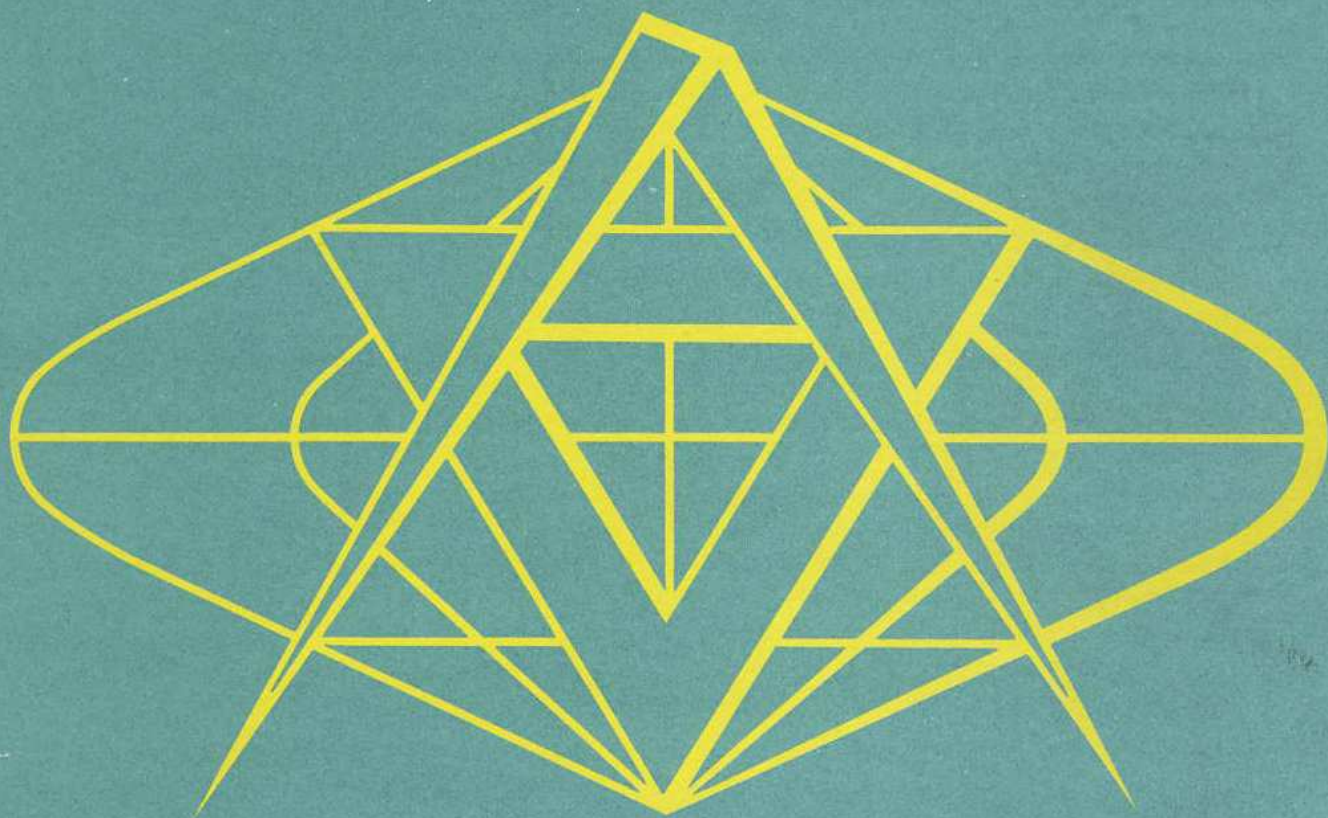


SBORNÍK TOPOGRAFICKÉ SLUŽBY



**VOJENSKÝ
TOPOGRAFICKÝ OBZOR**

1/91

OBSAH

	Strana
Pplk. Ing. Karel Raděj, CSc.: Vstříc půlstoletí katedry geodézie a kartografie Vojenské akademie v Brně	1
Plk. doc. Ing. Dalibor Vondra, CSc.: Čtyřicet let existence katedry geodézie a kartografie Vojenské akademie v Brně	3
<i>Recenzent: pplk. Ing. Karel Raděj, CSc.</i>	
Prof. Ing. František Miklošík, DrSc.: K zásadám řízení obnovy a modernizace topografických map	10
<i>Recenzent: plk. Ing. Vladimír Balšánek</i>	
Prof. Ing. Zdeněk Nevošád, DrSc.: K obnově základního polohového bodového pole	15
<i>Recenzent: Ing. Miloš Cimbálník, DrSc.</i>	
Pplk. Ing. Vlastimil Kratochvíl, CSc.: Automatické vyhledávání omylů a hrubých chyb v souboru měření	29
<i>Recenzent: doc. Ing. Vladimír Radouch, CSc.</i>	
Doc. Ing. Miloš Chmelík, CSc.: Některé možnosti stanovení parametrů jednoduchého modelu digitalizovaného obrazu	34
<i>Recenzent: doc. RNDr. Pavel Kovařík, CSc.</i>	
Prof. Ing. Jan Fixel, CSc.: Způsoby určování souřadnic družic v moderních navigačních systémech	40
<i>Recenzent: doc. Ing. Jan Melicher, CSc.</i>	
Kpt. Ing. Vladimír Olšovský: Spoločné spracovanie klasických a družicových meraní	48
<i>Recenzent: Ing. Jan Kostelecký, CSc.</i>	
Plk. doc. Ing. Dalibor Vondra, CSc.: Digitální modely terénu a geografické informační systémy jako nové produkty v oboru vojenské kartografie	53
<i>Recenzent: plk. Ing. Bohumil Vavřina, CSc.</i>	
Pplk. doc. Ing. Václav Talhofer, CSc.: Výstavba informačního systému o území a digitálního modelu terénu v TS ČSA	55
<i>Recenzent: Ing. Boris Tichý</i>	
Mjr. Ing. Marián Rybanský, CSc.: Územní informační systémy	57
<i>Recenzent: pplk. Ing. Petr Janský, CSc.</i>	
K životnímu jubileu plk. v zář. prof. Ing. Erharta Srnky, DrSc.	61

SBORNÍK TOPOGRAFICKÉ SLUŽBY. Neperiodická publikace vojenskoodborných článků a informací. Vydalo topografické oddělení GŠ ČSA. Řídí redakční rada. Předseda redakční rady: pplk. Ing. Zdeněk Širůček. Vedoucí redaktor: pplk. Ing. Petr Janský, CSc., Výzkumné středisko 090, Rooseveltova 23, Praha 6. Vytiskl Vojenský zeměpisný ústav Praha.

Za obsah článků odpovídají autoři. Neprošlo jazykovou úpravou.

Vstříc půlstoletí katedry geodézie a kartografie Vojenské akademie v Brně

Příležitost 40. výročí vzniku geodetického a kartografického studia na Vojenské akademii v Brně si zasluhuje zhodnotit výslednost a přínosy katedry geodézie a kartografie k rozvoji topografické služby, její bezprostřední vliv na rozvoj topograficko-geodetického zabezpečení ČSA a orientovat její úsilí do dalšího období.

Hlavním a nejvýznamnějším přínosem katedry za uplynulé období byla bezesporu úspěšná péče o výchovu a vysokoškolské vzdělávání mladých důstojníků - příslušníků topografické služby. Katedra za dobu svého působení vychovala řadu odborníků a všestranně připravených kádrů, kteří se významně uplatnili v mnoha odborných a velitelských funkcích. I ve výchovném procesu byly patrné dobré výsledky při formování patřičných charakterových a morálních vlastností posluchačů. Převážná část absolventů byla příkladem v pracovním úsilí, zájmu a iniciativě při plnění odborných úkolů v zastávaných funkcích, v osobním životě a v morálních a charakterových vlastnostech.

V průběhu vývoje a existence katedry bylo dosaženo výrazných výsledků v přípravě a růstu vědeckopedagogického sboru. Příkladná je zejména úroveň dosažených pedagogických a vědeckých hodnot, a to nejen v rámci Vojenské akademie, ale i ve srovnání s blízkými obory civilního vysokého školství. Vliv příslušníků katedry na dosahování trvale vysoké odbornosti a kvality výuky a výchovy je nespomý.

Zabezpečováním postgraduálního studia se katedra podílí na dalším odborném růstu funkcionářů a specialistů topografické služby v souladu s potřebami příslušného rozvoje oboru a novými úkoly a požadavky topograficko-geodetického zabezpečení ČSA.

Příslušníci katedry se významně podílejí na odborné úrovni centrálně organizovaných velitelských shromáždění a zaměstnání, na přípravách a provedení různých odborných seminářů a jednání. Vysokou odborností a přehledem nezřídka přispěli k úspěšnému vyřešení náročných úkolů služby. V celé činnosti katedry je patrné úzké sepětí teorie a praxe.

Kvalitní výsledky dosahuje katedra ve vědeckovýzkumné činnosti, a to nejen v rámci topografické služby, ale i v civilních vědeckovýzkumných programech. Jako příklad je možné uvést účast některých příslušníků katedry při rozvoji československých geodetických základů, při jejich převodu do souřadnicových systémů 1942 a 1942/83 a při celkovém zdokonalování čs. geodetického díla.

Z pozoruhodných výsledků v oblasti kartografické a geografické tematiky nutno připomenout podíl příslušníků katedry na zpracování Vojenského zeměpisného atlasu, na rozvoji topografické a speciální mapové tvorby a vojenskogeografických podkladů nebo na rozvoji teorie automatizované generalizace topografických map.

Nutno připomenout i s významným ohlasem přijímané výsledky prací v oblasti fotogrammetrie a informatiky.

Příslušníci katedry se zúčastňují mnoha anotačních a oponentních jednání, kde výrazně uplatňují své odborné dispozice, přispívají k objektivnímu posouzení projednávaných problémů a k přijetí závěrů odpovídajících potřebám praxe.

Rozsáhlé a plodné úrovně bylo dosaženo ve spolupráci katedry s mnoha katedrami v rámci Vojenské akademie i dalších, civilních vysokých škol, a to jak v oblasti pedagogické, tak i vědeckovýzkumné. Úroveň katedry je všeobecně uznávaná a bezesporu kvalitně reprezentuje Vojenskou akademii a topografickou službu ČSA.

Celkově lze říci, že činnost katedry od svého vzniku významně přispívá k rozvoji topograficko-geodetického zabezpečení ČSA zejména přípravou a výchovou budoucích specialistů, vedoucích pracovníků a funkcionářů a přímým podílem na řešení nejzávažnějších vědeckovýzkumných úkolů topografické služby. Vedle hodnocení pozitivní úlohy katedry geodézie a kartografie za uplynulé období je nutno při této příležitosti připomenout její hlavní úkoly a předpokládanou orientaci jejího úsilí v dalším období.

Období devadesátých let bude součástí významných vojenských a politických přeměn, jejichž důsledkem bude další prohlubování vzájemné důvěry mezi evropskými státy, vytváření a postupné zdokonalování nového bezpečnostního systému v Evropě.

Z těchto skutečností vychází nová vojenská obranná doktrína ČSFR, nové úkoly ČSA, kvalitativně nové požadavky vojsk a pojetí topograficko-geodetického zabezpečení jejich činnosti.

Charakter nových úkolů topografické služby ČSA je dán zejména:

- soustředěním obranného úsilí vojsk ČSA pouze na vlastní území;
- potřebou diferencovaného zabezpečení obranného úsilí ve stanovených operačních prostorech;
- náročností zabezpečení podstatné části hlavních obranných úkolů již v míru.

Obranný charakter činnosti ČSA ovlivňuje především pojetí tvorby a obnovy topografických map, a to z hlediska významu jednotlivých operačních prostorů a směrů s přihlédnutím k potřebám vojsk na vytváření, rozložení a dodání příslušných zásob. Úsilí bude soustředěno na dopracování koncepce a vytvoření jednotného celostátního mapového díla spoluprací vojenské topografické a civilní geodetické služby s výrazným podílem automatizovaných technologií na jeho tvorbě.

Kvalitativně nové jevy jsou patrné i v pojetí geodetického zabezpečení vojsk. Převážná část úkolů přímého geodetického zabezpečení potřeb RVD, letectva a PVO a dalších průzkumných radiotechnických a palebných prostředků bude řešena zejména v mírovém období. Významné místo při tom náleží nové mapě geodetických údajů a moderním technologiím GPS.

Řešení uvedených úkolů bude provázeno trvalým podílem služby na další modernizaci čs. geodetických základů a na jejich postupném zapojení do evropského geodetického regionu.

Rovněž v oblasti tvorby speciálních map a vojenskogeografických podkladů bude třeba zaměřit úsilí na zpřesnění nebo tvorbu kvalitativně nových podkladů jak z hlediska obsahu, tak i formy, vycházejících z požadavků nových zbraňových, průzkumných a velitelských systémů, z nových operačních a prostorových úkolů svazů a svazků, s výrazným uplatněním automatizovaných technologických procesů.

