

Kartografické metody výzkumu a jejich uplatnění v geografii

Bohuslav Veverka¹, Monika Čechurová²

veverka@fsv.cvut.cz, mcechuro@kge.zcu.cz

¹ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra mapování a kartografie, Thakurova 7, 166 29 Praha 6

²ZČU v Plzni, Fakulta pedagogická, katedra geografie, Veleslavínova 42, 306 19 Plzeň

Veverka, B. - Čechurová, M.: *Cartographic methods of research and their using in geography.* Coordinate systems of the basic state maps of the Czech Republic. Survey of state maps. Components – geodetic datum, cartographic projections and their relations. Characteristics of the systems S-JTSK, S-42, WGS84. Transformational relations between plane and spherical coordinate systems on the Czech Republic territory. Review of the methods for coordinate localization. Application of the method of coordinate computations for today and historical map sheets compositions. Software MATKART and its using.

Key words : Methods of research, coordinate systems, geodetic datum, cartographic projections, coordinate transformation among various coordinate systems and state maps, geographic calculators, SW MATKART and its application in geography

1 Historický úvod

Spojení dvou tradičních vědních oborů geografie a kartografie je dáno jejich historií, která sahá hluboko do dějin lidské komunity. Jak známo, za nejstarší kartografickou památku lze považovat geografický náčrtek osady lovců mamutů z oblasti Pavlovských vrchů, jehož stáří se odhaduje na 24 000 let. Vědecké základy geografie a kartografie se rodily v klasickém Řecku, z období několika století před naším letopočtem. Tehdy byly položeny základy geometrie, fyziky, geografie, matematické kartografie aj., spojené se jmény Strabon, Euklides, Pythagoras, Archimedes, Eratosthenes, Ptolemaios, Thalet a řada dalších. Ostatně slova geografie, topografie a kartografie nemají svůj řecký původ náhodně.

Dalším velkým impulzem pro rozvoj geografie bylo období velkých zámořských objevů z let 1492 – 1522 spojené s cestovateli Kolumbem, Magellanem, Vasco de Gamou a dalšími. Obrovský příval geografických poznatků vyvolal potřebu tvorby map velkých území a později tvorbu atlasů. Ty spojeny se jmény starých holandských mistrů Meractora, Ortelia a řady dalších jsou dodnes ozdobou světových sbírek. Pro geografii a kartografii se tehdy používá název kosmografie.

19. století a potřeby vojenské i hospodářské vyvolávají požadavek na podrobná mapování rozsáhlých území ve velkém měřítku. V našem případě je nutno se zmínit o třech historických vojenských mapováních z období habsburské monarchie. Zde vzniká vojenská topografická služba, vojenské zeměpisné ústavy, jsou zaměřovány a výpočetně zpracovávány geodetické polohopisné i výškopisné sítě. Kartografie se v tomto období rozděluje na **kartografii geodetickou** – zaměřenou na státní mapová díla velkých měřítek (do 1:5 000, tj. mapy katastrální, pozemkové, technicko-hospodářské) a měřítek středních (do 1:200 000, tj. vojenské topografické mapy, základní mapy pro národní hospodářství, řada tematických verzí – viz turistické mapy, automapy, silniční, administrativní aj.). **Kartografie geografická** se naopak vyznačuje

mapováním a zobrazováním rozsáhlých geosystémů, kde hrají podstatnou roli metody generalizace. Výsledkem jsou mapy atlasové, školní nástěnné mapy, tematické mapy všeho druhu aj.

Současná doba je ve znamení **geoinformatiky** a jejího hlavního pracovního nástroje, kterým je metoda **GIS – geografických informačních systémů**. Zásadní roli zde sehrávají právě geografie jako hlavní zdroj geografických informací o území, geodézie jako metoda mapování a garant polohové přesnosti, dálkový průzkum Země a fotogrammetrie jako mapovací metody a konečně kartografie jako dominantní metoda vizualizace.

Závěrem tohoto úvodu si autoři dovoluují vyslovit předpoklad, že řada metod výzkumu se bude vzájemně sblížovat do té míry, že nebude podstatné, zda se jedná o metody typické pro geografii, kartografii či geoinformatiku. Bude se jednat o metody práce s prostorovou kartografickou informací geografické povahy a to v podobě klasické (papírové) i digitální (počítačové).

