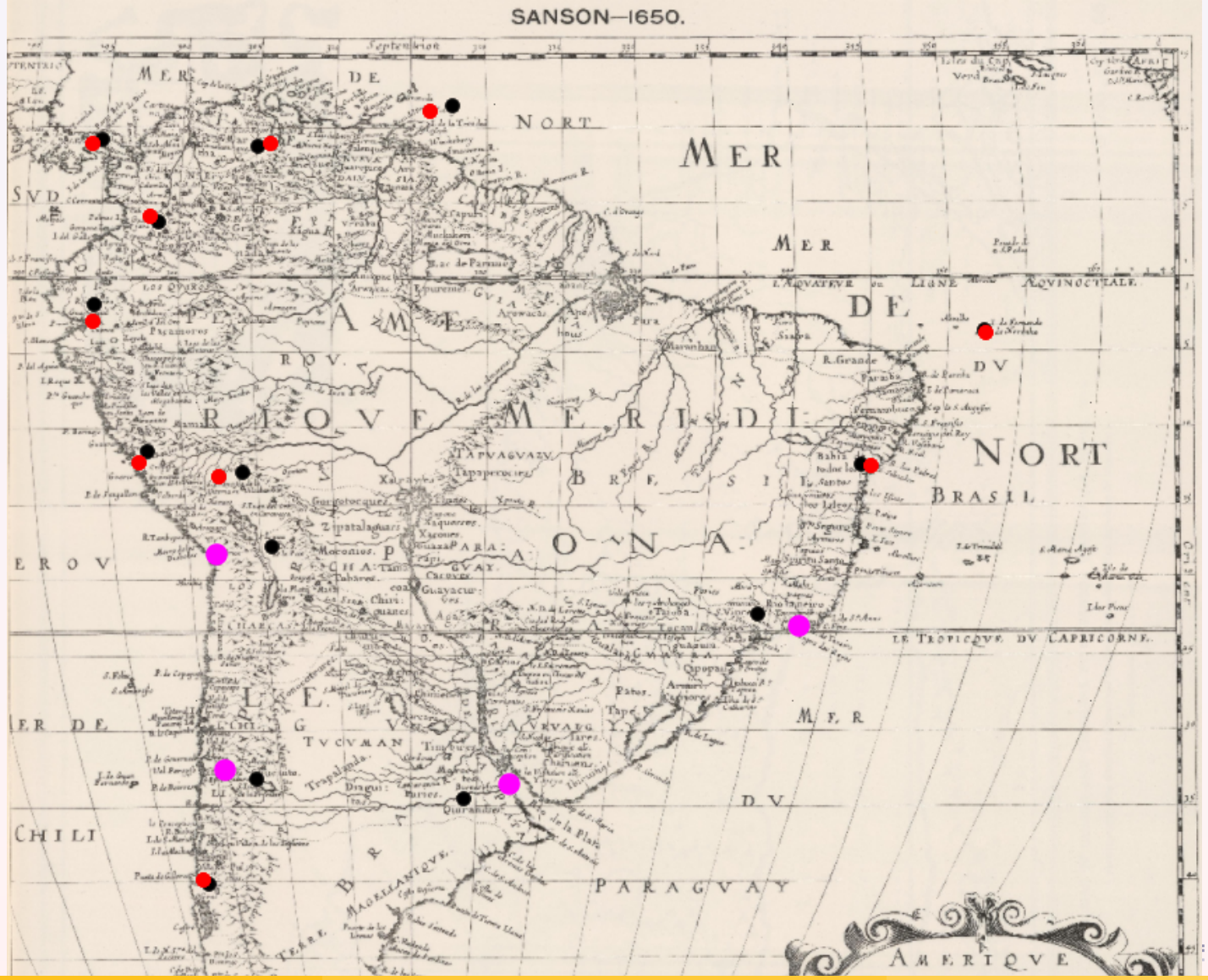
19. Analyzované a odhadnuté body (včetně chybných)



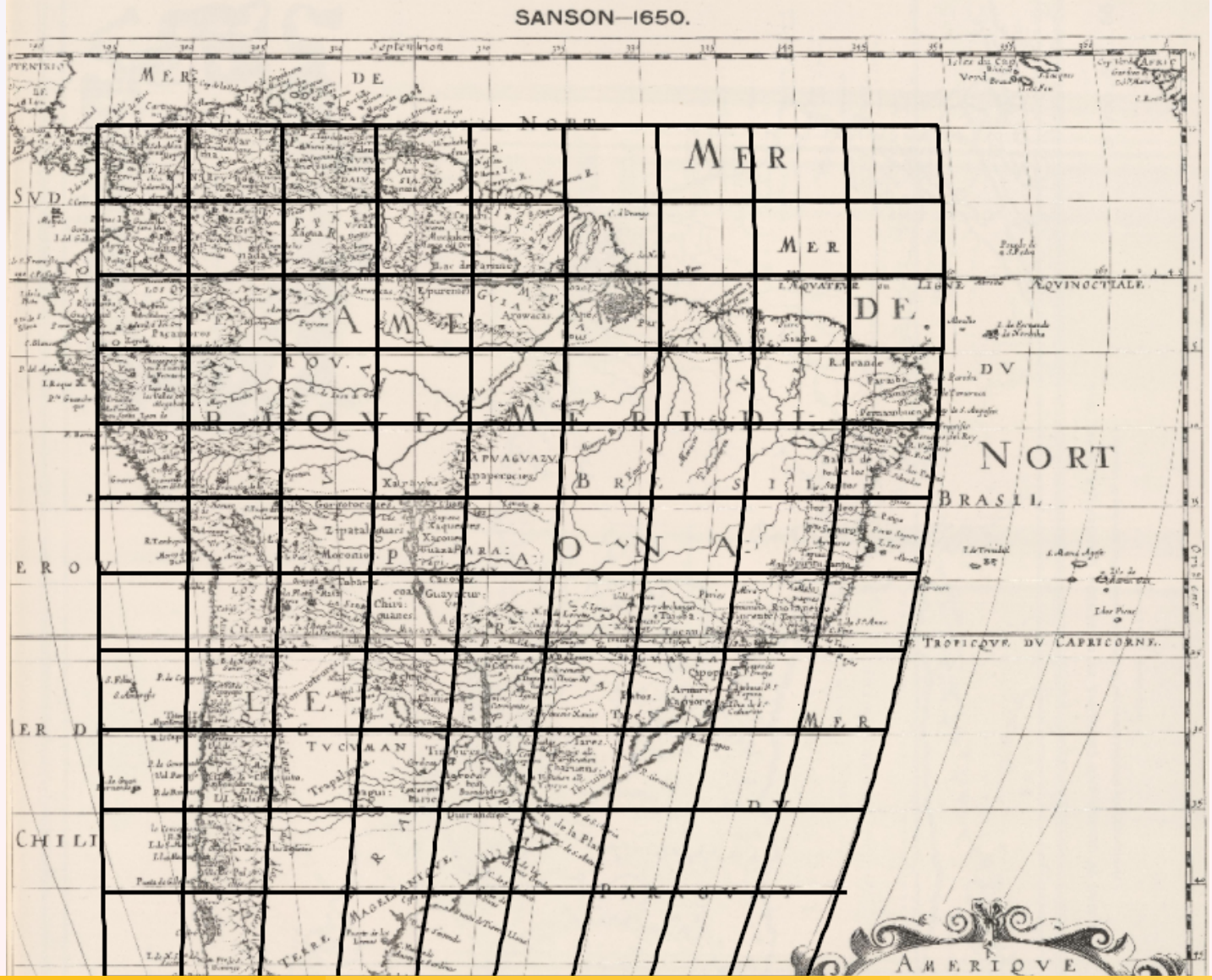
20. Rekonstrukce zeměpisné sítě (zahrnuty chybné body)