Značný důraz bude položen na budování perspektivních topografických informačních systémů.

Nové úkoly bude třeba řešit i v dalších oblastech topografického zabezpečení, a to zejména v materiálně technickém zabezpečení v důsledku reorganizace materiálních působností ČSA.

Všechny tyto úkoly jsou a v nejbližším období budou zabezpečovány souběžně s probíhající reorganizací a redislokací ČSA, jejichž důsledky se dotýkají i topografické služby.

Výše uvedené skutečnosti se zákonitě promítají do plné šíře vojenskoodborné činnosti služby a výrazně ovlivní zejména systém vysokoškolské přípravy a výchovy kádrů topografické služby. K nové koncepci obrany ČSFR, úkolům ČSA a topografické služby ČSA musí být plně přihlíženo v nových učebních programech a učebních plánech i v zaměření vědecké přípravy a vědecké činnosti posluchačů a příslušníků katedry.

V této souvislosti je nezbytné věnovat důslednou pozornost novému pojetí předpokládané profesní přípravy nejen důstojníků, ale i podílu katedry na přípravě budoucích praporčíků a poddůstojníků topografické služby, včetně přípravy důstojníků v záloze, soustředěné u Vojenské akademie.

Bude žádoucí promýšlet a zavádět nové formy a zaměření postgraduální přípravy funkcionářů topografické služby. Bude nutno uceleně a ve všech souvislostech zvládnout zejména disciplíny moderního řízení a organizace činnosti služby v současných vnitřních a mezinárodních podmínkách. Absolventi geodetického a kartografického směru musí být připraveni zastávat odpovídající funkce u všech teritoriálních a vojenských orgánů, ústavů a zařízení topografické služby. Důslednou pozornost je třeba věnovat plánování a řízení topograficko-geodetického zabezpečení činnosti štábů a vojsk.

Předmětu topograficko-geodetické zabezpečení činnosti vojsk je nutné stanovit novou koncepci a náplň, odpovídající aktuálním a perspektivním potřebám ČSA. Příslušníci katedry pak musí trvale usilovat o patřičný kontakt s potřebami vojsk a praktické poznatky v příslušných předmětech důsledně uplatňovat. Nadále bude vyžadována jejich účast na odborných zaměstnáních, nácvicích a cvičeních ústavů, útvarů a zařízení topografické služby.

U samotné katedry je nezbytné, aby se vzhledem ke své odborné a pedagogické úrovni stala garantem soudobosti a profesionalizace v topografické službě. Vzhledem k nové organizaci TS musíme spoléhat, že katedra problematiku výzkumu a vývoje ve službě neponechá nahodilostem či osobní orientaci svých příslušníků, ale bude sama iniciátorem a nositelem nových směrů ve vědeckotechnickém pokroku u TS ČSA.

K tomu je nutné trvale prohlubovat a zdokonalovat moderní pojetí vysoké školy, kde pedagogická činnost je podmiňována přínosy v oblasti informační, výzkumné i vědeckopopularizační.

Naše katedra může díky tomu, že je součástí Vojenské akademie, zachytit požadavky vojsk kladené moderní vojenskou technikou na obsah a formy topograficko-geodetického zabezpečení a tak ukazovat cestu, kterou se bude v blízké budoucnosti ubírat.

Současná doba přináší velké možnosti pro vyhodnocování zkušeností, přínosů zahraničních armád k teorii a praxi topograficko-geodetického zabezpečení. Zvláště s ohledem na změněnou vojenskou doktrínu ČSFR musíme hledat ekvivalentní model pro TS ČSA, který bude promítnut i do přednášek z příslušných předmětů.

Vedle toho musíme přikročit k vyhodnocení stylu práce, funkce kateder vysokých škol ve vyspělých zemích, role pedagogů ve všech významných souvislostech teorie a praxe se vztahem k perspektivě. Tento úkol považuji pro katedru za velmi aktuální. Nejde zde o nějakou teoretickou spekulaci, ale o modernizaci funkce katedry, zapojení do aktuálních přeměn služby, produkci nových myšlenek a podnětů.

Pro budoucnost služby i budoucnost katedry v rámci profesionalizace armády je důležité objektivní stanovení úrovně a jejich výkonnosti v rámci ČSFR a srovnání s obdobnými institucemi v zahraničí. Z hlediska katedry se to týká osnov výuky, metodiky výuky, tvorby nebo přebírání pomůcek, skript, aplikace zahraniční literatury, přednášek ve světovém jazyce v nejvyšších ročnících, publikační činnosti, podílu na vědeckovýzkumné činnosti, expertní činnosti atp.

Jsem přesvědčen, že katedra má všechny předpoklady, aby i nadále byla předním vzdělávacím, výzkumným a koncepčním pracovištěm geodézie a kartografie nejen v TS ČSA, ale v celé ČSFR a aby zaujímala čestné místo v rámci vojenského školství.

Věřím, že všichni příslušníci katedry naváží na kvalitní výsledky práce v uplynulém období a svým výrazným podílem přispějí ke splnění nových úkolů topografické služby ČSA v dalším období.

Došlo 14. 5. 1991

Čtyřicet let existence katedry geodézie a kartografie Vojenské akademie v Brně

Stalo se již tradicí, že při výročních existencí Vojenské akademie si připomíná obdobné výročí i katedra geodézie a kartografie.

Poslední příležitostí bylo 35. výročí v roce 1986, které si tehdy současní a dřívější příslušníci katedry připomínali spolu s desítkami absolventů studia. Tato akce byla spojena se seminářem, který byl věnován především problematice kartografie a jehož téma bylo: "Rozvoj vojenské kartografie v topografické službě ČSA".

Seminář uvedlo vystoupení tehdejšího dlouholetého náčelníka katedry a významného představitele kartografie v ČSA i v republice plk. prof. Ing. Erharta Srnky, DrSc. Ve svém příspěvku "K třiceti pěti letům vývoje katedry geodézie a kartografie na VAAZ" se kromě velmi cenné a podrobné faktografie autor orientoval na vystižení stěžejních činitelů, které v rozhodující míře ovlivnily převážně pozitivní výsledky dosahované v hodnoceném období. Domnívám se, že není formální si tyto činitele dnes stručně připomenout. Jsou to mimo jiné:

- vznik studia byl spojen s přechodem podstatné části učitelů z původní civilní katedry, což významně přispělo k udržení vysokoškolské úrovně vojenského studia hned od jeho počátku;

- ve funkcích náčelníků i dalších funkcionářů katedry bylo dosaženo poměrně značné stability;

- trvale se dařilo udržovat či prohlubovat vysokou pedagogickou a vědeckou úroveň, odbornou aktivitu kolektivu katedry;

- postupně se zlepšovalo, případně alespoň udržovalo na potřebné úrovni materiální a technické zabezpečení katedry i studia;

- až na výjimky byla velmi dobrá součinnost katedry s orgány velení i provozními pracovišti a útvarů topografické služby.

Poslední tři činitele, spolu s postupným a plynulým omlazováním kolektivu učitelů, měly zásadní vliv i na další pozitivní vývoj katedry v létech 1986 až 1991.

Při příležitosti čtyřicátého výročí vzniku katedry geodézie a kartografie považuji za účelné stručně uvést některé souhrnné údaje o činnosti katedry od jejího vzniku. K jejich zpracování jsem použil též některých dat publikovaných v dřívějších hodnoceních vývoje katedry [1], [2], [3]:

Organizační vývoj katedry od roku 1986 byl podrobně popsán v [3]. Omezím se proto u této problematiky jen na období posledních pěti let. V tomto období došlo k odchodu některých starších učitelů a katedra byla postupně doplněna pěti mladšími odborně zdatnými příslušníky služby. Všichni před nástupem funkce absolvovali interní vědeckou aspiranturu (pplk. doc. Ing. Václav Talhofer, CSc., pplk. Ing. Antonín Šmíd, CSc., pplk. Ing. Vlastimil Kratochvíl, CSc., mjr. Ing. Karel Sukup, CSc., a mjr. Ing. Marián Rybanský, CSc.). Jejich předností je výrazně aktivní přístup k moderním technologiím, které v převážné míře úzce souvisejí s uplatňováním výpočetní techniky a počítačové grafiky.

Nejzávažnějšími změnami ve výkonu vedoucích funkcí na katedře bylo jmenování plk. doc. Ing. Dalibora Vondry, CSc., náčelníkem katedry (listopad 1986), plk. doc. Ing. Miloše Chmelíka, CSc., zástupcem náčelníka, pplk. doc. Ing. Václava Talhofera, CSc., a mjr. Ing. Karla Sukupa, CSc., náčelníky odborných skupin.

V současné době jsou v kolektivu katedry 4 profesori a 4 docenti. Doktory věd jsou 2 učitelé a kandidáty věd 11 učitelů. I po odchodu některých starších učitelů si katedra zachovala vysokou pedagogickou a odbornou úroveň, kterou předstihuje většinu ostatních pracovišť na akademii. Tím i nadále navazuje na svou dlouholetou tradici, kdy na katedře působila řada významných československých odborníků. Z různých hledisek zajímavý seznam všech dosavadních členů katedry geodézie a kartografie s bližšími charakteristikami jejich funkce uvádím v příloze 1. Seznam ukazuje, že v uplynulých čtyřiceti letech na katedře působilo celkem 81 pracovníků, z toho bylo 48 učitelů.

V pedagogické oblasti katedra zabezpečovala po celou dobu své existence především základní vysokoškolskou přípravu vojenských specialistů v oboru geodézie a kartografie. Učitelé katedry vyučovali u specializace kolem 20 různých předmětů, ostatní předměty byly zajišťovány dalšími katedrami VA. Od roku 1954 (kdy vycházeli první vojenští absolventi) do roku 1991 dokončilo vojenské studium celkem 455 absolventů.

Významným úkolem katedry v uplynulých letech bylo i zabezpečování postgraduálního studia oboru geodézie a kartografie. Postgraduální příprava proběhla poprvé již ve školním roce 1964/65 a byla první v rámci celého československého studia geodézie a kartografie. Dosud bylo organizováno 8 postgraduálních kursů, z toho 1 dvouletý, 4 roční a 3 tříměsíční. Absolvovalo je celkem 95 předních pracovníků TS.

Katedra geodézie a kartografie rovněž zabezpečovala výuku frekventantů řady různých kursů, organizovaných pro středoškolské kádry topografické služby, nebo se na ní zúčastňovala.

Kromě výuky studentů vlastní specializace se katedra vždy podílela asi třetinou své pedagogické kapacity na přípravě studentů jiných specializací Vojenské akademie. Byly vyučovány předměty vojenská topografie pro všechny vojensko-inženýrské specializace, inženýrská geodézie u vojenských stavebních oborů, geografie, topografie a astronomie u vojenské povětrnostní služby, topografické zabezpečení vojsk pro velitelské obory a příležitostně i některé další aplikované předměty pro různé obory včetně specializací školených na zahraniční fakultě.

Charakter výchovně vzdělávacího procesu se postupně vyvíjel v závislosti na rozvoji topograficko-geodetického zabezpečení v ČSA a na nových poznacích v oboru geodézie, fotogrammetrie a kartografie. Učební plány a programy studia se v uplynulých letech mnohokrát přepracovávaly a upravovaly. V průměru obsahovaly kolem čtyřiceti předmětů rozdělených na skupiny předmětů společenskovedních, operačně taktických a vojenských, vojenskoodborných a všeobecně teoretických. Podíl jednotlivých skupin předmětů na celkové výuce se v průběhu minulých let měnil. Celkově lze konstatovat, že v učebních plánech, v učebních programech i v obsahu vlastní výuky se postupně prohluboval vojenský charakter studia, zvýrazňovalo se sepětí teorie s praxí a zkvalitňovala se i metodika výuky.

Významnou podmínkou úspěšné učebně výchovně práce katedry bylo její materiální a technické zabezpečení. Po celou dobu existence katedry se vcelku dařilo plynule doplňovat, obnovovat a modernizovat její materiální základnu, zejména péčí TS a týlových orgánů VA. Bylo důležité, že se katedra postupně vybavovala technikou, jednotně zaváděnou v TS. K naplňování cílů studia byly ve značném rozsahu využívány i praxe a stáže posluchačů u útvarů a ústavů služby.

Od svého vzniku plnila katedra geodézie a kartografie rovněž funkci školicího pracoviště při vědecké přípravě příslušníků TS, výjimečně i dalších složek. Vědeckou přípravu pod vedením učitelů katedry absolvovalo a před příslušnými komisemi a vědeckými radami obhájilo své kandidátské práce dosud 40 aspirantů. Jmenný seznam uvádím v příloze 2. V současné době je ve vědecké přípravě dalších 12 aspirantů. Do roku 1981 převládala forma externí aspirantury, později započala i plánovitá příprava mladých příslušníků TS formou interní aspirantury s perspektivou jejich dalšího působení na katedře.