2 Metody kartografického výzkumu

Tak jako celou kartografii můžeme rozdělit na část týkající se **tvorby map** a část zaměřenou na **práci s mapami**, tak i kartografické metody výzkumu lze rozdělit na dvě skupiny. První skupinu tvoří metody, užívané v procesu tvorby map. Zkoumají prostorové uspořádání reálných geografických objektů a jevů, vazby a zákonitosti mezi nimi. Jejich reprezentací se zabývají metody kartografické interpretace polohopisu (metody znázornění bodových, liniových a plošných jevů) a metody interpretace výškopisu (např. metoda kótování, vrstevnic, šrafování, stínování, barevné hypsometrie). Na ně navazují metody kartografické generalizace, které zajišťují výběr a zevšeobecnění vyjadřovaných skutečností za daných podmínek. Hlavními složkami metodiky jsou matematické vztahy (zobrazovací rovnice, statistika). Výsledkem použití těchto tvůrčích metod je kartografické dílo – mapa.

Druhou skupinou jsou metody, určené uživatelům již vzniklého kartografického díla. Jsou založeny na principu zpětné vazby, kdy uživatel zkoumá mapových obsah a používá jej jako zdroj různých typů informací, z kterých si vytváří model prostorového uspořádání reality.

Nejjednodušší metodou kartografického výzkumu je **metoda čtení mapy**. Uživatel přímo (bez měřicích pomůcek) vnímá rozmístění geografických jevů a prostorové vztahy mezi nimi, utvoří si představu o kvalitativní a kvantitativní charakteristice jevů. Je ovšem nutné brát v úvahu měřítko mapy, způsob vyhotovení mapy (původní - odvozená), způsoby a vliv generalizace mapy na mapovou kresbu (geografická mapa – topografická mapa), při studiu map malých měřítek i kartografické zobrazení a jeho vliv na polohovou přesnost mapy. Metoda čtení mapy je vhodná pro výukové účely a pro řadu aplikací jako úvodní či přípravná fáze výzkumu.

Kvalifikovaná práce s mapou často vyžaduje jejich podrobnější analýzu. Pro řešení výzkumných úkolů v geografii i příbuzných oborech je zapotřebí získat z mapy co nejpřesnější informace o poloze reálných geografických objektů. S rozvojem digitální kartografie, GIS, internetových mapových zdrojů a dostupností technologie GPS se otvírají nové možnosti pořízení kartografických dat. Stále častěji se tak setkáváme s otázkami

- jak provést polohovou lokalizaci objektů na různorodých mapových podkladech, které mají nestejnou genezi a vážou se k rozdílným souřadnicovým systémům (novodobým i historickým)
- jak vyhledat příslušný mapový list v systému kladu listů určitého mapového díla a zjistit polohu bodu, který byl souřadnicově určen pomocí GPS
- jak zjistit polohu bodu, který byl souřadnicově určen pomocí GPS, v jiných souřadnicových systémech map státního mapového díla

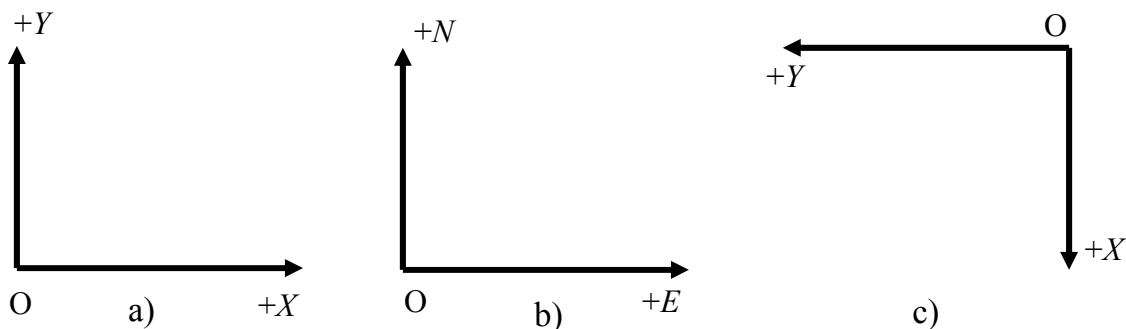
K řešení problému lze užít **metodu souřadnicových výpočtů**, která je založena na postupných převodech souřadnic mezi referenčními plochami jednotlivých systémů. Zde je nutné si nejprve vysvětlit pojem co je vlastně souřadnicový systém.