21. Analyzované a odhadnuté body (odstranění chybných)



22. Rekonstrukce zeměpisné sítě (odstranění chybných bodů)



23. Analyzované a odhadnuté body (Mapa 2)

24. Posun poledníků, jiný λ_0

25. Určované parametry zobrazení

Vývoj několika analytických metod, liší se počtem parametrů

$$\widehat{\mathbf{x}} \quad = \quad [\ R \quad \varphi_k \quad \lambda_k \quad \varphi_0 \quad \varphi_1 \quad \varphi_2 \quad \lambda_0 \quad \kappa \quad \alpha\ ].$$

U některých parametrů konvexní úlohou (> spolehlivost), u jiných nekonvexní (lokální minimum).
Podobnost δ množin P, Q pro zobrazení $\mathbb{P}$ měřena účelovou funkcí ϕ

$$\delta = \phi_{P,Q}(x)_{\mathbb{P}},$$

Platí $\mathbb{P}(\mathbf{x}) : Q \rightarrow P$, v ideálním případě

$$\phi_{P,Q}(x)_{\mathbb{P}} = \delta = 0.$$

Díky vlivu chyb

$$\phi_{P,Q}(x)_{\mathbb{P}} \neq 0 \Rightarrow min,$$

řešíme optimalizační problém

$$\widehat{x} = \arg\min_{\mathbb{P}}(\phi_{P,Q}).$$

Minimalizovaná funkce ve tvaru

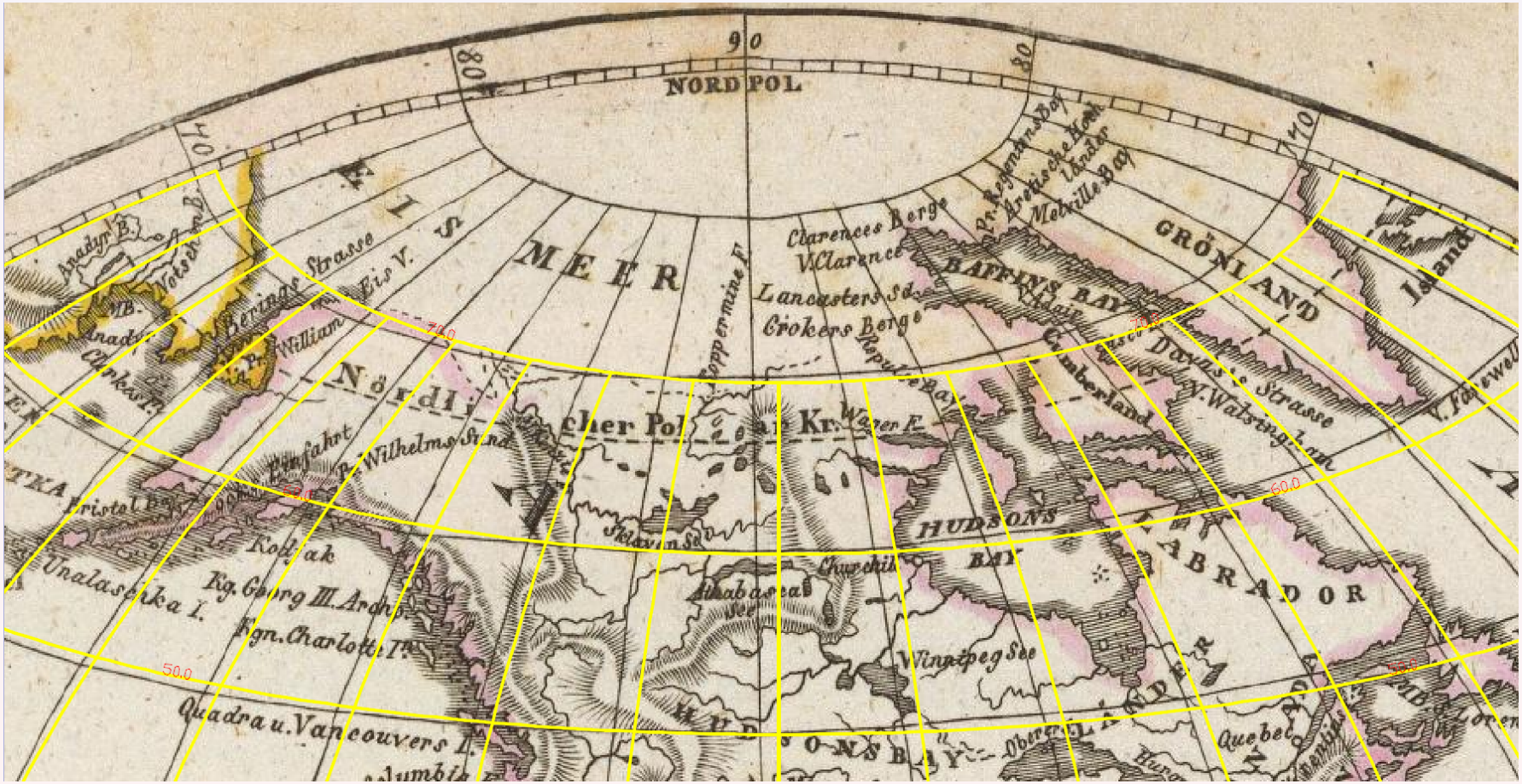
$$\phi(x) = \frac{1}{2} f^T(x) f(x),$$

Řešíme optimalizační problém

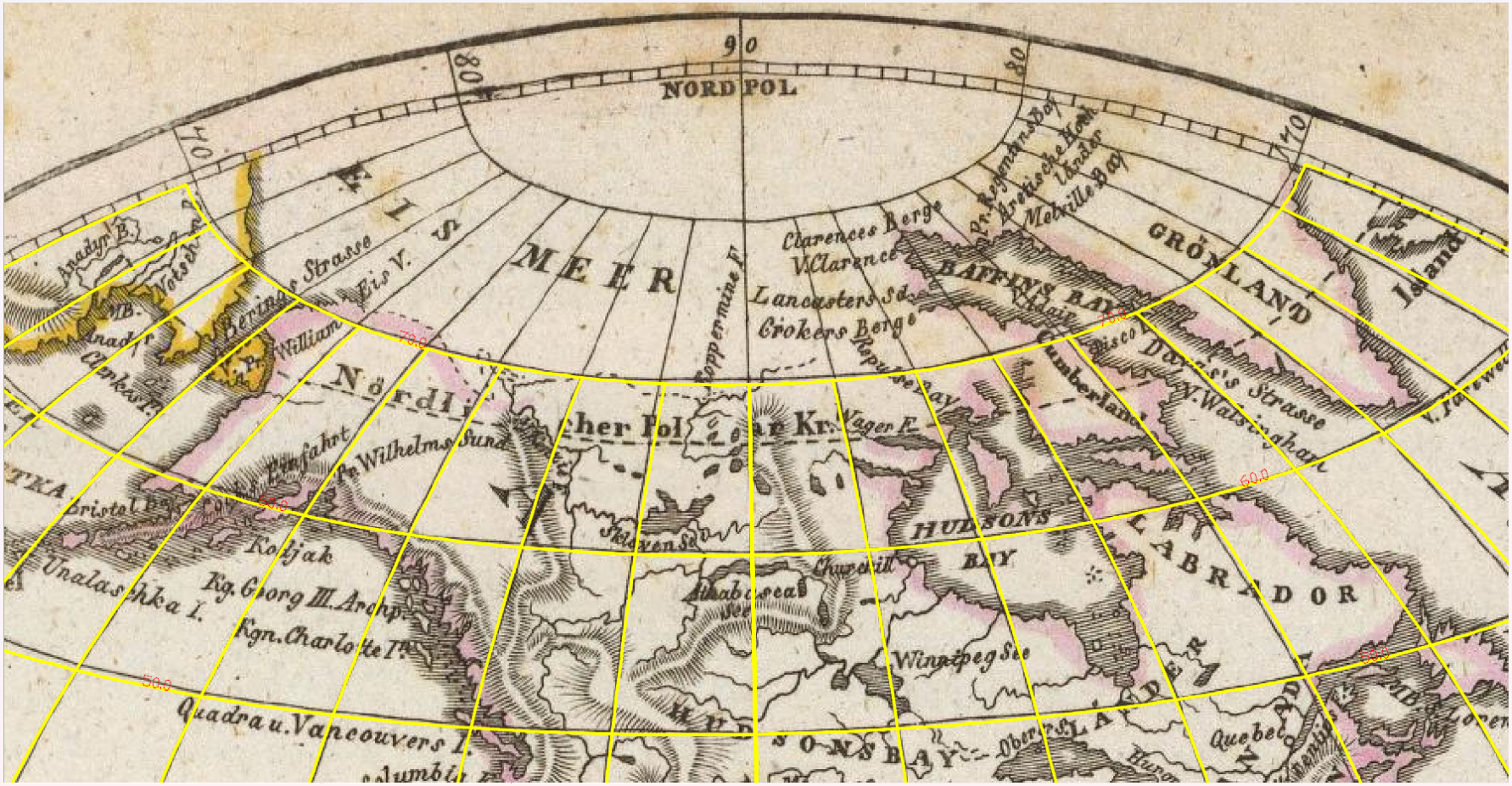
$$\widehat{x} = \arg\min(\frac{1}{2} f^T(x) f(x)).$$