Součástí pedagogického růstu učitelů katedry byly i habilitace a získávání titulu docent. Od vzniku katedry jmenovala vědecká rada fakulty a akademie 14 docentů v oboru geodézie nebo kartografie, jejichž seznam obsahuje příloha 3. Kromě Ing. dr. Ericha Šestáka a gen. Ing. dr. Jana Klímy byli všichni jmenovaní docenti příslušníky katedry.

Z členů katedry geodézie a kartografie dosáhli vědeckého titulu doktor věd:

plk. doc. Ing. Erhart Srnka, CSc.	1980 (doktor geografických věd);
doc. Ing. Zdeněk Nevošád, CSc.	1980 (doktor technických věd);
doc. Ing. František Miklošík, CSc.	1988 (doktor technických věd).

Pedagogický titul vysokoškolský profesor získali tito učitelé katedry:

plk. Ing. dr. Josef Vykutíl	1953;
doc. Ing. dr. Adolf Fiker	1956;
doc. Ing. dr. Jan Lauschmann	1957;
plk. doc. Ing. dr. Bedřich Chrástil	1963;
plk. doc. Ing. Erhart Srnka, DrSc.	1981;
doc. Ing. Zdeněk Nevošád, DrSc.	1981;
doc. Ing. Lubomír Laueremann, CSc.	1983;
doc. Ing. Jan Fixel, CSc.	1984;
doc. Ing. František Miklošík, DrSc.	1990.

Ve vědeckovýzkumné a odborně technické oblasti se katedra po celou dobu své existence podílela na řešení celé řady významných úkolů TS. Podrobný výčet všech těchto aktivit by rozhodně vydal na samostatný příspěvek. Proto se zde omezíme pouze na ty, které měly a mají zásadní význam, případně svými důsledky přesahují rámec TS nebo armády.

V oblasti geodézie se výzkumná práce učitelů nejdříve orientovala na transformaci jednotné polohové geodetické sítě do souřadnicového systému 1952, na první vyrovnání Jednotné astronomicko-geodetické sítě a na převod polohových geodetických sítí nižších řádů do souřadnicového systému 1942 (Böhm, Vykutíl, Pavlica). Příslušníci katedry se také podíleli na rozvoji tehdy nových metod elektronického měření délek i zpracování výsledků měření (Vykutíl, Nevošád). Později se v rozsáhlé míře zúčastnili přípravy zaměření základny kosmické triangulace, nového vyrovnání Jednotné astronomicko-geodetické sítě a převodu polohových geodetických sítí nižších řádů do nového souřadnicového systému 1942/83 (Vykutíl, Nevošád, Pavlica, Fixel, Prachař). Při zavádění nové výpočetní techniky v TS se podíleli na programovém zabezpečování nových počítačů (Pavlica, Fixel, Prachař, Franěk) a na první i druhé modernizaci malé výpočetní techniky (Pavlica, Nevošád). Nezanedbatelná byla rovněž účast katedry při vývoji a geodetickém zabezpečení radiotechnických průzkumných prostředků (Nevošád, Chmelík) a při rozvoji moderních metod vytyčování velkých týlových mostů (Nevošád, Novotný, Chmelík).

Významný byl přínos katedry v oblasti kartografie. Příslušníci katedry tvořili základní složku zpracovatelů Československého vojenského atlasu (Šimák, Laueremann, Srnka) a významná byla i jejich práce při tvorbě Vojenského zeměpisného atlasu (Srnka, Laueremann). Výsledky rozboru přesnosti topografických map, zpracované na katedře, byly přijaty jako základní kritéria přesnosti map (Srnka, Pavlica, Severa, Kočenda). Široký mezinárodní ohlas měla teorie matematicko-logického modelování kartografické generalizace (Srnka). Návrh digitálního modelu terénu je využíván různými složkami ČSA i civilními pracovišti (Vondra, Talhofer). Příslušníci katedry se v uplynulých letech vždy podíleli též na rozvoji vojenského mapového díla (Laueremann, Miklošík, Srnka) a na řízení celého výrobního cyklu vojenských map (Miklošík). Zúčastňují se řešení digitální mapy v rámci leteckého palubního elektronického systému (Vondra, Srnka), podílejí se na vývoji informačních systémů o území (Rybanský) a přispěli i k rozvoji mnoha dalších oblastí geografického a kartografického zabezpečení vojsk.

V oboru fotogrammetrie byla v počátečních letech existence katedry věnována pozornost zejména zavádění nové techniky do mapovacích prací (Fiker, Kudělásek). Na katedře byla později vypracována první metoda analytické aerotriangulace (Krátký) včetně potřebného programového aparátu, která se v dalších letech postupně zdokonalovala a zaváděla do praxe

(Franěk). Později se pozornost učitelů katedry zaměřila zejména na aplikace poznatků DPZ v topograficko-geodetickém zabezpečení (Kudělásek, Franěk) a v posledních letech na zavádění automatizační techniky do fotogrammetrických vyhodnocení leteckých a kosmických snímků (Sukup).

Vedoucí funkcionáři katedry se věnovali i vědecké práci související se zpracováním prognóz vývoje studia, tvorbou učebních plánů a programů a celkovému zkvalitnění přípravy specialistů TS (Vykuřil, Chrastil, Srnka, Miklošik, Vondra, Chmelík a další). Někteří vědeckopedagogičtí pracovníci se podíleli i na prognostických pracích k rozvoji TS (Miklošik, Chmelík, Lauer mann a další).

K zavádění výsledků výzkumné práce katedry do praxe přispívaly též zpracované bohaté učební fondy a odborné články zveřejňované v různých publikacích.

Katedra napomáhala rozvoji vojenské geodézie, kartografie a fotogrammetrie uspořádáním celé řady symposií, konferencí a odborných seminářů pro příslušníky TS. Některé akce měly celoarmádní nebo celostátní charakter. Značně rozsáhlá byla oponentská a recenzní činnost katedry. Lze říci, že učitelé katedry posuzovali převážnou většinu výzkumných zpráv, odborných článků a dalších prací k rozvoji vědy a techniky v rámci TS.

Velmi rozsáhlá byla vždy spolupráce katedry geodézie a kartografie se všemi složkami TS, katedrami VA a vojenskými výzkumnými pracovišti. Učitelé katedry též úzce spolupracovali s civilními katedrami zabezpečujícími výuku v oborech geodézie, kartografie, fotogrammetrie a geografie na ČVUT Praha, SVŠT Bratislava, VUT Brno, UK Praha, KU Bratislava, MU Brno nebo s civilními ústavami a pracovišti ČUGK, SÚGK, ČSAV apod. Spolupráce měla a má různý charakter, od přímé účasti na výuce a podílu na řešení výzkumných úkolů, oponentování výzkumných zpráv, odborných prací a publikací až k účasti v oponentních komisích, státních zkušebních komisích, komisích pro obhajoby doktorských a kandidátských disertačních prací atd. Lze říci, že autorita předních pracovníků katedry geodézie a kartografie VA na civilních katedrách a pracovištích významně přispívala ke kladnému posuzování významu celé katedry a přeneseně i TS.

Odborné aktivity učitelů katedry odpovídala i jejich rozsáhlá účast v orgánech ČSVTS (Kudělásek, Nevošád, Miklošik, Lauer mann, Srnka, Vykuřil, Franěk, Sukup). V orgánech mezinárodního charakteru působilo rovněž několik příslušníků katedry (Kudělásek, Srnka, Nevošád, Fixel).

Práce příslušníků katedry byla na základě uvedených výsledků v uplynulých 40 letech převážně velmi pozitivně hodnocena a v souladu s tím i oceňována. To zavazuje i současný vědeckopedagogický kolektiv katedry k ještě důslednější a kvalitnější činnosti ve všech oblastech a součástech výchovně vzdělávací práce i vědeckovýzkumné činnosti ve prospěch topografické služby a ČSA.

Literatura:

- [1] SRNKA, E. - CHRASTIL, B.: 25 let geodeticko-kartografického studia na VAAZ. In: Sbor. topogr. Služby, 1976, č. 1.
- [2] SRNKA, E.: Třicet pět let vojenského studia geodézie a kartografie. In: Sbor. Voj. Akad. A. Zápotockého, Ř. D, 1986, č. 3.
- [3] SRNKA, E.: K třiceti pěti letům vývoje katedry geodézie a kartografie na VAAZ. In: Sbor. topogr. Služby, 1987, zvl. č.

Došlo 13. 2. 1991

Seznam dosavadních příslušníků katedry

U učitel	v voják z povolání	NK náčelník katedry
L laborant	c civilní pracovník	ZNK zást. náčelníka
T technik		NL náčelník laboratoří
A adm. síla		
AUST Rudolf	Lc 1956-58	
BALABÁN Lubomír	Lc 1956-59 NL	
BÁRTOVÁ Ludmila	Lc 1964-82	
BÁTĚK Jaromír	Uv 1955-58 NK	
BERGEROVÁ Jana	Ac 1954-56	
BŮHM Josef	Uc 1951-53 NK	
BOSCHETTYOVÁ Ludmila	Ac 1963-86	
CIMBÁLNÍK Miloš	Uc 1951-56	
CUPAL Zdeněk	Uv 1953-57 ZNK	
	Uv 1967-71	
ČEJKA Vladimír	Uv 1967-74	
ČERMÍN Karel	Uv 1952-53	
DANĚK Jan	Lc 1971-	
DANÍK Josef	Uv 1967-68	
DOLEŽAL Lubomír	Lc 1953- NL	
DORČÁK Otto	Lc 1953-90	
FIKER Adolf	Uc 1951-59	
FIXEL Jan	Uc 1951-	
FRANĚK Josef	Uv 1968-90	
	Tc 1990-91	
FUCHS Alois	Lc 1955-58	
HALUZOVÁ Marie	Ac 1988-	
HÁLEK Karel	Uv 1951-54	
HANÁK Bohumil	Uv 1956-57	
HOFMANN Alois	Uc 1978-	
HORNÍK Václav	Uv 1956-57	
HORTENSKÁ Božena	Lc 1964-75	
HYBÁŠEK Jaroslav	Uc 1951-58	
CHMELÍK Miloš	Uv 1965- ZNK	
CHRÁSTIL Bedřich	Uc 1951-52	
	Uv 1952-55 NK	
	Uv 1958-60 NK	
	Uv 1967-74 NK	
	Uc 1974-83	
JAKUBKA Ivo	Uc 1951-58	
JEŽEK Jaromír	Uc 1963-71	
KAZDA Jan	Lc 1951-61	
KLEČKA Kamil	Uv 1966-74	
KLIMEŠ Karel	Lc 1952-56	
KOSAŘ Karel	Uv 1958-83	
	Uc 1984-85	
KOČENDA Antonín	Uv 1956-57	
KOUKOLOVÁ-SÁSIKOVÁ Lenka	Ac 1986-88	
KOUŘIL Svatopluk	Lc 1974-76	
KRÁTKÝ Vladimír	Uc 1951-68	
KRATOCHVÍL Vlastimil	Uv 1988-	
KRUS Svatopluk	Tv 1952-53	
	Tv 1968-70	
KUČERA Miroslav	Lc 1952-88	
KUDĚLÁSEK Radim	Uv 1953-80 ZNK	
	Uc 1980-86	

KUPČÍK Ludvík	Uv 1967-71
KUŽÍLKOVÁ Marie	Ac 1958-63
LAUERMANN Lubomír	Uc 1951-
LAUSCHMANN Jan	Uc 1957-64
MATOUŠEK Jiří	Lc 1988-
MIKLOŠÍK František	Uv 1970-80 ZNK
	Uc 1981-
MUSIL Jaroslav	Lc 1951-77
NEVOSÁD Zdeněk	Uc 1951-
NOVOTNÝ Jaroslav	Uv 1963-89
OBROVSKÝ Jaroslav	Lc 1960-62 NL
ODLOŽÍLKOVÁ Marie	Lc 1954-55
PÁNEK František	Lc 1951-77
PAVLICA Věnek	Uv 1961-
PLACHÁ Drahomíra	Ac 1951-53
POPOVSKÁ Anna	Ac 1953-58
POSPÍŠIL Josef	Uv 1971-76
PRACHAŘ Jaroslav	Uv 1966-84
	Uc 1985-88
PROCHÁZKA Jaroslav	Uc 1951-52
	Uv 1952-54
ROUT Václav	Uv 1951-54
RYBANSKÝ Marian	Uv 1990-
ŘEPOVÁ Marie	Ac 1953-58
SAMUELOVÁ Marie	Tc 1968-69
SEVERA Jaroslav	Uv 1955-69 ZNK, NK, ZNK
SKOUPÝ Stanislav	Lc 1970-71
SKÝVA Jan	Uv 1958-60
SRNKA Erhart	Uv 1951-86 ZNK, NK
	Uc 1987-91
SUKUP Karel	Uv 1986-
SÜSSEROVÁ-PAVELKOVÁ Al.	Tc 1952-53
ŠESTÁK Tomáš	Uv 1953-58
ŠIMÁK Bohuslav	Uv 1954-65
ŠIMEK Pavel	Lc 1982-83
ŠIMKOVÁ Eliška	Lc 1952-62
ŠMÍD Antonín	Uv 1984-
ŠMÍD Miroslav	Lc 1953-76
TALHOFER Václav	Uv 1983-
VLACH Vratislav	Uv 1952-58
VONDRA Dalibor	Uv 1980- ZNK, NK
VRCHOTOVÁ Olga	Ac 1951-53
VYKLICKÝ Vladimír	Uv 1975-89
VYKUTIL Josef	Uv 1951-72 ZNK, NK
	Uc 1972-73
ZOUVALA Antonín	Tv 1952-53