3 Souřadnice a souřadnicové systémy státních mapových děl

Na mapách se setkáváme se souřadnicemi rovinnými, se vztahem k rovině mapy a souřadnicemi sférickými definovanými na referenční ploše, která je matematickým modelem Země. V prvním případě se tyto souřadnice většinou označují $[X, Y]$ (v Evropě) nebo $[N, E]$ (Northing, Easting, v USA). Sférické souřadnice na elipsoidu, zeměpisná šířka nebo délka se značí řeckými písmeny $[\varphi, \lambda]$, v geodézii se z tradice občas používá označení $[B, L]$ z německého Breite (šířka) a Länge (délka).

Geografické (zeměpisné) souřadnice – určení polohy bodu na ploše elipsoidu pomocí zeměpisné šířky φ a zeměpisné délky λ . Šířka φ se definuje jako úhel mezi normálou k ploše elipsoidu a rovinou rovníku. Nabývá hodnot od 0° do $\pm 90^\circ$ k severnímu a jižnímu pólu. Délka λ je úhel mezi rovinou základního poledníku (meridiánu) a poledníku daného bodu. Nabývá hodnot $0^\circ - 360^\circ$ nebo $0^\circ \pm 180^\circ$. Základní poledník bývá zpravidla měřen od Greenwiche, na historických mapách od Ferra. Rozdíl mezi nimi je $17^\circ 40'$.

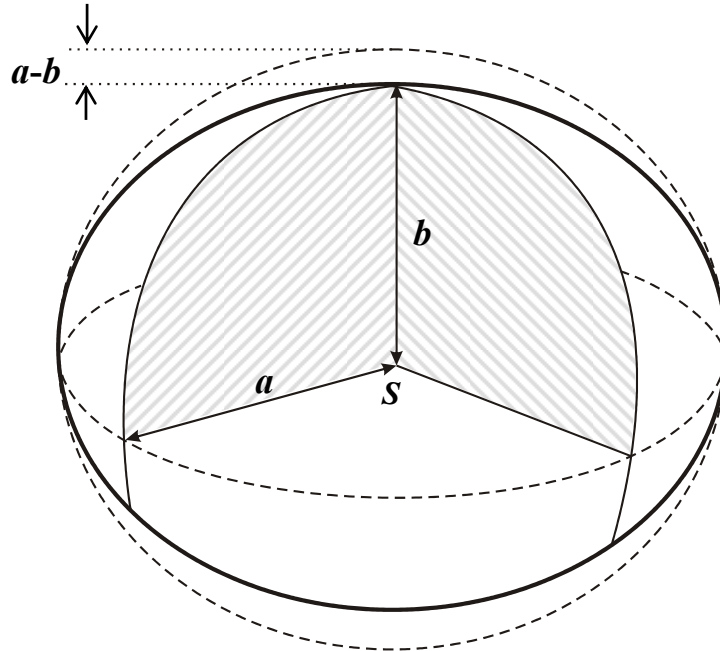
Rovinné (kartézké) souřadnice – určení polohy v rovině pomocí dvojice rovinných souřadnic X, Y v pravouhlém (ortogonálním) souřadnicovém systému. Počátek souřadnic a natočení souřadnicových os může mít v rovině při kartografických aplikacích různé polohy. Je nutno pečlivě rozlišovat, zda zadaný systém má „matematickou“ orientaci os, tj. kladná osa X se s kladnou osou Y ztotožní pootočením o 90° proti směru pohybu hodinových ručiček, event. „geodetickou“ orientaci os, kde se jedná o ztotožnění po směru hodinových ručiček. V řadě aplikací (např. zobrazení UTM) se používá symbolika N, E ve smyslu Northing, Easting, tj. rovinná souřadnice narůstá směrem k východu (East) nebo severu (North).



Obr. 1: Rovinné souřadnicové systémy s různou orientací os: a) matematický $[X, Y]$, b) matematický $[E, N]$, geodetický $[Y, X]$

Zdroj: vlastní zpracování

Geodetické datum je určení náhradní matematicky exaktně definované matematické plochy (elipsoidu, koule), na základě souboru terestrických měření na zemském povrchu a jejich výpočetního zpracování. Touto problematikou se zabývá vyšší geodézie, výpočetní postupy jsou zpravidla časově náročné a matematicky složité. Výsledkem je elipsoid pojmenovaný po geodetovi, který jej odvodil doplněný rokem výpočtu. Viz Bessel 1841, Krasovský 1942. Elipsoid WGS 84 je vztažen k roku 1984, nebyl však vypočten z pozemních měření ale na základě družicových pozorování. Elipsoidů existuje značné množství.