Řešení: trust region strategy (More-Sorensen), iterativní.

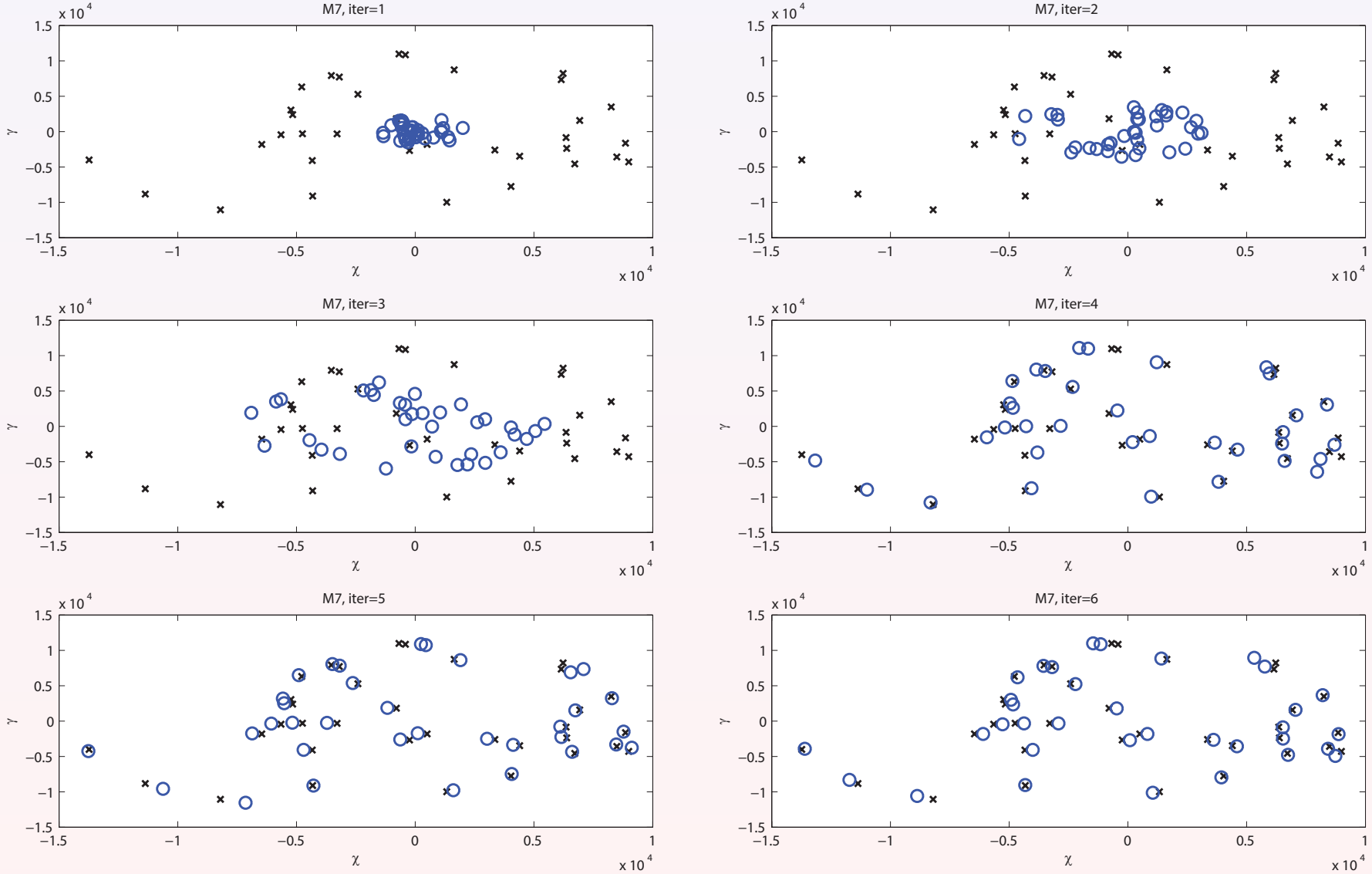
26. Detekce nezohledňující rotaci předlohy



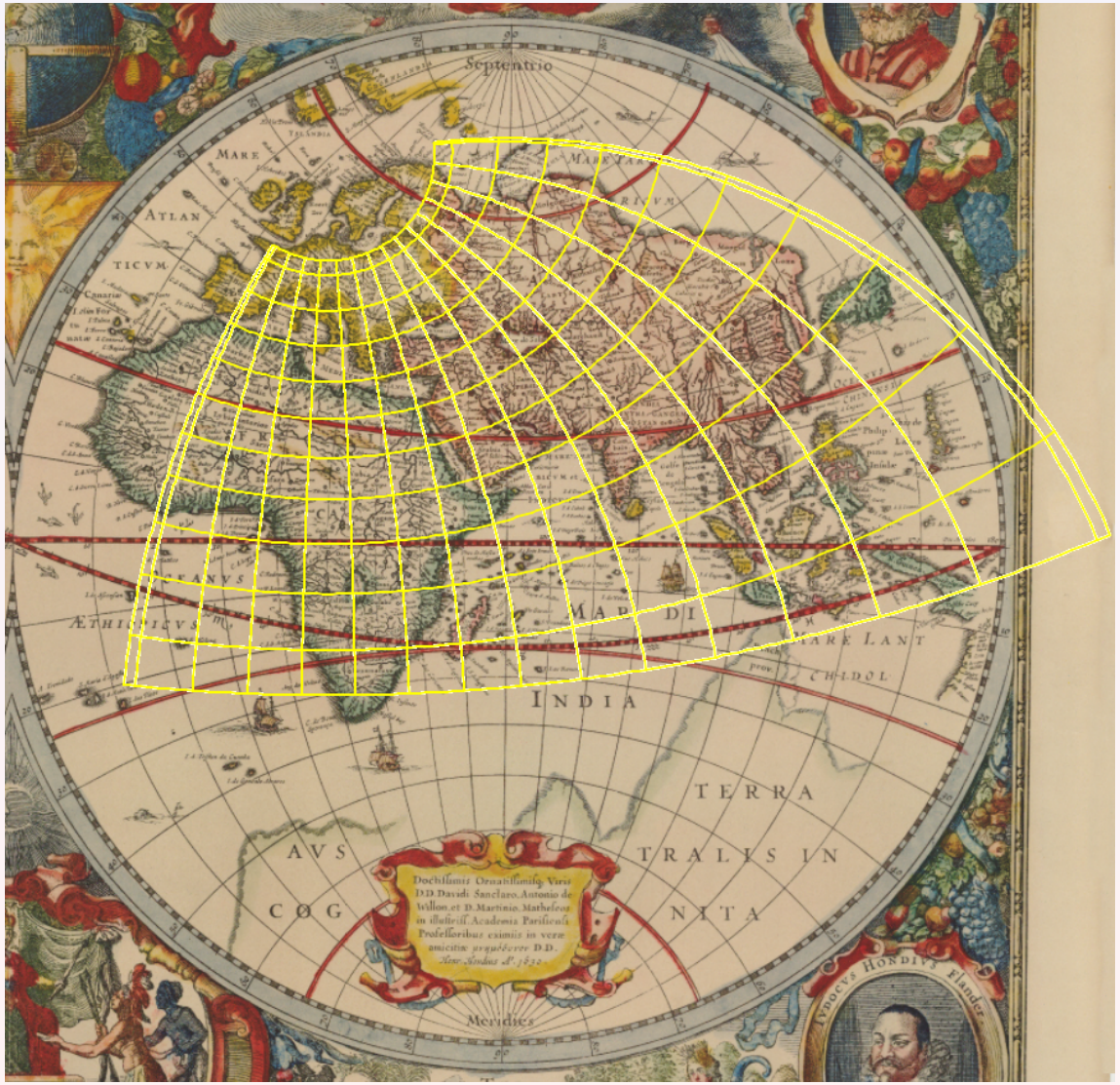
27. Detekce zohledňující rotaci předlohy