Přehled kandidátských disertačních prací obhájených na katedře

Jméno disertanta	Obhajoba
Ing. Miloš CIMBÁLNÍK	1956
Ing. Vladimír KRÁTKÝ	1959
pplk. Ing. Radim KUDĚLÁSEK	1961
Ing. Lubomír LAUERMANN	1961
pplk. Ing. Erhart SRNKA	1964
Ing. Zdeněk NEVOSÁD	1965
Ing. Jan FIXEL	1968
pplk. Ing. Jaroslav SEVERA	1968
pplk. Ing. Karel KOSAŘ	1969
Ing. Jaromír JEŽEK	1969
pplk. Ing. Věnek PAVLICA	1970
plk. Ing. Vladimír VAHALA	1971
pplk. RNDr. Jaromír BYSTRÝ	1970
pplk. Ing. Dalibor VONDRA	1976
pplk. Ing. Josef FRANĚK	1976
pplk. Ing. Jaroslav PRACHAŘ	1976
plk. Ing. Zdeněk KARAS	1976
Pavel KOVAŘÍK, prom. mat.	1980
Ing. Bohumil MALEČEK	1981
mjr. Ing. Bohumil VAVŘINA	1981
mjr. Ing. Dalibor MORAVEC	1981
kpt. Ing. Karel RADĚJ	1982
Ing. Jan ŘÍKAL	1982
Ing. Nguyen Dinh DUONG	1983
kpt. Ing. Václav TALHOFER	1984
kpt. Ing. Vu HUAN	1984
kpt. Ing. Josef JANOŠEC	1984
kpt. Ing. Petr JANSKÝ	1984
RNDr. Dagmar HORŇÁKOVÁ	1985
pplk. Ing. Dušan ROSA	1986
kpt. Ing. Karel SUKUP	1986
Ing. Alois HOFMANN	1987
pplk. Ing. Vladimír ŠILHAN	1987
Ing. Miloš TŮMA	1988
mjr. Ing. Vlastimil KRATOCHVÍL	1988
mjr. Ing. Antonín ŠMÍD	1988
pplk. Ing. Jaroslav ZEMEK	1989
mjr. Ing. Marian RYBANSKÝ	1990
pplk. Ing. Zdeněk ALBRECHT	1990
pplk. Ing. Viliam VATRT	1990

Ze současných příslušníků katedry získali hodnost kandidáta věd na jiném školicím pracovišti:

pplk. Ing. František MIKLOŠÍK	1970
pplk. Ing. Miloš CHMELÍK	1980

Přehled docentských habilitací

Jméno habilitanta	Habilitace	Jmenování
pplk. Ing. RNDr. Bohuslav ŠIMÁK		1959
Ing. dr. Erich ŠESTÁK		1963
gen. Ing. dr. Jan KLÍMA		1964
Ing. Vladimír KRÁTKÝ, CSc.	1964	1965
Ing. Zdeněk NEVOSÁD, CSc.	1966	1967
pplk. Ing. Erhart SRNKA, CSc.	1969	1972
Ing. Lubomír LAUERMAN, CSc.	1971	1974
Ing. Jan FIXEL, CSc.	1975	1976
plk. Ing. František MIKLOŠÍK, CSc.	1977	1978
pplk. Ing. Věnek PAVLICA, CSc.	1980	1981
plk. Ing. Dalibor VONDRA, CSc.		1982
plk. Ing. Josef FRANĚK, CSc.		1982
pplk. Ing. Miloš CHMELÍK, CSc.		1985
mjr. Ing. Václav TALHOFER, CSc.		1990

K zásadám řízení obnovy a modernizace topografických map

1. Úvod

Problematika obnovy a modernizace topografických map našeho území se stala, zejména v posledním desetiletí, velmi aktuálním a živým tématem. Hlavní úsilí směřovalo k hledání cest zvýšení kvality a efektivity této práce. Provedené výzkumy, shrnuté např. v [2] a [4], i četné odborné diskuse a polemiky přinesly řadu cenných poznatků a příznivě ovlivnily kvalitu zpracovaného projektu 4. obnovy topografických map, podle kterého tyto práce dosud probíhají. Vojenskopolitické, ekonomické i organizační změny, k nimž u nás od konce roku 1989 dochází, však změnily i některé výchozí předpoklady, za nichž byl tento projekt zpracován. Proto je nutné přistoupit k jeho revizi a přizpůsobení novým podmínkám.

Nejzávažnější změny ve způsobu řešení obnovy a modernizace topografických map patrně vyplynou z požadavků nové vojenské doktríny ČSFR a z ní odvozené postupné přestavby a snižování počtů ČSA. V důsledku přehodnocování stanovisek k utajování topografických map, pokračující ekonomické reformy i reorganizace státní správy lze rovněž očekávat různé změny v rozsahu a charakteru spolupráce TS ČSA s civilními resorty geodézie a kartografie při tvorbě a obnově map středních měřítek. To vše vyvolává řadu naléhavých otázek týkajících se nejen odborně technického řešení daného problému, ale především samotného řízení této problematiky.

Efektivní řízení obnovy a modernizace topografických map musí respektovat řadu objektivních vlastností a omezení i historické souvislosti tohoto procesu. Při přípravě návrhů všech konkrétních opatření je proto nutné důsledně vycházet jak ze znalosti očekávaného vývoje potřeb uživatelů a možností TS, tak z důkladné znalosti současného stavu i ze znalosti cest, kterými jsme tohoto stavu dosáhli. Je ovšem stejně důležité (a pro efektivní řízení velmi významné) umět nejen ve vhodnou dobu prosadit žádoucí a potřebné změny, ale zároveň podpořit a zachovat vše, co se v minulosti osvědčilo, co tvoří základ těžko nahraditelné profesionální tradice a co může zajistit kontinuitu růstu efektivity a kvality této práce.

2. Výchozí hlediska k řešení dané situace

Obnova a modernizace topografických map patří k základním a trvalým úkolům TS ČSA. Vyplyvá to nejen z požadavků platných předpisů, ale potvrzuje to i celý dosavadní vývoj této problematiky. Velký význam tvorby a obnovy topografických map pro aktuální i perspektivní potřeby topograficko-geodetického zabezpečení ČSA byl potvrzen též výsledky šetření a expertních hodnocení dokumentovaných v [6].

Prokazatelná a v technických oborech dosti výjimečná kontinuita aktivní a rozhodující účasti vojenských složek na tvorbě topografických map pokračuje již od zahájení 1. vojenského mapování v roce 1763. Tato tradice nebyla dosud v našich zemích výrazněji narušena žádnými politickými, vojenskými či jinými změnami, včetně historických důsledků 1. a 2. světové války. Jde o přirozený odraz toho, že topografické mapy dosud byly a zřejmě budou i do budoucna nejvíce využívány především pro potřeby obrany státu, i když jejich obsah byl již od 3. vojenského mapování po roce 1870 důsledně koncipován též pro potřeby co nejširšího využití v národním hospodářství, ve vědě i státní správě.

Dlouhodobě a systematicky rozvíjená tradice umožnila TS ČSA získat velmi bohaté znalosti a zkušenosti z tvorby a obnovy topografických map i jejich využívání v praxi. Vedle všestranného zvládnutí technologie a organizace to přispělo též k hlubšímu systémovému chápání této činnosti jako součásti vyššího společenského celku se všemi z toho vyplývajícími důsledky [4]. Protože využití těchto poznatků a zkušeností může mít velký vliv na kvalitu a společenskou efektivnost obnovy a modernizace topografických map, měly by být samotnými subjekty řízení podrobně studovány a ve všech etapách řízení důsledně respektovány.

Jako nejzávažnější a nejobtížnější se jeví zejména problém správného stanovení cílů, vymezení rozhodujících podmínek ovlivňujících jejich splnění i vypracování návrhu optimálního postupu řešení, a to jak z hlediska věcného, tak i prostorového a časového. Dosavadní zkušenosti TS ČSA potvrdily, že je nutné přitom vycházet alespoň z těchto nezbytných podkladů:

- a) z průzkumu a hodnocení skutečného stavu mapového díla;
- b) z průzkumu a hodnocení potřeb a možností využití mapového díla v praxi;
- c) z prognózy vývoje podmínek, které mohou nejvýrazněji ovlivňovat jak realizaci projektu obnovy a modernizace mapového díla, tak i jeho využití.

Teprve po zvážení všech těchto výsledků lze dospět k formulaci reálných alternativ řešení i výběru nejvhodnějších z nich. Je však nutné se přitom důsledně vyhnout jednostranným hodnocením motivovaným pouze zájmy výrobců bez přihlídnutí k reálným uživatelským přínosům.

3. Přístupy k hodnocení stavu mapového díla

Komplexní znalost skutečného stavu mapového díla je první a nezbytnou podmínkou efektivnosti řízení jeho další obnovy a modernizace. Myslí se tím jak znalost technických parametrů jednotlivých map, tak především důkladná znalost celkové úrovně zabezpečení zájmového území uvažovanými mapovými podklady.

Hodnocení celkového stavu topografických map je zatím dosti nesystematické, nekomplexní a v mnoha směrech nepříznivě poznamenané parciálními zájmy jejich zpracovatelů. Vedle výsledků průběžné kontroly ve výrobě a při převjímcě do zásobování je tvoří převážně účelové dílčí studie a výzkumné zprávy k problematice přesnosti zobrazení, k některým obsahovým a uživatelským aspektům, technické a technologické jakosti apod. Jejich celkový přehled a stručné zhodnocení je uvedeno v [5]. Všechny zde citované práce jsou víceméně vzájemně izolované. Přesto ve svém souhrnu prokazují dobrou celkovou kvalitu tohoto mapového díla, porovnatelnou s úrovní podobných mapových děl všech sousedních států, a to jak z hlediska jeho bezprostřední užitné hodnoty, tak i vědecké, geografické a technické hodnoty.

Již tradičně je v TS ČSA věnována otázkám kontroly kvality vydávaných map velká pozornost. Revizní a kontrolní činnosti tvoří dosud velmi významnou položku spotřeby času, a tím i nákladů na tvorbu a obnovu map všeho druhu. Současný stav však není plně uspokojivý.

Nově vznikající vojenskopolitické, ekonomické, technické i organizační podmínky a omezení vyvolávají potřebu nového a komplexnějšího řešení i těchto otázek. Zřejmě nebude možné i v nově vznikajících podmínkách nadále usilovat o takovou "optimální" úroveň topografických map, která vychází z požadavků daných norem a předpisů. Tyto požadavky bude nutné přehodnocovat a hledat zdroje nutných úspor. K takovýmto úvahám však nedává současný kontrolní systém dostatek podkladů.

Závažným nedostatkem soudobé praxe hodnocení kvality topografických map je, že sleduje pouze stav map v okamžiku jejich dokončení ve výrobě, resp. při převjímcě do zásobování, a neposkytuje objektivnější údaje o tom, s jakou úrovní kvality těchto map uživatelé skutečně pracují. To, že např. všechny nově vydané mapy byly hodnoceny nejvyšší známkou kvality, ještě neznamená nejvyšší úroveň zabezpečení celého zájmového prostoru topografickými mapami.

Při reálně očekávaném omezení zdrojů v nejbližších letech bude celková úroveň zabezpečení topografickými mapami stále více závislá na úrovni koncepčního rozhodování, projektování a plánování obnovy a modernizace mapového díla - tedy převážně na kvalitě práce v předvýrobních etapách. V soudobé praxi hodnocení kvality map jsou důsledky kvality práce v těchto předvýrobních etapách vyjádřeny zcela nedostatečně. Proto je v TS ČSA hledáno nové, vhodnější řešení.

S využitím teoretických závěrů práce [2] je výzkumně řešen nový kontrolní systém, který bude mít dvě samostatné, avšak vzájemně se doplňující části:

- 1) hodnocení kvality map dokončených ve výrobě (převzatých do zásobování);
- 2) hodnocení celkové kvality mapového díla, resp. úrovně zabezpečení zájmového území topografickými mapami.