Obr. 2: Číselné charakteristiky elipsoidu: a – velká poloosa, b – malá poloosa

Zdroj: vlastní zpracování

Rotační (referenční, zemský) elipsoid je prostorové těleso vzniklé rotací elipsy kolem její svislé (kratší) poloosy b . Zadává se délkami svých poloos a, b nebo delší poloosou a a reciprokovou hodnotou zploštění $f = (a-b)/a$, kde hodnota $1/f$ činí cca 300. Plocha elipsoidu nahrazuje nepravidelný zemský povrch (geoid).

Kartografické zobrazení – matematické vyjádření vztahu mezi geografickými souřadnicemi na elipsoidu $[\varphi, \lambda]$ (event. na kouli s označením $[U, V]$ a zpravidla podstatně jednoduššími zobrazovacími rovnicemi) a rovinou zobrazení $[X, Y]$. Zobrazovací rovnice mají obecný tvar $X = f(\varphi, \lambda)$ a $Y = g(\varphi, \lambda)$, vyvozují se z požadavků kladených na vlastnosti zobrazení (např. konformita, ekvivalence ploch, ekvidistance délek v určitém směru, aj.). K zobrazovacím rovnicím existují i jejich inverzní tvary, umožňující zpětný výpočet $[\varphi, \lambda]$, při znalosti $[X, Y]$ v rovině. Tyto rovnice v základním tvaru uvádějí učebnice matematické kartografie, viz SNYDER 1987, BUCHAR 2002 a nejnověji TALHOFER 2007.

Souřadnicový systém – v oboru zeměměřičství je jím soubor těchto údajů :

- Geodetické datum (elipsoid, jeho referenční bod, datum určení)
- Souřadnicový systém geografických souřadnic $[\varphi, \lambda]$, (včetně volby základního poledníku)
- Zobrazovací rovnice (včetně voleb v nich použitých konstant)

- Souřadnicový systém rovinných souřadnic $[X, Y]$ (včetně umístění počátku rovinného systému do obrazu geografické sítě, orientace os a matematických úprav souřadnic $[X, Y]$ v rovině zobrazení (posuny počátku, násobení konstantou redukující délkové zkreslení aj.).

Státní souřadnicový systém – souřadnicový systém platný ze zákona pro určité území, např. celého státu, ve kterém se provádějí mapování geodetické, fotogrammetrické či družicové povahy a vyhotovují listy státních mapových děl. Na území jednoho státu může být zákonem povoleno užívání více souřadnicových systémů, zpravidla se jedná o systémy civilní a vojenské povahy. V minulosti byly zejména vojenské systémy předmětem vysokého utajování. S rozvojem družicových technologií toto utajování ztratilo smysl.

Státní souřadnicové systémy platné na území České republiky

- Civilní souřadnicový systém S-JTSK je určen – Besselovým elipsoidem z roku 1841 s referenčním bodem Herrmannskogel, zeměpisné délky se určují od ferrského poledníku, zobrazovací rovnice dvojitého konformního kuželového zobrazení v obecné poloze (Křovákovo zobrazení) s volbou délkového faktoru 0,9999 pro snížení vlivu délkového zkreslení, vložení počátku souřadnicového systému do obrazu kartografického pólu aj).
- Vojenský souřadnicový systém S-42 je určen – Krasovského elipsoidem z roku 1942 s referenčním bodem Pulkovo, zeměpisné délky se měří od Greenwiche, zobrazovací rovnice Gaussova-Krügerova zobrazení s opakovatelností vždy pro šestistupňové poledníkové pásy, vložení osy X vždy do obrazu středového poledníku příslušného pásu, s úpravou souřadnice Y přičtením konstanty 500 km a dále předřazení čísla pásu (3 nebo 4) před posunutou souřadnicí Y . Systém armádou ČR opuštěn k datu 31.12.2005 a nahrazen systémem WGS84.
- Světový souřadnicový systém WGS84 je určen - elipsoidem WGS84 z roku 1984 (elipsoid nemá referenční bod, byl určen na základě družicových pozorování), zobrazovací rovnice Universal Transverse Mercator (UTM, matematická analogie Gauss - Krügerova zobrazení) s opakovatelností vždy pro šestistupňové poledníkové pásy, vložení osy N vždy do obrazu středového poledníku příslušného pásu, s úpravou souřadnice E přičtením konstanty 500 km, číslo šestistupňového příslušného pásu (zone) od 180 poledníku, souřadnice $[N, E]$ na výstupu přepočteny délkovým faktorem 0,9996.