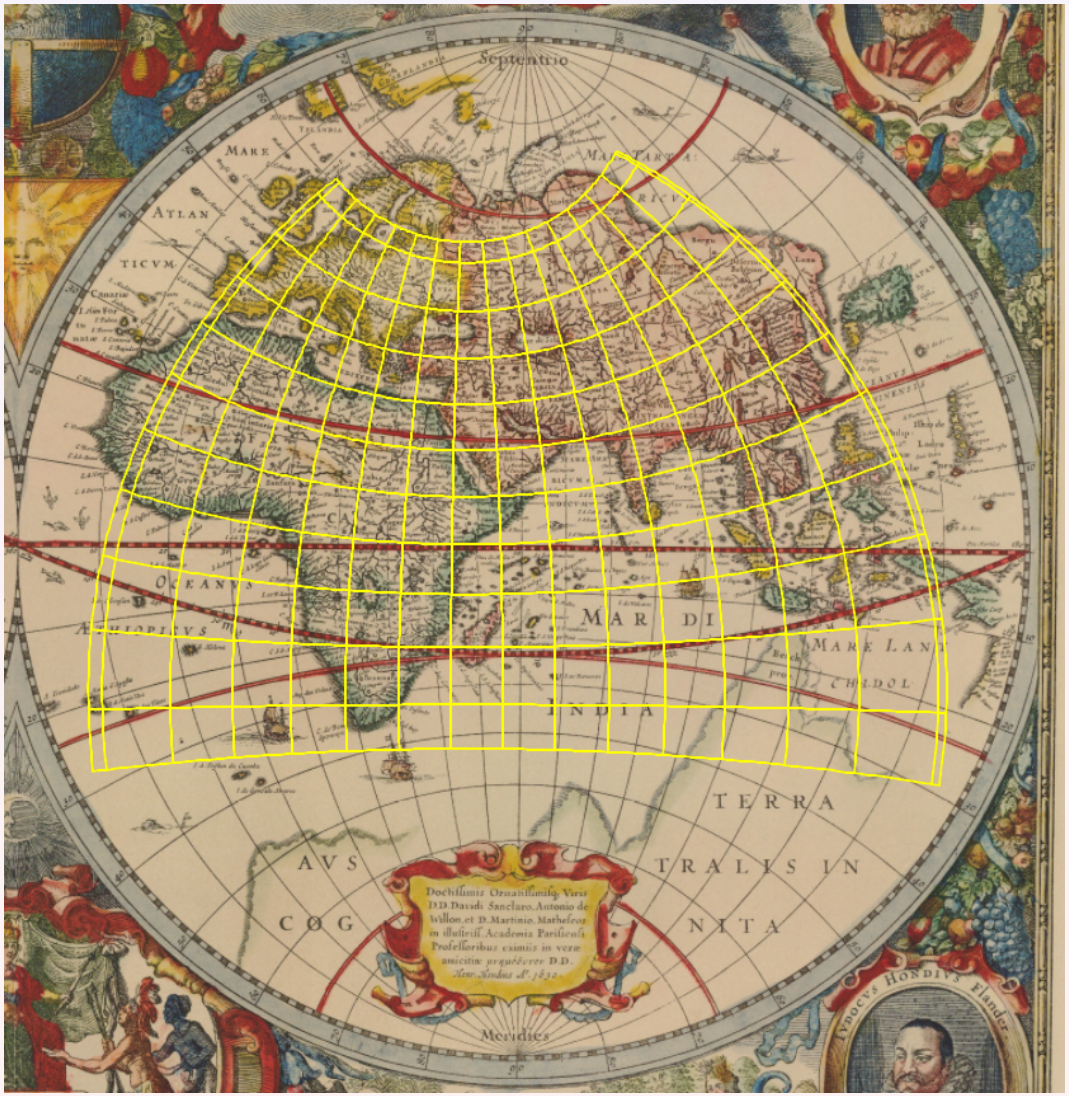
28. Proces detekce



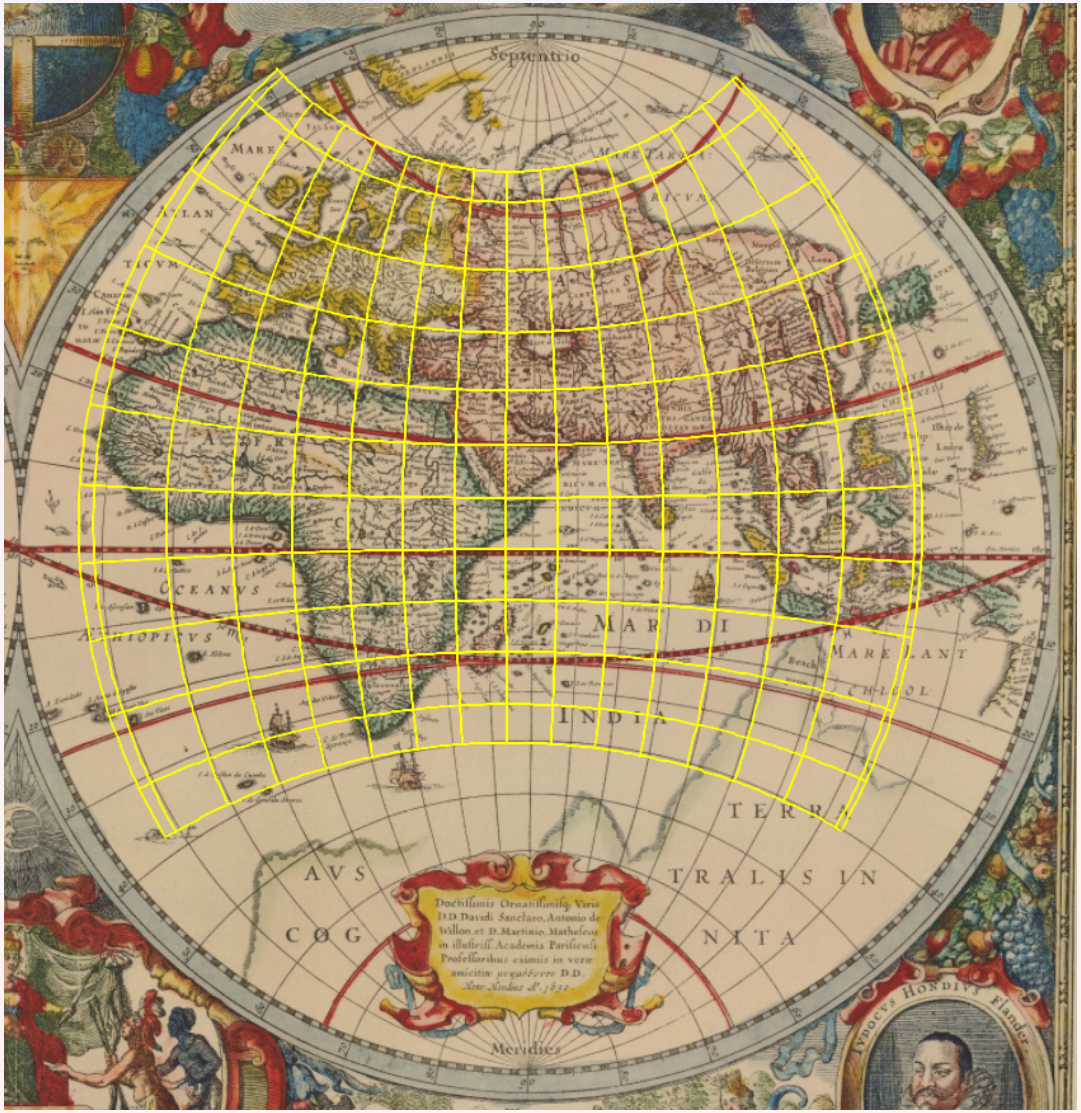
29. Konvergence, Hondius, 1. iterace