Z charakteru této úlohy i prognózy vývoje omezujících podmínek vyplývá, že pravděpodobně nebude nutné (ani správné) usilovat vždy o nejvyšší úroveň kvality každé mapy, nýbrž o takovou jejich optimální úroveň, která v daných podmínkách zajistí maximální kvalitu (a užitnou hodnotu) mapového díla jako celku [4].

4. Změny potřeb a užití topografických map

Pro efektivní řízení obnovy a modernizace topografických map je důležitá znalost nejen aktuálních potřeb a možností uživatelů, ale především jejich další očekávaný vývoj v blízké i vzdálenější budoucnosti.

Změny potřeb a užití map vyplývají jednak z nových úkolů, které musí uživatelé řešit v zájmu svého dalšího hospodářského a kulturního rozvoje a zabezpečení obrany země, jednak z vývoje nových technických prostředků, které ve své činnosti používají, i změn podmínek, v nichž pracují a žijí. Tento vývoj má objektivní charakter, a proto musí být pečlivě studován a vyhodnocován.

Analýza dosavadního vývoje potřeb a užití topografických map jednoznačně potvrdila, že s rostoucí hospodářskou, vojenskou, vědeckou aj. aktivitou lidí potřeba těchto map trvale roste. Funkce topografických map, podrobně specifikované v [2], se postupně zdokonalovaly a jejich působení se neustále rozšiřovalo jak v důsledku růstu zobrazovaného území, tak i v důsledku růstu počtu uživatelů. Budoucí vývoj může přinést v tomto směru další změny. Podle dosavadních poznatků lze však oprávněně předpokládat, že základní uživatelské funkce topografických map, k nimž patří:

- informační funkce;
- funkce modelu ke studiu vztahů a souvislostí objektů a jevů zobrazených v mapě;
- funkce podkladu k projektování a plánování;
- funkce nástroje (technického prostředku) řízení a velení;
- ilustrační funkce;
- funkce kartografického podkladu,

zůstanou zachovány. Měnit a vyvíjet se bude především jejich obsah a rozsah uplatnění, a tedy i význam pro uživatele. Pochopení právě takto diferencovaného vývoje potřeb a užití topografických map může významně přispět ke kvalitě řízení jejich obnovy a modernizace.

Požadavky na informační funkci topografických map dosud stále narůstají. Uspokojování těchto požadavků však již dnes naráží na omezené možnosti současné grafické formy těchto map. Proto bude patrně nutné (a vhodnější) tyto nové požadavky na topografické informace ve stále větším rozsahu uspokojovat prostřednictvím automatizovaných informačních systémů. V závislosti na jejich stále širším využívání lze pak v dalším období předpokládat postupnou stagnaci rozsahu uplatnění informační funkce topografických map.

Požadavky na studium vztahů mezi objekty a jevy zobrazenými v topografických mapách budou v důsledku narůstající složitosti společenského dění stále naléhavější. Zcela nové kvality nabývá složitost a požadovaná rychlost řešení těchto úkolů zejména ve vojenské praxi. Z tohoto hlediska se však již dnes projevují některé nevýhody a omezení grafické formy map. Proto lze očekávat, že k zvládnutí úkolů budou ve stále větším rozsahu vyžadovány digitální formy informace, vhodné k využití v postupně budovaných automatizovaných systémech velení a řízení. V závislosti na jejich úspěšném zavádění do praxe lze pak předpokládat, že i u rozsahu uplatnění této funkce topografických map bude docházet k postupné stagnaci.

Topografické mapy budou i v příštím období patřit k základním prostředkům umožňujícím plánovat hospodářskou, vojenskou nebo jinou činnost. Rozsah i složitost této činnosti dále poroste. Přestože i zde se bude prosazovat automatizace, její postup bude patrně pomalejší a důsledky na rozsah uplatnění této funkce v nejbližších deseti letech méně výrazné, než tomu bude u předcházejících dvou funkcí. Výrazněji se mohou projevit pravděpodobně až po roce 2000.

Rozsah využití topografických map jako technických prostředků při řízení realizace projektovaných či plánovaných záměrů pravděpodobně dále poroste. Rozvoj automatizace řízení a velení v nejbližších patnácti až dvaceti letech by však neměl tuto funkci topografických map výrazněji ovlivnit.

Na rozdíl od předcházejících funkcí bude ilustrační funkce topografických map v závislosti na rozvoji automatizace pravděpodobně ještě více posilována. Lze totiž oprávněně předpokládat, že i výsledky automatizovaného zpracování budou uživateli většinou interpretovány prostřednictvím jejich zakresů do topografických map. Proto může dojít ve vývoji požadavků na ilustrační funkci topografických map k jejímu dalšímu posílení, které se však může výrazněji projevit pravděpodobně až po roce 2000.

Funkce topografických map jako kartografického podkladu se bude pravděpodobně i v dalším období uplatňovat ve stále větším rozsahu. Mohou jednak vznikat nové požadavky na zpracování dalších druhů tematických nebo účelových map, jednak budou topografické mapy využívány i jako podklad k přípravě digitálních souborů dat o území pro automatizované systémy řízení a velení.

Kromě požadavků vyvolaných novými technickými prostředky na zpracování topografických informací v automatizovaných systémech se výrazně projevují též požadavky vyplývající z nové vojenské doktríny ČSFR. Tento vliv se však pravděpodobně výrazněji neprojeví ve změnách požadavků na obsah a úpravu topografických map. Spíše půjde jenom o určitý přesun zájmu většího počtu uživatelů o jiná, pravděpodobně větší měřítka map a o změnu významu území pro uživatele, resp. změnu pořadí naléhavosti zpracování jednotlivých map.

5. Změny podmínek obnovy a modernizace topografických map

Obsah, rozsah i lhůty obnovy a modernizace topografických map budou v příštích letech výrazně ovlivňovány mnoha faktory politické, ekonomické, vojenské, technické, organizační aj. povahy. Každý z těchto činitelů může působit v různém směru a s různou intenzitou. Ve svých důsledcích mohou působit jako faktory inovační, omezující nebo setrvační a ve vzájemné kombinaci mohou vytvářet velmi složité rozhodovací situace.

Inovační tendence se budou prosazovat především jako důsledek již zmíněného vědeckotechnického pokroku a doktrinnálních změn v činnosti ČSA. Jejich očekávané důsledky byly již uvedeny v předcházející části tohoto příspěvku. Proto je zde podrobněji specifikován pouze očekávaný vliv nejdůležitějších omezujících a setrvačnických faktorů.

Náklady na obnovu a modernizaci map středních měřítek jsou hrazeny ze státního rozpočtu. Celkový objem státního rozpočtu pro FMO a státní správu, u nichž jsou tyto práce zabezpečovány, však bude mít vzhledem k ekonomické situaci našeho státu v příštích asi pěti letech pravděpodobně klesající tendenci. Tato skutečnost bude působit jako výrazná omezující podmínka. Z toho důvodu bude nutné v nejbližších letech využívat úspornější technologie obnovy současných topografických map a zároveň výzkumně a projekčně připravovat jejich radikálnější modernizaci. Realizaci předpokládaného radikálního řešení však lze z důvodů uvedených finančních omezení předpokládat pravděpodobně až po roce 1995.

Zcela jiný charakter má působení setrvačnických tendencí, i když jejich důsledky mohou být podobné jako v předcházejícím případě. Jde o respektování vlivu všech těchto faktorů, které způsobují, že objektivně nelze dosáhnout u objektu rozhodování - v daném případě mapového díla - žádoucí pozitivní změny (ne destrukce) bez vynaložení odpovídajících sil a prostředků v přiměřeném čase. Týká se to jak problematiky technické, tak i lidské, organizační aj.

Samotnou existenci takto chápaných setrvačnických sil a tendencí není správně posuzovat pouze jako něco záporného a nepříznivého. Jde o objektivní jev, který především vyžaduje, aby byl správně pochopen a při rozhodování o konkrétní obnově a modernizaci mapového díla plně respektován. Nepříznivě se může projevit teprve v důsledku nesprávných rozhodnutí.

Geodetické a kartografické základy topografických map, kam patří především použitý souřadnicový systém, klad mapových listů a klíč mapových značek (kartografický jazyk), projevují velmi silnou setrvačnost. Jejich účinek je posilován

rostoucím rozsahem území zobrazeného na jednotných topografických mapách, které dnes pokrývají - kromě našeho území - ještě velkou část Evropy a celý Sovětský svaz [1].

Přes nesporný růst výkonnosti naší kartografie a mapování se zdá, že reálná možnost rychlé změny současné koncepce topografických map pro celé státní území se v této době spíše vzdaluje. Tato prognóza je pro nejbližších asi pět let, v důsledku již zmiňovaných ekonomických omezení, ještě posilována. Nebylo by však správné přeceňovat u této situace pouze její zápornou stránku.

Výsledky komplexního výzkumu procesu tvorby a užití map [4] jednoznačně potvrzují, že skutečná společenská efektivnost (reálná účinnost) obnovy a modernizace mapového díla je vždy podmíněna jak efektivností v tvůrčích a výrobních činnostech jeho zpracování, tak i efektivností jeho využití v praxi. Každá změna geodetických a kartografických základů mapového díla, není-li uživateli pochopena a plně prakticky zvládnuta, zhoršuje úroveň jeho využití v praxi. Proto je nutné každý návrh takové změny posuzovat velmi kriticky a komplexně jak z hlediska nákladů ve výrobě, tak i očekávaných důsledků v praxi.

6. Závěr

Tvorba, obnova a modernizace topografických map patří k trvalým a nejvýznamnějším vojenskoodborným úkolům TS ČSA [6]. Vojenskopolitické, ekonomické i organizační změny, k nimž u nás od konce roku 1989 dochází, však mění též některé určující předpoklady, za nichž tyto práce dosud probíhaly. V zájmu dosažení co nejvyšší úrovně zabezpečení zájmového území topografickými mapami je nutné na probíhající změny včas a kvalifikovaně reagovat. Obecná teoretická východiska pro hledání racionálního řešení dané situace mohou poskytnout práce [2], [3], [4] a [5].

Řízení tvorby a obnovy topografických map budou nejvíce ovlivňovat především změny vyplývající z nových požadavků vojenské doktríny a z ní odvozené postupné přestavby ČSA, z probíhající ekonomické reformy, reorganizace státní správy, včetně organizací civilních resortů geodézie a kartografie, i z radikálního přehodnocování stanovisek k utajování topografických map. Pro efektivní řízení obnovy a modernizace topografických map je velmi důležité tyto důsledky včas a co nejkonkrétněji formulovat a stanovit zásady jejich racionálního řešení.

Požadavky nové vojenské doktríny budou vznikat postupně tak, jak bude prakticky realizována v činnosti ČSA i státní správy. Nejrychleji a nejvýrazněji se již dnes prosazují především změny v hodnocení významu území pro uživatele, resp. změny určující nové pořadí naléhavosti zpracování jednotlivých map. Tyto požadavky lze v zásadě zabezpečit operativní změnou časového plánu 4. obnovy topografických map. Vliv nové vojenské doktríny na změnu obsahu a úpravu topografických map se v nejbližších pěti letech pravděpodobně výrazněji neprojeví. Spíše půjde jenom o přesun zájmu většího počtu uživatelů na mapy větších měřítek, což je opět záležitost především operativního rozhodování a změny plánu.

Zásadnější koncepční změny v obsahu a úpravě topografických map budou vyvolány pravděpodobně až rozvojem automatizace systému velení a řízení. Tyto změny však probíhají u jednotlivých funkcí topografických map v různých časových horizontech. Jejich celkový účinek se může výrazněji projevit pravděpodobně až po roce 2000. Proto se ani nejeví potřeba urychleného radikálního řešení. Navíc bude v nejbližších pěti letech tuto činnost nepříznivě ovlivňovat ekonomická situace státu.

Při reálně očekávaném omezování prostředků bude celková úroveň zabezpečení zájmového území topografickými mapami velmi výrazně závislá na úrovni koncepčního rozhodování, projektování a plánování - tedy převážně na kvalitě práce v předvýrobních etapách. S tímto záměrem bude nutné přehodnocovat též normy a předpisy pro tvorbu a obnovu map a hledat zdroje možných úspor. Aby nebyl při takovém počínání poškozen základní účel a smysl jednotlivých opatření, bude nutné vycházet především:

- a) z objektivního, jednostrannými zájmy výrobců nedefinovaného hodnocení stavu topografických map;
- b) ze systematického průzkumu aktuálních i perspektivních potřeb uživatelů a jejich zkušeností získaných při využívání topografických map;
- c) z reálného hodnocení objektivně daných ekonomických, technických i organizačních podmínek, které vymezují možný obsah, rozsah i způsob řešení obnovy a modernizace topografických map.