4 Metody transformace souřadnic

V geodézii, geografii, kartografii, mapování, GISech se běžně setkáváme s celou řadou souřadnicových systémů, elipsoidů, kartografických zobrazení. Uvedme např. řešení potřeby zpracování souřadnicových údajů z jiného státního území, ale i např. potřebu transformace souřadnic z pracovního systému digitizéru do celostátního geodetického souřadnicového systému, nebo naopak přepočet souřadnic získaných pomocí GPS spojený s vyhledáním příslušného mapového listu, kde leží zájmový objekt a určení jeho polohy v mapě.

4.1 Transformace v rovině

Používá se v případě, kdy máme k dispozici soubor souřadnicových údajů získaných z relativně malého zájmového území (např. digitalizací jednoho mapového listu, zaměřením území jedné obce aj.), který je třeba převést do jiného souřadnicového systému. Zde se nebudeme zabývat otázkou znalosti geodetického datumu, zobrazovacích rovnic aj. V praxi se používá postup, jehož matematickou podstatu zde nastíníme. Vstupní (získané, naměřené) souřadnice budeme označovat s příponou *IN*, výstupní (požadované, přepočítané) s příponou *OUT*. Půjde zde o transformaci typu $[X_{in}, Y_{in}] \rightarrow [X_{out}, Y_{out}]$.

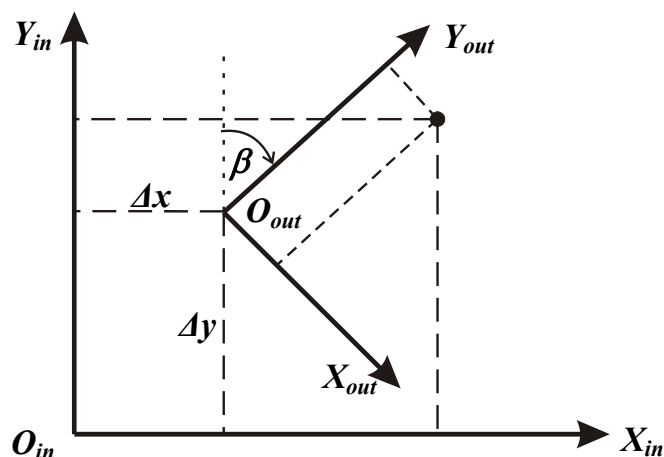
Helmertova rovinná lineární konformní transformace

je vhodná pro rovinné systémy typu $[X, Y]$, jejichž počátky jsou vzájemně posunuty o hodnoty Δx , Δy , souřadné osy jsou vůči sobě stočeny o úhel β a ve směrech obou souřadnicových os platí měřítkový faktor m . Souřadnicové systémy mohou být mírně nehomogenní.

Transformační rovnice mají tvar

$$X_{out} = m (X_{in} \cos \beta - Y_{in} \sin \beta) + \Delta x$$

$$Y_{out} = m (X_{in} \sin \beta + Y_{in} \cos \beta) + \Delta y$$



Obr. 3: Lineární transformace, stočení, posun a změna měřítka

Zdroj: vlastní zpracování

Poznámka. Pro výpočet neznámých veličin Δx , Δy , m , $\sin \beta$ a $\cos \beta$ je nutné znát v souřadnicových systémech IN, OUT soubor identických bodů, tj. bodů, u nichž známe souřadnice v obou systémech. Vstupní i výstupní souřadnicové hodnoty jsou ovlivněny různorodou a pestrou směsicí náhodných i systematických chyb (např. srážka mapy, přesnost měření, tj. měřických pomůcek a přístrojů, schopnost operátorů, různorodost zobrazení, rozdílnost elipsoidů aj.). Je vhodné určit transformační koeficienty z většího počtu identických bodů rozmístěných na okrajích a ve středu zájmového území. Helmertova transformace k tomu účelu používá metodu nejmenších čtverců (MNČ presentovaná střední kvadratickou chybou, anglicky RMS error – Root Mean Square Error). Další a zejména v GISech hojně používanou metodou jsou

transformace afinní a kolineární a transformace polynomické, max. 3. řádu. Každá z těchto metod má své výhody i problematické vlastnosti.