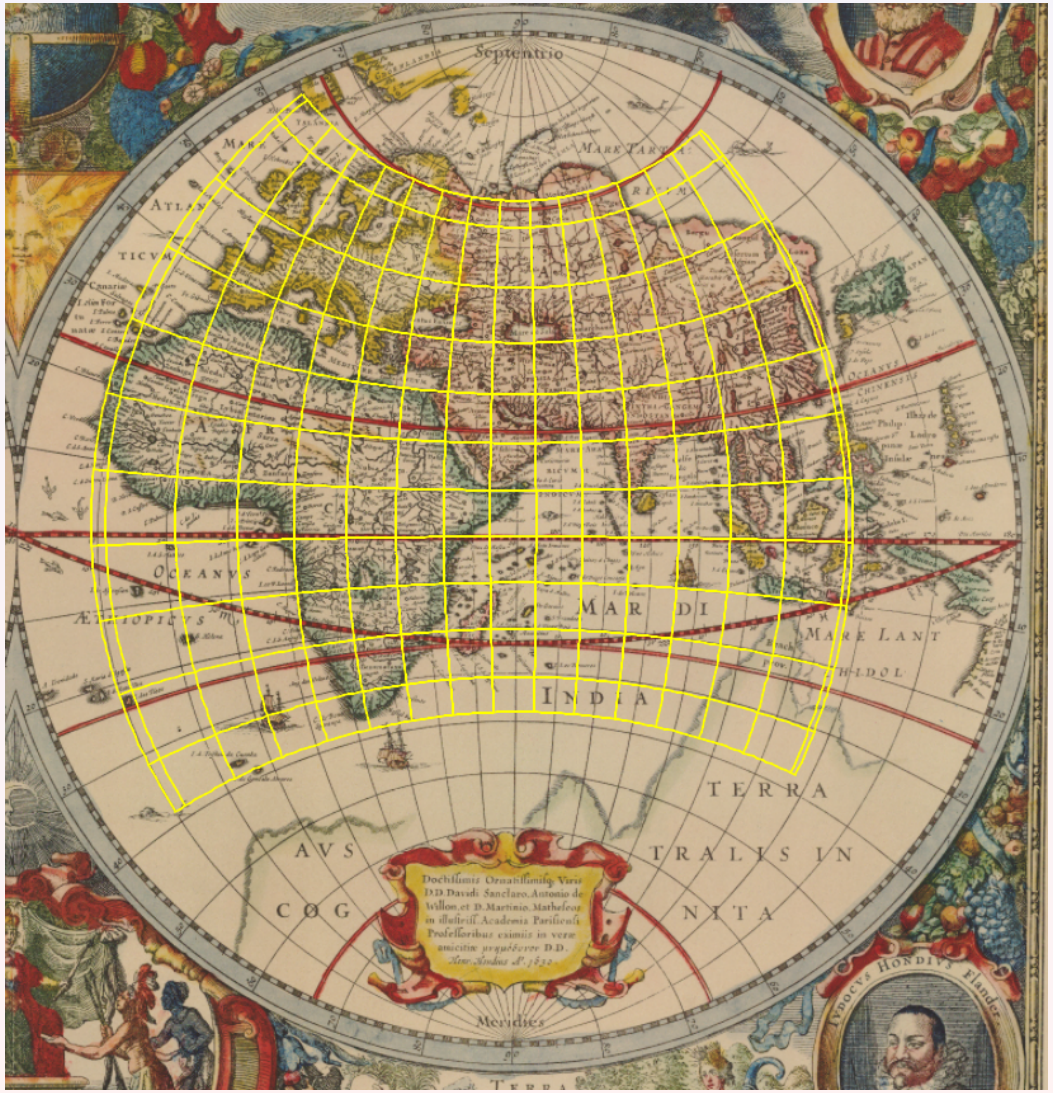
30. Konvergence, Hondius, 5. iterace



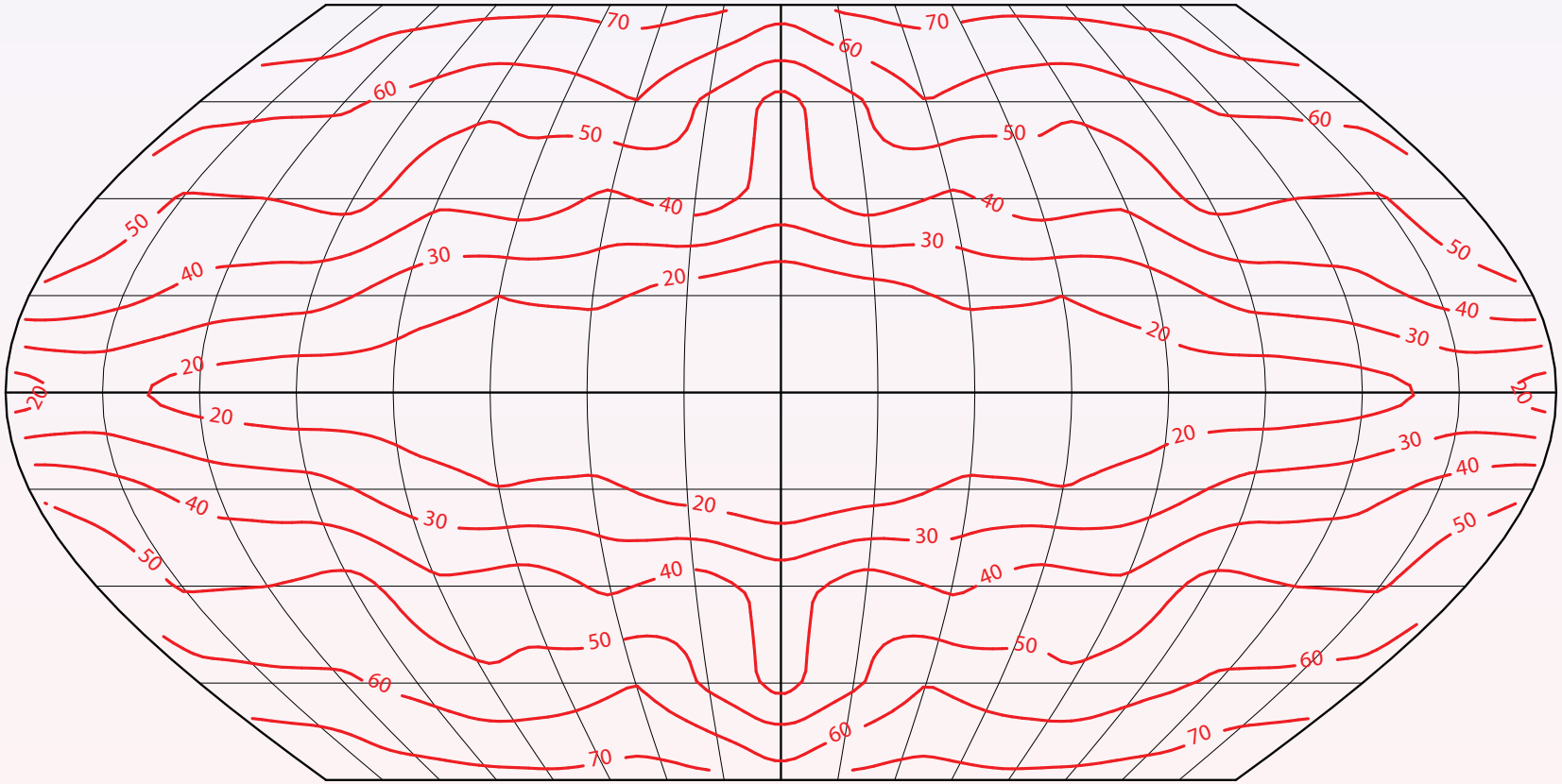
31. Konvergence, Hondius, 10. iterace