Lze oprávněně předpokládat, že s využitím bohatých znalostí, zkušeností a dlouhodobě pěstovaných tradic se TS ČSA podaří tyto nové a složité úkoly úspěšně zvládnout.

Literatura:

- [1] DRAŽNJUK, A. A.: Sostojanije i perspektivy obnovlenija topografičeskich kart. Geod. i Kartogr. (Moskva), 1990, č. 2, s. 1 - 6.
- [2] MIKLOŠÍK, F.: Časová podmíněnost kvality a efektivnosti práce v kartografii. Edice VÚGTK. Ř. 4, Zdiby 1988. 68 s.
- [3] MIKLOŠÍK, F.: Hodnotová analýza v geodézii a kartografii. Brno, VAAZ 1989. 53 s.
- [4] MIKLOŠÍK, F.: Komplexní výzkum procesu tvorby a užití map. Geod. kartogr. Obz., 1990, č. 9.
- [5] MIKLOŠÍK, F. - LAUERMANN, L.: Hodnocení kvality mapového díla. [Výzkumná zpráva.] Brno, VA 1990. 51 s.

- [5] MIKLOŠÍK, F. - LAUERMANN, L.: Hodnocení kvality mapového díla. [Výzkumná zpráva.] Brno, VA 1990. 51 s.
- [6] MIKLOŠÍK F. - KÁNSKÝ, J. a kol.: Podkladová studie k přípravě rozhodnutí náčelníka TS ČSA v nových podmínkách počátkem devadesátých let. [Výzkumná zpráva.] Praha, VS 090 1990. 126 s. + příl.
- [7] TÓTH, R.: Tvorba a obnova topografických map v nových podmínkách. [Závěrečná zpráva PGS.] Brno 1990. 77 s. + příl. – Vojenská akademie.

Došlo 14. 1. 1991

K obnově základního polohového bodového pole

Základní polohové bodové pole (ZBPB) na území našeho státu procházelo známým vývojem [2], [6]. V současné době existují dvě základní polohové sítě a jim odpovídající geodetický systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a systém 1942/83 (S-1942/83). JTSK je starší a méně přesná, kdežto síť v S-1942/83, jejímž základem je nově mezinárodně vyrovnaná čs. astronomicko-geodetická síť (AGS), je podstatně kvalitnější. Kvalitou ekvivalentní je pomocný systém JTS, odvozený z S-1942/83 převážně pro studijní účely. Přesto není možné vyslovit úplně uspokojení nad současným stavem geodetických polohových základů. Jednak nebylo k jejich modernizaci využito i družicových systémů, jednak nové ZBPB bylo získáno vyrovnáním souřadnic bodů 1. až 4. řádu z měřených veličin, z nichž značná část je stará.

Z různých zpráv, např. [3], je zřejmé, že dochází k intenzivnímu narušování stabilizací trigonometrických bodů a dalších zařízení souvisejících s těmito body. Dále dochází ke změnám polohy bodů vlivem posunů vrchní geologické vrstvy. Také je nutné brát na zřetel, že i nové vyrovnání ZBPB vychází prakticky ze sítě úhlové, která byla doplněna jen měřením délek v části kosmické základny, procházející našim územím, dalším měřením 10 délek stran AGS [7] a pak ještě měřením délek v obnovovaných částech sítě. Z uvedených důvodů nelze předpokládat, že nové ZBPB v S-1942/83 je zcela dokonalé. Podle předběžné analýzy má nové ZBPB tyto hlavní nedostatky:

a) Nebylo dosaženo stejného stupně homogenity sítě na celém území státu. V některých oblastech je kvalita vyrovnaných bodů zřetelně nižší.

b) Dochází k místním měřítkovým deformacím typickým pro úhlové sítě. Tyto deformace jsou však vesměs menší než v JTSK.

c) Poloha některých bodů odvozených ze starších měření neodpovídá jejich skutečné poloze. Stánutím sítě dochází k jejím nepravidelným deformacím, způsobeným relativními posuny stabilizací bodů.

Předložený článek stručně shrnuje některé výsledky výzkumných prací, zabývajících se metodikou vyrovnání a chybovou analýzou obnovovaných částí ZBPB do S-1942/83. Cílem prací bylo jednak dosáhnout potřebné kvality (homogenity) obnovovaných částí ZBPB v S-1942/83, jednak odhadnout skutečnou polohovou přesnost nově vyrovnávaných bodů. Přitom byly z velké části respektovány uvedené nedostatky současného bodového pole.

Nejprve jsou vysloveny poznámky k metodice doplňování jednotlivých bodů a obnovy částí ZBPB. Pak je krátce zdůrazněn význam kontrol vstupních veličin, tj. měřených směrů a délek a souřadnic daných bodů. Další stať se týká měřítkových deformací a jejich významu pro praktické souřadnicové vyrovnání. Poslední část článku je věnována posouzení polohové přesnosti vyrovnávaných bodů a možností přibližného odhadu středních souřadnicových chyb.

1. Doplňování a obnova bodů

Řadu roků se v ČSFR obnovují nejvíce poškozené oblasti ZBPB péčí GKP (nyní Zeměměřického ústavu) Praha a GÚ Bratislava. Velikost oblastí je různá a počet určovaných bodů v nich převyšuje i 100 bodů. V dalším období budou nadále využívány dosud zavedené souřadnicové systémy S-JTSK a S-1942/83. Ale doplňování a obnova bodů bude postupně přecházet od klasických, zpravidla trojúhelníkových sítí k metodám družicovým. Rychlost zavedení nových metod bude záviset jak na množství a kvalitě přijímacích družicových přístrojů, tak na ekonomických možnostech ústavů a podniků, které jich budou využívat. U všech metod obnovy částí ZBPB se však vyskytují obdobné problémy, tj. především zachování homogenity bodového pole, zjištění měřítkových deformací, posouzení kvality připojovacích (daných) polohových bodů a spolehlivý odhad polohové přesnosti určovaných bodů. U bodů zaměřovaných družicovými systémy ještě přistupuje navíc místní deformace v orientaci sítě.

H o m o g e n i t a ZBPB se uchová připojením určovaných bodů na okolní dané body. Snadno se dosahuje dobré homogenity u jednotlivých bodů tím, že měřené veličiny se vztahují ke všem okolním daným bodům nebo alespoň k bodům do určité míry rovnoměrně rozloženým kolem určovaného bodu (např. obr. 1 až 3) [8]. Naopak homogenita bodového pole se narušuje připojením určovaného bodu jen na dané body, ležící na jeho jedné straně (obr. 4). Nebezpečí porušení homogenity vychází zejména z možného relativního posunu jednoho nebo několika daných bodů a z místní deformace měřítka sítě při použití světelných dálkoměrů.

M í s t n í m ě ř í t k o v á z m ě n a sítě $\delta\mu$ ($= \mu - 1$), vyjadřující odchylku (deformaci) měřítka μ od správné hodnoty 1, se obecně vyskytuje ve všech úhlových sítích. Měřítkovou změnu $\delta\mu$ je třeba zjišťovat ve všech způsobech určení nových bodů s měřenými délkami. Pokud se projeví nepřijatelnou velikostí odchylek délek měřených a vypočtených ze souřadnic daných bodů, je nutné zavádět jejich opravy, které je převádějí do místního měřítka sítě. Jedině tak nedochází k porušování homogenity sítě. Změna místního měřítka sítě vzniká součtem tří faktorů: původní měřítkovou deformací sítě $\delta\mu_1$ v době jejího budování, posuny stabilizací bodů, které jsou vyjádřeny změnou $\delta\mu_2$, a relativní systematickou chybou dálkoměrů $\delta\mu_3$.

Obtížným úkolem při doplňování a obnově bodů bývá posuzování kvality a spolehlivosti připojovaných bodů. Měřítkové změny a posuny stabilizací daných bodů se projeví většími opravami a středními chybami

měřených veličin, spojených s těmito body a odvozených z vyrovnání. Při obnovování poškozených částí ZPBP bývá někdy obtížné rozhodnout, které připojovací body lze považovat za dostatečně spolehlivé.

Protože v roce 1991 byly zakoupeny první přijímací geodetické stanice pro družicové systémy, je možno předpokládat v souladu s koncepcí modernizace geodetických základů ČSFR [6], že body současného ZPBP budou v brzké době doplňovány a obnovovány družicovými metodami [5]. Při začleňování družicově určených bodů do sítě v S-1942/83 a S-JTSK však půjde vždy o nestejnorodé systémy, vyžadující nejen globální, ale i místní transformace vzhledem k místním délkovým a orientačním deformacím daných bodových polí. Pro zachování homogenity ZPBP bude třeba projektovat dostatečný počet měření metodou translokace, kdy se společně zaměřují polohy dvou anebo více bodů. Např. z dvojic společně určených bodů je možno vypočítat délky a odvodit polohu nových bodů vyrovnáním z délek. Bude-li se společně měřit na více bodech, lze k souřadnicovému vyrovnání použít buď vypočtených délek, nebo vhodných transformačních metod.

2. Kontroly měřených veličin a souřadnic daných bodů

K usnadnění souřadnicového vyrovnání doplňovaných a obnovovaných bodů je účelné posoudit kvalitu měřených veličin a souřadnic připojovacích bodů vhodnými testy. Prakticky by měly být před vyrovnáním testovány všechny uvedené vstupní údaje. K důležitým kontrolám patří porovnání měřených a vypočtených veličin, úhlové uzávěry, obecná věta sinová a uzavřené polygonové pořady [9]. Základem kontrol je porovnání dosažených odchylek U_k s mezními odchylkami odhadnutými ze zákona přenášení středních chyb. Systematické testování všech vstupních údajů vede k zjišťování omylů a větších systematických chyb.

Také pro družicová měření, používaná k doplňování a obnově ZPBP, je vhodné zavést kontroly, poskytující informace o kvalitě měřických výsledků a připojovacích bodů vybraných ze ZPBP.

Metodou translokace se dvěma družicovými přijímači se získají délky vypočtené z prostorových souřadnic. Po převodu délek do S-1942/83 nebo pomocného systému S-JTS je možno použít různých kontrol v závislosti na velikosti a struktuře obnovované sítě. Zde jsou uvedeny příklady tří jednoduchých kontrol.

α) Kontrolní délky vypočtené z družicových měření se porovnávají s délkami vypočtenými ze souřadnic připojovacích bodů pomocí vztahu

$$U_s = S - s\mu \quad (1)$$

kde U_s je délková odchylka, S délka vypočtená ze souřadnic bodů v systému ZPBP, s délka vypočtená z družicových prostorových souřadnic a převedená do systému ZPBP a

$$\mu = \frac{1}{n} \sum \frac{S}{s} \quad (2)$$

je místní měřítko ZPBP.

β) Jsou-li odvozeny z družicových měření se dvěma přijímači tři délky s_1, s_2, s_3 k určení bodu P (obr. 5), vypočtou se pomocí kosinové věty úhly $\alpha_{i,i+1}$. Jejich součet má být roven 360, takže odchylka

$$U_\alpha = \sum \alpha_{i,i+1} - 360^\circ \quad (3)$$

Vztah platí pro libovolný mnohoúhelník s centrálním bodem.

γ) Porovnání délek odvozených z družicových měření a vypočtených ze souřadnic daných bodů je znázorněno na příkladě na obr. 6. Celkem byly zaměřeny čtyři společné trojice bodů třemi přijímacími stanicemi a z nich byly vypočteny všechny délky stran trojúhelníků. Z obr. 6 je patrné, že bylo vypočteno 12 délek, z toho 3 délky dvakrát. Pro kontrolu lze např. vypočítat odchylky

$$\begin{aligned} U_{21} &= {}_1P_1P_2 - {}_2P_1P_2, \\ U_{22} &= {}_2P_1P_4 - {}_3P_1P_4, \\ U_{23} &= {}_3P_3P_4 - {}_4P_3P_4, \\ U_{24} &= AP_5 - AP_{50}. \end{aligned}$$

V rovnicích značí předindex číslo trojúhelníku, z něhož byla délka vypočtena. AP_5' je délka vypočtená z družicových bodů AP_5 a AP_{50}' je stejná délka vypočtená v S-1942/83.

Ve všech uvedených kontrolách by odchylky U_k neměly překročit dovolené odchylky U_{kmez} .

3. Místní měřítkové změny

K zajištění homogenity polohového bodového pole v souřadnicovém vyrovnání se mohou zavést při doplňování a obnově bodů do rovnic oprav místní měřítkové změny. Prakticky přicházejí v úvahu dva typy měřítkových změn, uvedené v rovnicích oprav délek [9]

$$v_{sij} = c_{sij} \delta x_i + d_{sij} \delta y_i + g_{sij} \delta x_j + h_{sij} \delta y_j - \delta s - s_{ij} \delta \mu + l_{sij} , \quad (4)$$

$$v_{sij} = c_{sij} \delta x_i + d_{sij} \delta y_i + g_{sij} \delta x_j + h_{sij} \delta y_j - s_{ij} \delta \mu_\sigma + l_{sij} , \quad (5)$$

kde $\delta x_i, \delta y_i, \delta x_j, \delta y_j$ jsou vyrovnávané souřadnicové přírůstky, δs značí konstantní změnu délky, $\delta \mu$ konstantní změnu měřítka (nezávislou na směrnících délek), $\delta \mu_\sigma$ změnu měřítka závislou na směrnících délek, $c_{sij}, d_{sij}, g_{sij}, h_{sij}$ délkové koeficienty a l_{sij} absolutní člen rovnic oprav.