Helmertova transformace na dva body vede na rovnice podobnostní transformace, tj. stočení, posun a změna měřítka.

4.2 Transformace geocentrických systémů

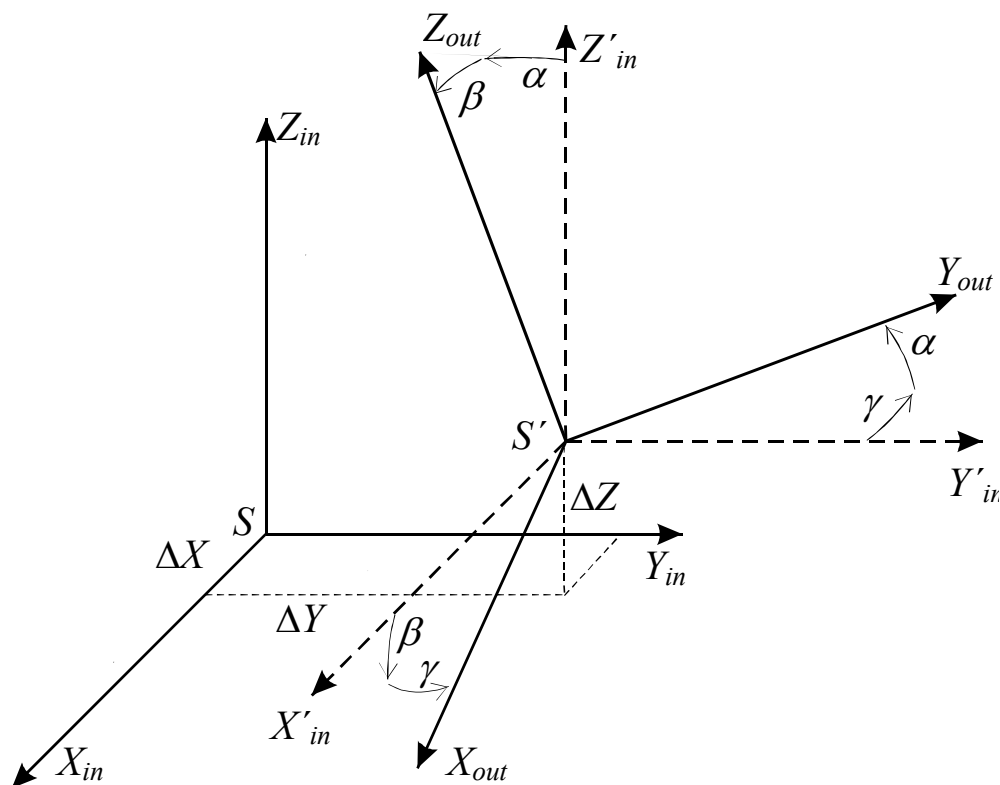
Podobnostní transformace geocentrických souřadnic v prostoru řeší vztah mezi dvěma elipsoidy, jejichž centra jsou od sebe v prostoru posunuta o hodnoty ΔX , ΔY , ΔZ , dále je třeba uvažovat náklon osy X o úhel α , osy Y o úhel β a osy Z o úhel γ a závěrem „měřítkový“ faktor q zohledňující relaci zploštění obou elipsoidů relací $q=1+m$, kde m je délkové měřítko. S ohledem na počet neznámých (tři posuny centra, tři úhlové rotace, jedna změna měřítka) se toto řešení označuje jako 7-prvková prostorová (3D) Helmertova transformace, daná rovnicemi

$$X_{out} = (1+m) (X_{in} + \gamma Y_{in} - \beta Z_{in}) + \Delta X$$

$$Y_{out} = (1+m) (-\gamma X_{in} + Y_{in} + \alpha Z_{in}) + \Delta Y$$

$$Z_{out} = (1+m) (\beta X_{in} - \alpha Y_{in} + Z_{in}) + \Delta Z$$

Poznámka. V geodetické literatuře se posuny udávají v metrech, úhlové hodnoty stočení, které jsou velmi malé se udávají se v řádu vteřin, do vzorce se dosazují v radiánech, tj. je nutno je vydělit hodnotou 206264.8, zkreslení (změna měřítka) se udává v řádu 10^{-6} .



Obr. 4: Souřadnicové osy v Helmertově transformaci

Zdroj: vlastní zpracování podle J. Kabeláče

4.3 Transformace mezi geodetickými souřadnicovými systémy

Častou úlohou je znalost vstupních souřadnic $[X, Y]$ např. v systému S-JTSK a požadavek na jejich přepočítání např. do systému S-42. Zmíněnou úlohu lze řešit několika postupy. Oba systémy se liší zobrazením i elipsoidem.