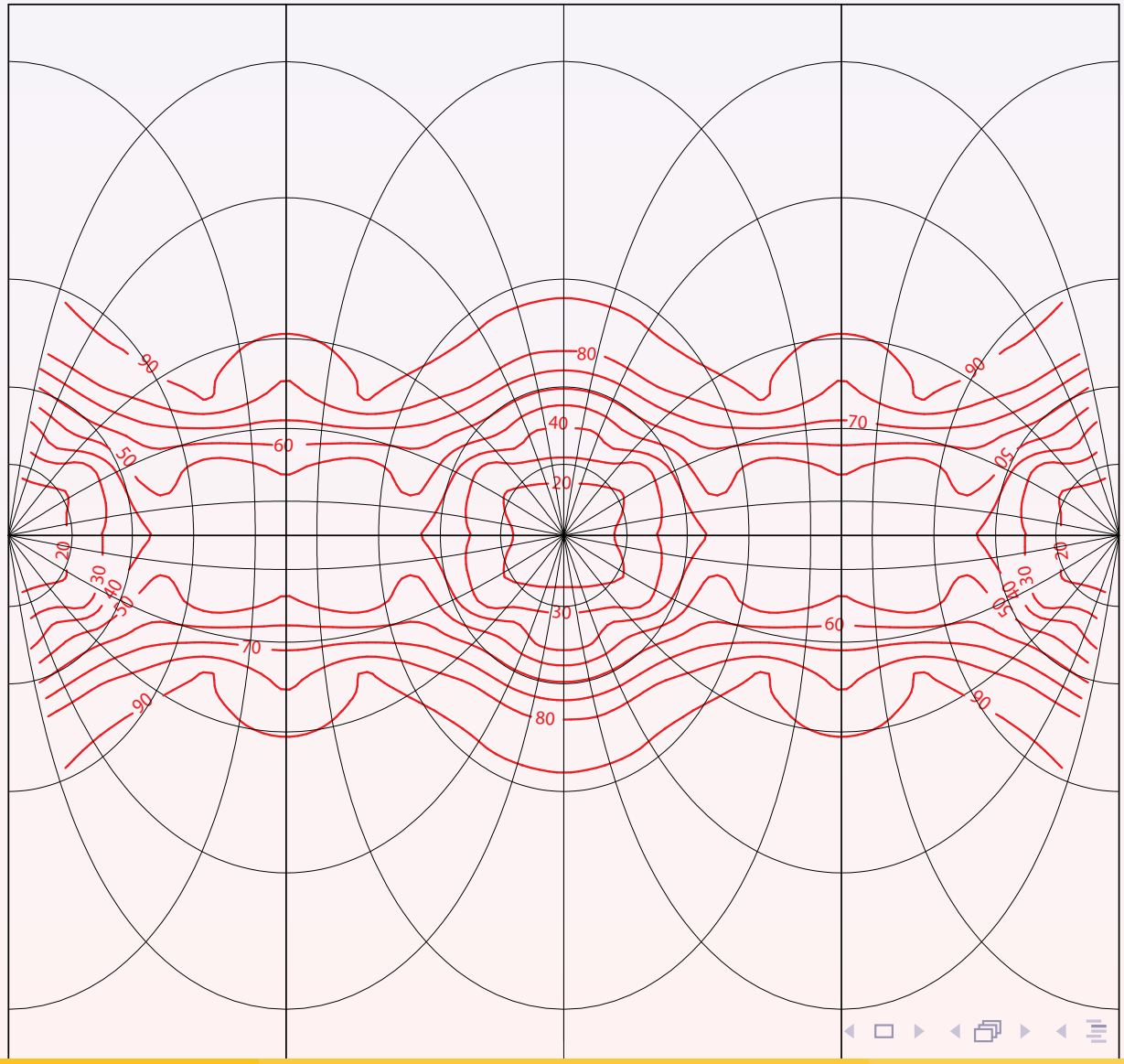
32. Konvergence, Hondius, 15. iterace



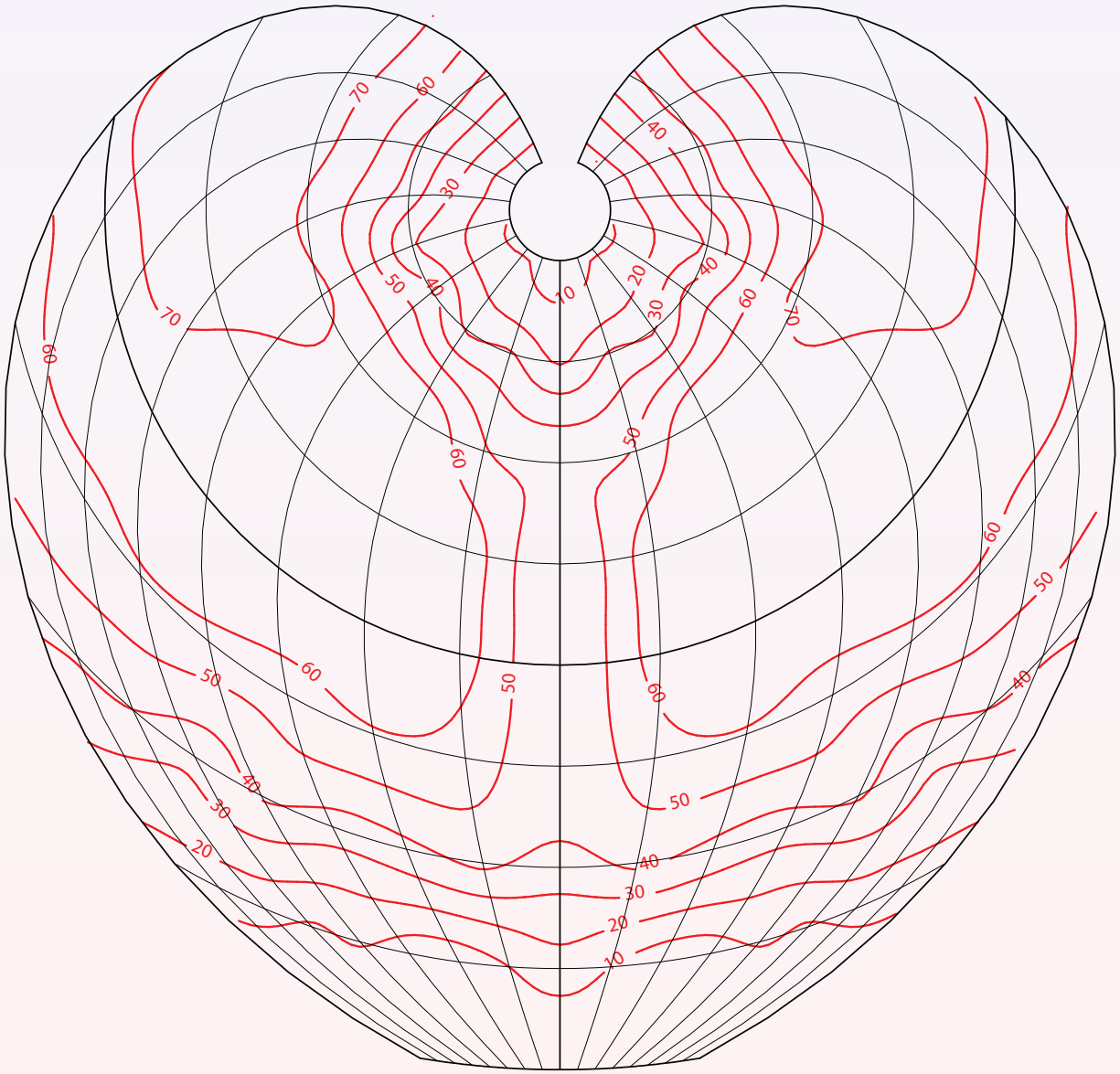
33. Efektivita detekce zobrazení: Eckert V