Linearizované rovnice oprav (4) lze přímo použít ve vyrovnání metodou nejmenších čtverců (MNC). V rovnici (5), která lépe charakterizuje měřítkovou deformaci, je však třeba rozvést neznámou $\delta \mu_\sigma$. V praktických výpočtech se osvědčuje zavedení tzv. měřítkové elipsy (obr. 7), jejíž tvar definuje rovnice [9]

$$\mu_\sigma = \frac{\mu_a \mu_b}{[\mu_a^2 \sin^2(\sigma - \varepsilon) + \mu_b^2 \cos^2(\sigma - \varepsilon)]^{0.5}} , \quad (6)$$

kde μ_a, μ_b jsou poloosy měřítkové elipsy, μ_σ měřítko délky v libovolném směrníku, σ a ε úhel, který svírá velká poloosa se směrem osy x .

Po zavedení měřítkových změn $\delta \mu_a (= \mu_a - 1)$, $\delta \mu_b (= \mu_b - 1)$ ve směru poloos elipsy se pomocí totálního diferenciálu odvodí vztah

$$\delta \mu_\sigma = \cos^2(\sigma - \varepsilon) \delta \mu_a + \sin^2(\sigma - \varepsilon) \delta \mu_b .$$

K linearizaci výrazu je třeba vyjádřit měřítkovou změnu $\delta \mu_\sigma$ pomocí parametrů $\delta \mu_x (= \mu_x - 1)$, $\delta \mu_u (= \mu_u - 1)$, $\delta \mu_v (= \mu_v - 1)$

$$\delta \mu_\sigma = \cos^2 \sigma \delta \mu_x + \sin^2 \sigma \delta \mu_u + \sin \sigma \cos \sigma \delta \mu_v , \quad (7)$$

kde

$$\begin{aligned} \delta \mu_x &= \cos^2 \varepsilon \delta \mu_a + \sin^2 \varepsilon \delta \mu_b , \\ \delta \mu_u &= \sin^2 \varepsilon \delta \mu_a + \cos^2 \varepsilon \delta \mu_b , \\ \delta \mu_v &= \sin^2 \varepsilon (\delta \mu_a - \delta \mu_b) . \end{aligned}$$

Původní rovnice oprav (5) nabývá konečného tvaru

$$v_{sij} = c_{sij} \delta x_i + d_{sij} \delta y_i + g_{sij} \delta x_j + h_{sij} \delta y_j - s_{ij} \cos^2 \sigma_{ij} \delta \mu_x - s_{ij} \sin^2 \sigma_{ij} \delta \mu_u - s_{ij} \sin \sigma_{ij} \cos \sigma_{ij} \delta \mu_v + l_{sij} . \quad (8)$$

Souřadnicové vyrovnání se rozšíří o tři neznámé parametry měřítkové elipsy $\delta \mu_x, \delta \mu_u, \delta \mu_v$. Původní měřítkové změny $\delta \mu_a, \delta \mu_b$ a úhel ε se vypočtou z rovnic

$$\begin{aligned} \delta \mu_a &= \frac{1}{2} \left[(\delta \mu_x + \delta \mu_u) + \frac{\delta \mu_v}{\sin^2 \varepsilon} \right] , \quad \delta \mu_b = \left[(\delta \mu_x + \delta \mu_u) - \frac{\delta \mu_v}{\sin^2 \varepsilon} \right] , \\ \varepsilon &= \frac{1}{2} \arctg \frac{\delta \mu_v}{\delta \mu_x - \delta \mu_u} . \end{aligned} \quad (9)$$

Při obnově větších oblastí polohové sítě s několika desítkami a více body je vhodné podle předběžné analýzy rozdělit vyrovnání do několika částí s různými měřítkovými elipsami [9].

Současně s vyrovnáním MNC se počítají rozptylové (chybové) matice \mathbf{S}_r , jejichž variance jsou odhady středních kvadratických chyb vyrovnávaných neznámých, tj. střední souřadnicové chyby $m_{x_i}^2, m_{y_i}^2, m_{x_j}^2, m_{y_j}^2$ a střední chyby $m_{s_{ij}}^2, m_{\mu_\sigma}^2$ nebo $m_{\mu_a}^2, m_{\mu_b}^2, m_{\mu_\sigma}^2$ související s parametry měřítkových změn. Při použití měřítkové elipsy se doporučuje také vypočítat střední chyby m_{μ_a}, m_{μ_b} a m_ε z chybové matice \mathbf{S}_r , charakterizující přesnost funkcí vyrovnávaných neznámých. Pokud

odhadnuté střední chyby dosahují nebo přesahují velikost odpovídajících parametrů měřítkových změn, nemá smysl zavádět měřítkovou změnu do vyrovnání. Pak je měřítková deformace buď malá a zanedbatelná, nebo její značná proměnlivost souvisí s relativně nepravidelnými posuny identických bodů.

4. Spolehlivost připojovacích bodů

Při doplňování a obnově ZPBP je důležité vybrat vhodné připojovací body, jejichž stabilizace nebyla poškozena a u nichž nedošlo k posunům ať vlivem činnosti člověka, nebo přírodními silami. Někdy je obtížné rozhodnout, které body jsou k připojení vhodné a které jsou nespolehlivé. K výběru připojovacích bodů je možno použít řadu metod. Jsou to zejména kontrolní měření úhlů a délek mezi danými body, předběžné vyrovnání volné sítě a její transformace na dané body, analýza oprav měřených veličin po předběžném vyrovnání sítě a souřadnicové vyrovnání sítě se zavedením oprav souřadnic u nespolehlivých připojovacích bodů.

a) Měření úhlů a délek mezi danými body je nespolehlivější způsob posouzení kvality, a tím i výběru připojovacích bodů pro doplňování a obnovu bodů. Rozdíly mezi délkami a úhly měřenými a vypočtenými ze souřadnic daných bodů nemají překračovat určitou mezní hodnotu odvozenou z analýzy přesnosti bodového pole a měření. U délek je však třeba brát ohled na možnou měřítkovou deformaci. K určení místního měřítka nebo měřítkové změny použijeme např. rovnice (2) nebo (7) a (9). Pouze rovnice oprav délek se zjednoduší na tvar

$$v_{sij} = -s_{ij} \sin^2 \sigma_{ij} \delta\mu_i - s_{ij} \cos^2 \sigma_{ij} \delta\mu_u - s_{ij} \sin \sigma_{ij} \cos \sigma_{ij} \delta\mu_v + l_{sij}, \quad (10)$$

kde $l_{sij} = S_{ij} - s_{ij}$ a s_{ij} , S_{ij} označují délky měřené a vypočtené ze souřadnic.

Přesnost určení parametrů $\delta\mu_r$, $\delta\mu_u$, $\delta\mu_v$, $\delta\mu_a$, $\delta\mu_b$ se odvodí opět chybovými maticemi.

b) Vyrovnání volné sítě a její transformace na identické body polohové sítě je používanou metodou ověřování homogenity obnovovaného bodového pole a zároveň zjištění nevyhovujících připojovacích bodů [7]. Někdy se touto metodou získávají i výsledné souřadnice obnovovaných částí sítě. K dosažení dobré kvality sítě je třeba dodržet požadovanou strukturu sítě zejména na okrajích obnovovaných oblastí.

K transformaci volné sítě definované jedním daným bodem a orientací a vyrovnané ze všech měřených prvků lze použít např. podobnostní transformaci nebo afinní transformaci se zavedením měřítkové elipsy [12].

Podobnostní transformace je dána rovnicemi oprav

$$\begin{aligned} v_{xi} &= x_i - x_0 - (X_i \cos \varepsilon - Y_i \sin \varepsilon) = -aX_i + bY_i + x_i - x_0, \\ v_{yi} &= y_i - y_0 - (X_i \sin \varepsilon + Y_i \cos \varepsilon) = -bX_i - aY_i + y_i - y_0, \end{aligned} \quad (11)$$

kde x_0, y_0 jsou souřadnice počátku souřadnicové soustavy X, Y , ε úhel pootočení os X, Y vůči osám x, y , $\mu (= s/S)$ je měřítko a $a = \mu \cos \varepsilon$, $b = \mu \sin \varepsilon$.

Transformace s měřítkovou elipsou vychází z rovnic

$$\begin{aligned} x_i &= x_T + (X_i \cos \varepsilon - Y_i \sin \varepsilon) (1 + \delta\mu_{\sigma_i} \cos \sigma_i), \\ y_i &= y_T + (X_i \sin \varepsilon + Y_i \cos \varepsilon) (1 + \delta\mu_{\sigma_i} \sin \sigma_i), \end{aligned} \quad (12)$$

kde

$$x_T = \frac{\sum x}{n}, \quad y_T = \frac{\sum y}{n}, \quad X_T = \frac{\sum X}{n}, \quad Y_T = \frac{\sum Y}{n}$$

jsou souřadnice těžiště identických bodů, X_i, Y_i redukované souřadnice k těžišti, ε úhel pootočení os X, Y vůči osám x, y , σ_i směrnik spojnice libovolného bodu P_i s těžištěm $T (x_T, y_T)$ v souřadnicovém systému x, y a $\delta\mu_{\sigma_i}$ změna měřítka ($\mu=1$) ve stejném směru σ_i daná rovnicí (7).

Po rozvoji rovnic v Taylorovu řadu a zanedbání členů druhých a vyšších řádů se získávají rovnice

$$\begin{aligned} v_{xi} &= x_i - x_T - \delta x_T + y_i \delta \varepsilon - x_i' - x_T' \delta \mu_{\sigma_i} \cos \sigma_i, \\ v_{yi} &= y_i - y_T - \delta y_T - x_i' \delta \varepsilon - y_i' - y_T' \delta \mu_{\sigma_i} \sin \sigma_i. \end{aligned} \quad (13)$$

V rovnicích značí x_T', y_T' souřadnice těžiště identických bodů v soustavě x, y , x_T, y_T přírůstky souřadnic těžiště získané vypočtem transformačních rovnic MNČ

$$x_T = x'_T + \delta x_T, \quad y_T = y'_T + \delta y_T,$$

x'_T, y'_T jsou redukované souřadnice

$$x'_n = X_n \cos \varepsilon' - Y_n \sin \varepsilon',$$

$$y'_n = X_n \sin \varepsilon' + Y_n \cos \varepsilon'$$

a $\delta\varepsilon$ přírůstek úhlu pootočení ε' mezi souřadnicovými soustavami $(X, Y$ a $x, y)$, takže

$$\varepsilon = \varepsilon' + \delta\varepsilon.$$

Předběžný úhel ε' se získá např. z rozdílů směrnic $\sigma_{ij} - \alpha_{ij}$ zvolené spojnice identických bodů P_i, P_j , kde

$$\sigma_{ij} = \operatorname{arctg} \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}, \quad \alpha_{ij} = \operatorname{arctg} \frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i}.$$

Dosazením měřítkových změn $\delta\mu_i, \delta\mu_u, \delta\mu_v$ za měřítkovou změnu $\delta\mu_{oi}$ (7) a úpravami nabývají rovnice oprav konečného tvaru

$$\begin{aligned} v_{xi} &= -\delta x_T + y'_n \delta\varepsilon - x'_n \cos^3 \sigma_i \delta\mu_i - x'_n \cos \sigma_i \sin^2 \sigma_i \delta\mu_u - x'_n \cos^2 \sigma_i \sin \sigma_i \delta\mu_v + x_i - x'_T - x'_n, \\ v_{yi} &= -\delta y_T - x'_n \delta\varepsilon - y'_n \cos^2 \sigma_i \sin \sigma_i \delta\mu_i - y'_n \sin^3 \sigma_i \delta\mu_u - y'_n \cos \sigma_i \sin^2 \sigma_i \delta\mu_v + y_i - y'_T - y'_n. \end{aligned} \quad (14)$$

Po sestavení normálních rovnic a výpočtu $\delta x_T, \delta y_T, \delta\varepsilon, \delta\mu_i, \delta\mu_u, \delta\mu_v$ se odvodí i střední chyby neznámých $m_{xT}, m_{yT}, m_\varepsilon, m_p, m_u, m_v$ a střední chyby m_a, m_b, m_c . Střední chyby opět poskytují přehled o spolehlivosti použité transformace.