Lze zvolit dva postupy :

Transformace s použitím diferencí zeměpisných souřadnic

- Převod rovinných souřadnic $[X, Y]_{\text{s-jtsk}}$ na zeměpisné souřadnice $[\varphi, \lambda]$ Bessel
- Přičtení diferencí (oprav) $\Delta\varphi, \Delta\lambda$, tj, $\varphi_{\text{Krasovský}} = \varphi_{\text{Bessel}} + \Delta\varphi$, $\lambda_{\text{Krasovský}} = \lambda_{\text{Bessel}} + \Delta\lambda$,
- Převod zeměpisných souřadnic $[\varphi, \lambda]_{\text{Krasovský}}$ na rovinné souřadnice $[X, Y]_{\text{s-42}}$

Neznámé hodnoty oprav $\Delta\varphi, \Delta\lambda$ se pro zájmové území zjistí ze znalosti souboru identických bodů v obou soustavách, tvořících transformační klíč, kde je vhodné aplikovat polynomickou funkci 2. (kvadratická transformace) nebo 3. stupně (kubická transformace). Volba vyššího stupně polynomu zpravidla již nepřináší zvýšení přesnosti výpočtů, ale naopak často vede k numerické nestabilitě řešení. Mimo oblast transformačního klíče je použití této metody transformace nevhodné a může vést k matematicky nepřesným výsledkům.

Transformace s použitím geocentrických souřadnic

Obecně použitelný výpočet platný pro celý elipsoid, jeho přesnost záleží na přesnosti určení parametrů 7-mi prvkové Helmertovy transformace. Výpočetní postup je zde poněkud složitější než v předchozím případě.

- Převod rovinných souřadnic $[X, Y]_{\text{s-jtsk}}$ na zeměpisné souřadnice $[\varphi, \lambda]_{\text{Bessel}}$
- Převod zeměpisných souřadnic $[\varphi, \lambda]_{\text{Bessel}}$ na geocentrické souřadnice $[X, Y, Z]_{\text{Bessel}}$
- Helmertova prostorová transformace $[X, Y, Z]_{\text{Bessel}} \rightarrow [X, Y, Z]_{\text{Krasovský}}$
- Převod geocentrických souřadnic $[X, Y, Z]_{\text{Krasovský}}$ na zeměpisné souřadnice $[\varphi, \lambda]_{\text{Krasovský}}$
- Převod zeměpisných souřadnic $[\varphi, \lambda]_{\text{Krasovský}}$ na rovinné souřadnice $[X, Y]_{\text{s-42}}$

Kromě znalosti zobrazovacích rovnic je především nutno znát hodnoty 7-mi parametrů Helmertovy transformace, tj. posuny středu jednoho elipsoidu vůči druhému, vzájemné náklony os a změnu zploštění - viz transformace geocentrických systémů. Tento způsob transformace je v současné době v prostředí GIS naprosto převažující. Problémem může být používání různých hodnot transformačních parametrů. Hodnoty parametrů transformace se uvádějí v učebnicích vyšší geodézie, či jsou dostupné na internetu. V každém případě je nutno pečlivě ověřovat, zda vůbec a kým jsou tyto hodnoty garantovány.

5 Geografický a mapový kalkulátor MATKART

Pro praktické účely a vzhledem k ne zcela jednoduchému použití metody souřadnicových výpočtů jsou vytvářeny výpočetní programy - geografické kalkulátory, které danou problematiku řeší. Jsou výhodné, zejména pokud podporují hromadné zpracování dat. Na internetu lze nalézt různé podoby těchto transformačních softwarů. Jednotlivé aplikace se liší jak svou úrovní, se kterou úzce souvisí serióznost poskytovaných dat, tak možnostmi jejich použití. K dispozici jsou freewary, sharewary až ryze komerční produkty.