34. Efektivita detekce zobrazení: Transverzální Mercator

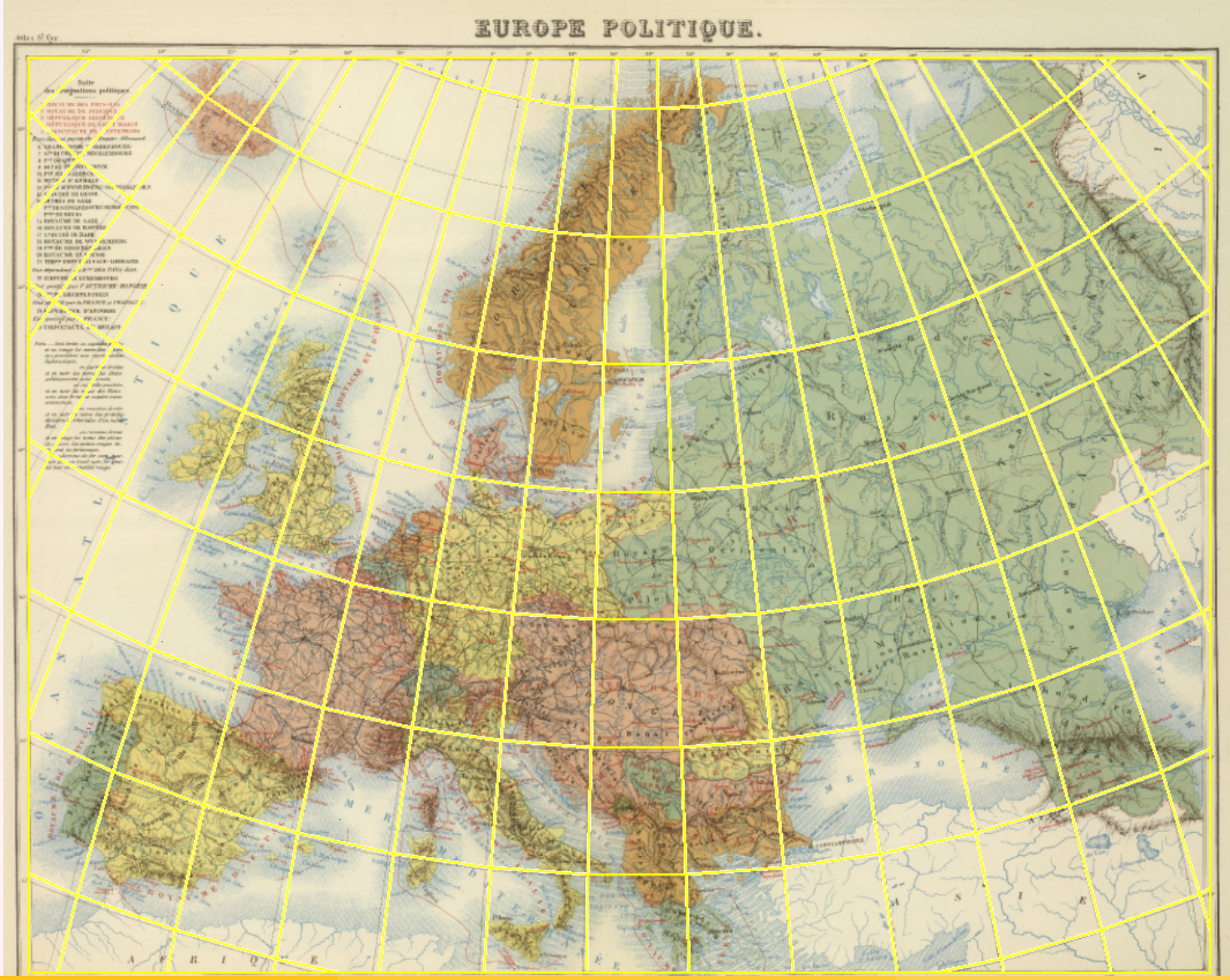


35. Efektivita detekce zobrazení: Werner-Staab



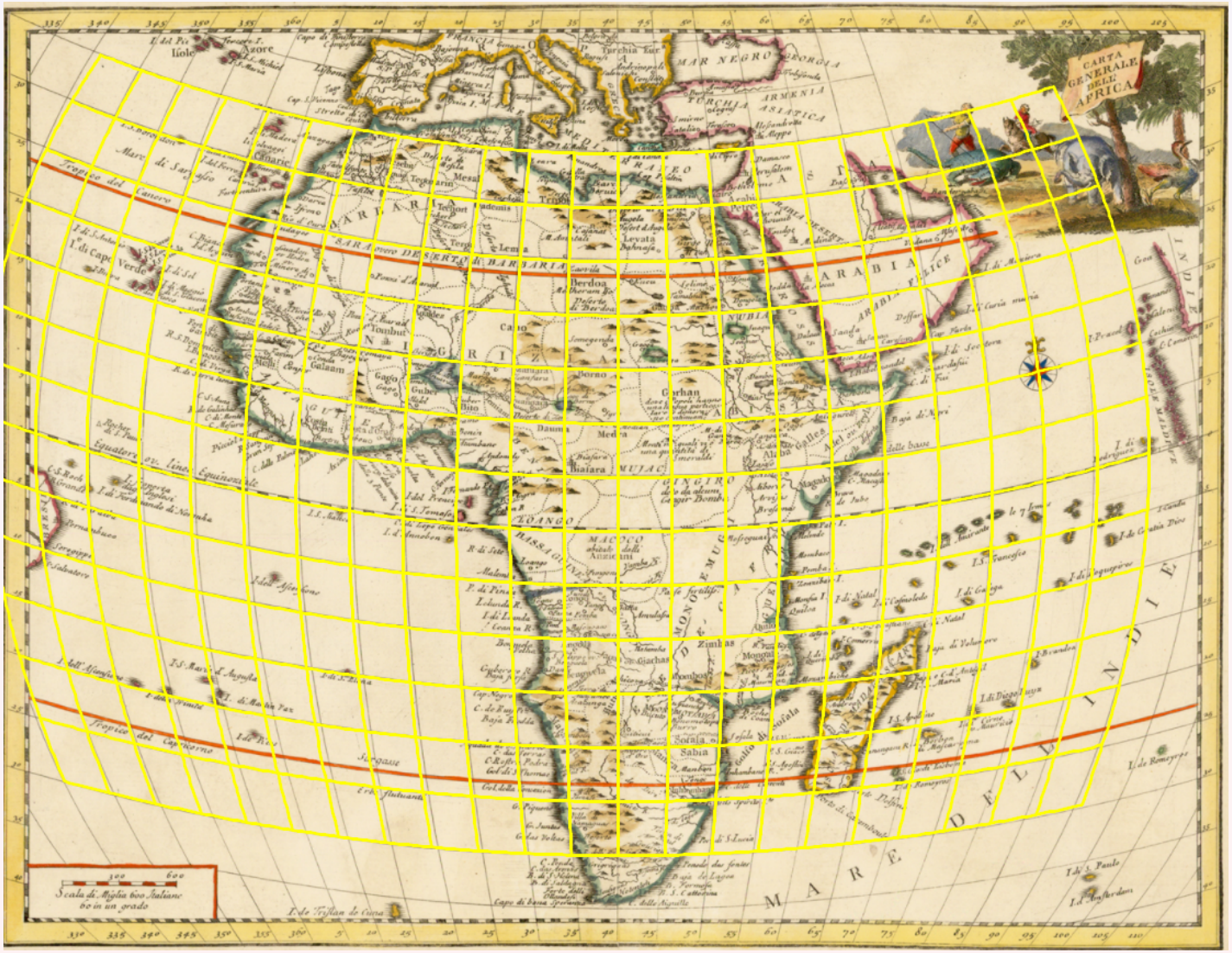
36. Mapa Evropy, Jouvet et Cie, 19. stol

Bonne, $\varphi_k = 90°$, $\lambda_k = 0.0°$, $\varphi_0 = 54.7°$, $\lambda = 20.2°$.



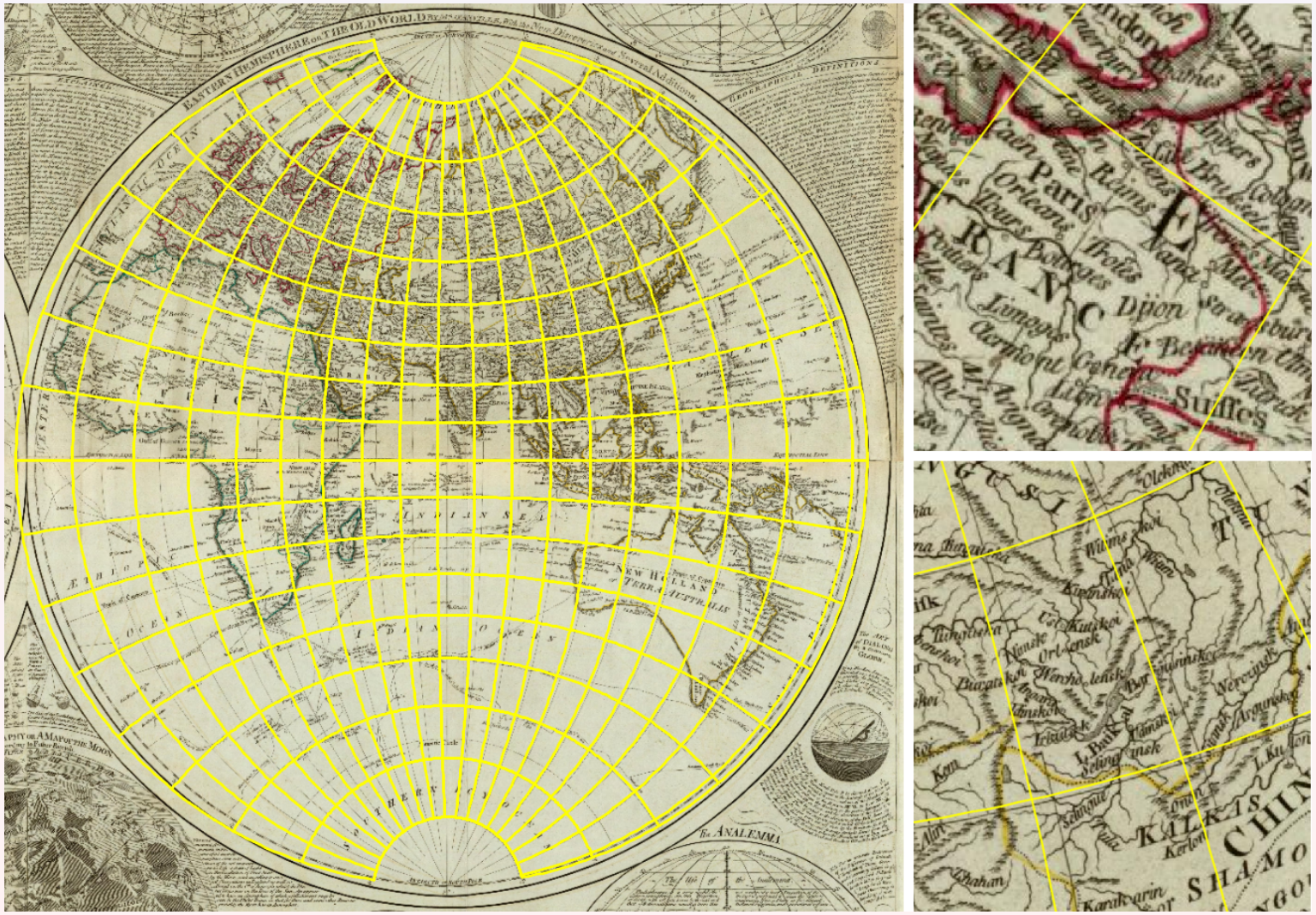
37. Mapa Afriky, Delisle G., 18. stol.

Bonne, $\varphi_k = 90°$, $\lambda_k = 0.0°$, $\varphi_0 = 21.5°$, $\lambda = 21.8°$.



38. Mapa světa, S. Dunn, 1787

Stereo, $\varphi_k = -1.0°$, $\lambda_k = 73.1°$, $\varphi_0 = 0°N$, $\lambda_0 = 0°$.



39. Carta Geografica Dell America Meridionale, Albrizzi 18. stol.

Apian, $\varphi_k = 90°$, $\lambda_k = 0°$, $\varphi_0 = 0.0°$, $\lambda = -61.5°$.

40. Závěr

Se starými mapami nutné zacházet tak, aby nebyla porušena jejich geometrie.
Nelze zanedbat vliv souřadnicového systému mapy (měřené údaje zatíženy chybou).

Pro georeferencování staré mapy nutné znát její kartografické zobrazení.

Zobrazení nelze vždy úspěšně detekovat:

- mapy bez geometrického základu (spíše obrázky).
- území menší než $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 3^\circ$ (vliv zobrazení menší než grafická přesnost mapy),
- analyzované území leží na nevhodných místech (rovník, zákl. poledník, póly),
- zobrazení vzniklá geometricko-konstrukční cestou (van den Grinten).

Ke stažení:

http://web.natur.cuni.cz/~bayertom/detectproj/det_sw.html

Příspěvek vznikl za podpory grantu MK ČR č. DF11P01OVV003 "TEMAP: technologie pro zpřístupnění mapových sbírek ČR": metodika a software pro ochranu a využití kartografických děl národního kartografického dědictví.