Jedním z komplexně zaměřených a vysoce přesných výpočetních aplikací je software MATKART, vyvíjený autory příspěvku. MATKART je zaměřen na oblast státního mapového díla středních měřítek, obsahuje programová, grafická, tabulková a textová řešení zaměřená na

- přepočty souřadnic mezi souřadnicovými systémy v rovině mapy a na elipsoidu
- výpočty v kladech listů státních civilních a vojenských mapových děl, tj. určení souřadnic rohů mapového listu ze zadané nomenklatury, nalezení mapy, do které padne bod o známých souřadnicích a poloha bodu v příslušné mapě, určení bodu v mapě jeho polohou vůči mapovému rámu a výsledný přepočet jeho polohy v rovinném souřadnicovém systému,
- klady a názvy mapových listů státních mapových děl historické i soudobé podoby, zejména I., II. a III. vojenské mapování, vojenské topografické mapy a základní mapy středních měřítek, geodetické a geografické souřadnicové systémy, viz systémy Gusterberg, Svatý Štěpán, S-JTSK, S-42, WGS84 a elipsoidy Besselův, Krasovského a WGS84,
- speciální geodetické a kartografické výpočty.

The screenshot shows the MATKART application window with the 'Souřadnicový kolotoč' (Coordinate Converter) dialog box open. The interface includes a menu bar, a toolbar, and several input fields and tables.

Vstupní souřadnicový systém: S-JTSK

Vstup dat: z klávesnice (selected), ze souboru »

Vstup ze souboru *.xls, *.txt: D:\WB6-projekty\MATKART07\Datove soubory\kolotoc-data\DataKolo1.xls

Číslo bodu	Y m	X m	pop
1	777777	1111111	boc
2	777765	1111234	roh
3	777632	1123456	nár
4	776543	1198765	sou
5	779877	1134567	nát
6	785634	1034567	pop
7	745342,00	1234567,00	nár
8	745454,56	1212126,8	Kla
9	712233	1238409	roh

Výstup do souboru *.xls: D:\WB6-projekty\MATKART07\Datove soubory\kolotoc-data\lv1.xls

Fi Bessel'	"	Lambda Gr'	"	
49	26	17,501	14	4
49	26	13,614	14	4
49	19	42,476	14	5
48	39	33,142	14	1†
49	13	36,117	14	5
50	6	33,886	13	4†
48	22	41,256	14	4†
48	34	40,878	14	4†
48	22	40,128	15	1†
49	28	37,264	14	5†
4R	33	44,196	15	n

S-JTSK

	Fi	D	M	S
Y-jtsk	777777 m	49	26	17,501
X-jtsk	1111111 m	31	44	21,376
	Lambda Ferro	14	4	21,376
	Lambda Gr.			

S-42

	Fi	D	M	S
X 42	5478836,8 m	49	26	16,418
Y 42	3432789,5 m	14	4	23,981
	Lambda Gr.			3

WGS84

	Fi	D	M	S	zóna
N utm	5476504,6 m	49	26	14,932	
E utm	432692,3 m	14	4	17,794	33
	Lambda Gr.				

Obr. 5: MATKART – uživatelské rozhraní.

Zdroj: vlastní zpracování

Při výpočetních operacích MATKART používá exaktní analytické vztahy a globální transformační klíče, tj. klíče s platností pro celé území ČR a SR, přesnost transformací souřadnic je submetrová. MATKART má několik modifikací, bezplatná edukační verze je zavedena do výuky a výzkumu na mnoha vysokých školách v ČR, kde se vyučuje geoinformatika ve spojení s geodézií, kartografií a geografii.

Tento příspěvek byl podpořen grantem GAČR 205/07/385 „Kartografická a semiotická analýza a vizualizace starých map českých zemí z období 1518-1720.

Literatura

- SNYDER., J.P.(1987):Map projections – a map working manual. U.S: geological survey professional paper 1395. United states government printing office, Washington.
- BUCHAR, P. (2002): Matematická kartografie. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- VEVERKA, B. (2004): Topografická a tematická kartografie 10. Vydavatelství ČVUT, Praha..
- ČECHUROVÁ, M.-VEVERKA, B. (2007) : Software MATKART – současný stav a vývojové trendy. Kartografické listy 15/2007, s. 34-40. Kartografická společnost Slovenské republiky a Geografický ústav Slovenské akademie věd, Bratislava. ISBN 80-89060-10-8, ISSN 1336-5274
- KABELÁČ, J., NOVÁK, P. (2006): Geodézie [online, cit. 8.11.2007]. Dostupné z WWW: <<http://gis.zcu.cz/studium/gev/geodezie/geodezie.pdf>>.
- TALHOFFER, V. (2007): Základy matematické kartografie. Studijní texty. ISBN: 978-80-7231-297-9, 157 s. Vydavatelská skupina UO, Brno.