Kvalita doplňovaných a obnovovaných bodů ZPBP se posuzuje z velikosti souřadnicových oprav v_{xi}, v_{yi} identických bodů transformovaných z volné sítě do ZPBP. Některé analýzy připojovacích bodů bývají založeny na testování délkových odchylek

$$d_i = (v_{xi}^2 + v_{yi}^2)^{0.5}, \quad (15)$$

vypočtených u všech identických bodů. Délkové odchylky d_i tvoří výběrový soubor, který nemá normální rozdělení. Odlehlé (velké) odchylky by neměly překročit stanovenou mez U_{dmez} . Mezní odchylka se odhaduje např. pomocí přibližného vztahu

$$U_{dmez} \leq t \sqrt{2} (m_{xy}^2 + m_{xy}^2)^{0.5} + c_s, \quad (16)$$

kde m_{xy}, m_{xy} značí střední souřadnicové chyby připojovacích (daných) bodů a nově vyrovnávaných bodů. Parametr t se volí podle kvality sítě připojovacích bodů v rozmezí hodnot 2,0 až 2,5. Ve starších částech sítě a při obnově rozsáhlé oblasti sítě přistupuje navíc konstanta c_s , vyjadřující systematické vlivy závislé na rychlosti stárnutí sítě. Přibližné kritérium mezních odchylek (16) spolehlivě reaguje, když jde o posouzení jen jedné odlehle odchylky. Při více odlehle odchylkách nemusí již poskytovat správné závěry.

U obnovovaných oblastí s větším počtem připojovacích bodů lze testovat relativní posuny sousedních (blízkých) připojovacích bodů porovnáním délkových posunů (15) vypočtených z daných a transformovaných souřadnic $(x_i, y_i, x_j, y_j; x'_i, y'_i, x'_j, y'_j)$ nebo součtem vektorů délkových odchylek $\mathbf{d}_{ij} = \mathbf{d}_i + \mathbf{d}_j$, jejich skalární hodnota

$$d_{ij} = [(v_{xi} - v_{xj})^2 + (v_{yi} - v_{yj})^2]^{0.5}. \quad (17)$$

Mezní odchylka U_{dmez} by neměla překročit přibližně velikost

$$U_{dmez} \leq 2 t (m_{xy}^2 + m_{xy}^2)^{0.5} + c_d, \quad (18)$$

kde c_d je opět konstanta, zahrnující vliv systematických chyb ve starších oblastech sítě.

c) Testování oprav měřených veličin předpokládá přímé souřadnicové vyrovnání doplňovaných bodů. Vyrovnání vychází z rovnic oprav délek se zavedením měřítkových změn, tj. z rovnic (8) nebo (4). O kvalitě připojovacích

bodů stejně jako o kvalitě nových bodů a obnovovaných částí sítě se získají informace z analýzy oprav měřených směrů a délek.

Testování oprav je možné dělit do dvou etap. V první etapě se zjišťují odlehle opravy v_{ψ} , v_r , jejichž velikost ukazuje na přítomnost systematických nebo hrubých chyb. Mezní opravy v_{mez} , v_{mez} by neměly překročit velikost

$$v_{\text{mez}} \leq t \bar{m}_{\psi} \quad , \quad v_{\text{mez}} \leq t \bar{m}_r \quad .$$

Parametr t se obvykle volí $t = 2$ až 3 . V narušených oblastech ZPBP, kde celková spolehlivost připojovacích bodů je podstatně nižší, je někdy nutné použít místo středních chyb metod měření směrů a délek \bar{m}_{ψ} , \bar{m}_r , střední chyby odvozené z vyrovnání. Pak bude

$$v_{\text{mez}} \leq t \frac{m_0}{m} \bar{m}_{\psi} \quad , \quad v_{\text{mez}} \leq t \frac{m_0}{m} \bar{m}_r \quad , \quad (19)$$

kde m je střední jednotková chyba zvolená před vyrovnáním a m_0 tatáž chyba odvozená z oprav v_i měřených veličin po vyrovnání

$$m_0 = \sqrt{\frac{p v^2}{n - v}} \quad . \quad (20)$$

V rovnici značí p_i váhu měřené veličiny, n počet měřených veličin, v počet nutně měřených veličin.

Všechny měřené veličiny, jejichž hodnoty jsou větší než mezní, je třeba znovu posoudit a pokusit se zjistit příčiny přítomnosti nepřijatelně velkých chyb. Po rozboru je třeba rozhodnout, zda takové veličiny budou z vyrovnání vyloučeny, nebo v něm ponechány.

Druhá etapa testování oprav se týká obnovovaných oblastí ZPBP, kdy se společně vyrovnává více bodů. Spolehlivost připojovacích i nově určených bodů se ověřuje středními hodnotami oprav směrů $v_{\psi_{oi}}$ a délek $v_{r_{oi}}$, které byly měřeny mezi každým zkoumaným bodem P_i a okolními body (danými i určenými). Střední hodnoty se vypočtou ze vztahů

$$v_{\psi_{oi}} = \frac{\sum p_{\psi_i} v_{\psi_i}^2}{\sum p_{\psi_i}} \quad , \quad v_{r_{oi}} = \frac{\sum p_{r_i} v_{r_i}^2}{\sum p_{r_i}} \quad , \quad (21)$$

kde p_{ψ} , p_r jsou váhy měřených veličin.

U směrů ψ_i bývají zpravidla váhy p_{ψ_i} stejné a rovny jedné. Při malém počtu měřených veličin, kterými je bod P_i určen, se výpočet střední opravy sdružuje ve výraz

$$v_{oi} = \sqrt{\frac{\frac{\sum p_{\psi} v_{\psi}^2}{\sum p_{\psi}} n_{\psi} + \frac{\sum p_r v_r^2}{\sum p_r} \rho n_r}{n_{\psi} + n_r}} \quad , \quad (22)$$

kde n_{ψ} , n_r jsou počty měřených směrů a délek.

Střední opravy $v_{\psi_{oi}}$, $v_{r_{oi}}$ nebo v_{oi} se porovnávají se středními hodnotami oprav \bar{v}_{ψ_0} , \bar{v}_{r_0} , nebo \bar{v}_0 vypočtených podle stejných vztahů (20), (21), ale pro všechny měřené veličiny v celé vyrovnávané oblasti sítě. Z velikosti poměrů

$$k_{\psi_i} = \frac{v_{\psi_{oi}}}{\bar{v}_{\psi_0}} \quad , \quad k_{r_i} = \frac{v_{r_{oi}}}{\bar{v}_{r_0}} \quad , \quad k_i = \frac{v_{oi}}{\bar{v}_0}$$

lze usuzovat na kvalitu jak připojovacích, tak určených bodů. Připojovací body s nepřijatelně velkými koeficienty k_i lze považovat za body nedostatečně spolehlivé, u kterých došlo s velkou pravděpodobností k posunům stabilizací a je žádoucí je z konečného souřadnicového vyrovnání vyloučit.

d) V vyrovnání sítě se souřadnicovými opravami připojovacích bodů se předpokládá, že na základě některé z dosud uvedených testovacích metod byly připojovací body rozděleny do dvou skupin, tj. na body, jejichž spolehlivost byla v požadované míře potvrzena (ověřena), a na body, které vykazují tak velké nesrovnalosti, že na ně nemůže být navázána obnovovaná oblast sítě. Existuje několik cest dalšího postupu. Nejvhodnější je obnovu bodů rozšířit i na nespolehlivé dané body a přepracovat původní projekt včetně rozšíření měřických prací. Jiným radikálnějším řešením je tyto body z dalšího vyrovnání vyloučit, což není vždy možné z hlediska struktury sítě. Pak je třeba rozhodnout, zda nespolehlivé

body zrušit, anebo v další etapě obnovy doplnit. Další cestou je považovat nespolehlivé připojovací body v konečném vyrovnání za nově určované a zavést k jejich souřadnicím opravy Δx , Δy . Po vyrovnání se musí stanovit, zda nové souřadnice $x_i = x_i' + \Delta x$, $y_i = y_i' + \Delta y$ určují nově obnovované body ZPBP, anebo se tyto body v ZPBP zruší a stanou se např. jen součástí souřadnicového vyrovnání.

Uvedené tři způsoby řešení problematiky nespolehlivých bodů nelze považovat za univerzální a oddělené. V praxi je účelná jejich kombinace, tj. některé z těchto bodů zahrnout do rozšířené obnovy sítě, jiné ze ZPBP vyloučit a zbývající zahrnout do konečného vyrovnání s opravami souřadnic.

5. Chybová analýza

Chybovým rozborům různých druhů polohových sítí byla věnována v odborné literatuře už tradičně velká pozornost. Převážná většina teoretických prací vychází z předpokladu, že v měřených veličinách jsou přítomné jen náhodné chyby. Jsou známé a propracované různé metody zjišťování systematických a hrubých chyb. Přesto praxe potvrzuje, že v měřených veličinách zůstávají různé systematické chyby, které s náhodnými chybami tvoří tzv. úplné chyby ε . Označíme-li náhodnou složku chyby ε_v a systematickou složku ε_c , je

$$\varepsilon = \varepsilon_v + \varepsilon_c \quad .$$

Jestliže funkci F měřených veličin x_i vyjádříme rovnicí

$$F = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad .$$

platí pro skutečnou chybu ε_F rovnice

$$\varepsilon_F = f^T \varepsilon \quad . \quad (23)$$

kde

$$f^T = [f_1, f_2, f_3, \dots, f_n] \quad .$$

$$\varepsilon^T = [\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n] \quad .$$

Symbole

$$f_i = \frac{\partial F}{\partial x_i}$$

označují parciální derivace funkce F podle měřených veličin x_i a ε_i jsou skutečné chyby veličin x_i .

Pro úplnou střední chybu M_F platí zjednodušený vztah [9], [10]

$$M_F^2 = f^T (\mathbf{M} + \mathbf{C}) f \quad . \quad (24)$$

kde diagonální chybová matice ^{*)}

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_1^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_2^2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & m_n^2 \end{bmatrix}$$

obsahuje kvadráty středních náhodných chyb m_i měřených veličin a druhá matice

^{*)} Chybová matice \mathbf{M} bývá v literatuře často označována symbolem \mathbf{M}^2 [1].

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} c_1^2 & c_1 c_2 & \dots & c_1 c_n \\ c_2 c_1 & c_2^2 & \dots & c_2 c_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_n c_1 & c_n c_2 & \dots & c_n^2 \end{bmatrix}$$

odpovídající systematické chyby c_i .

Součet matic

$$\mathbf{U} = \mathbf{M} + \mathbf{C} = \begin{bmatrix} c_1^2 + m_1^2 & c_1 c_2 & \dots & c_1 c_n \\ c_2 c_1 & c_2^2 + m_2^2 & \dots & c_2 c_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_n c_1 & c_n c_2 & \dots & c_n^2 + m_n^2 \end{bmatrix} \quad (25)$$

Odhady úplných středních chyb M_j pro více funkcí měřených veličin $F_j (j = 1, 2, 3, \dots, t)$ vycházejí z rozšířeného vztahu (24)

$$\mathbf{M}_F = \mathbf{F} \mathbf{U} \mathbf{F}^T \quad (26)$$

kde diagonála matice \mathbf{M}_F obsahuje kvadráty úplných středních chyb $M_1, M_2, M_3, \dots, M_t$,

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1t} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{t1} & f_{t2} & \dots & f_{tu} \end{bmatrix} \quad \text{a} \quad f_{ji} = \frac{\partial F_j}{\partial x_i} \quad (27)$$

Kromě úplných středních chyb měřených veličin vstupují do vyrovnání chyby souřadnic bodů připojovacích a systematické chyby způsobené stárnutím sítě. Z těchto důvodů není správné aplikovat chybové rozbor, založené jen na přítomnosti náhodných chyb, na vyrovnané souřadnice určovaných bodů. Přesto se však v souřadnicovém vyrovnání chybové (rozptylové) matice počítají, protože velikosti ani znaménka systematických chyb nejsou známy.

a) Z vyrovnávacího počtu je známo [1], že nejdříve se v chybových analýzách počítá střední jednotková chyba m_0 (20).

Její odhad je významným kritériem kvality určení doplňovaných bodů a obnovovaných oblastí sítě. Porovnává se s jednotkovou střední chybou \bar{m}_0 charakterizující přesnost měřených veličin vstupujících do vyrovnání. Měřené veličiny zatížené většími systematickými chybami se vyznačují většími opravami v_i a tím i větší velikostí m_0 . Proto je třeba počítat poměry

$$k_0 = \frac{m_0}{\bar{m}_0}$$

Je-li $k_0 > 1$, jsou přítomny v měřeních nebo v souřadnicích daných bodů systematické chyby, které znehodnocují kvalitu výsledného bodového pole.

V souřadnicovém vyrovnání více bodů je střední chyba m_0 málo citlivá na systematické chyby přítomné jen v několika měřených veličinách nebo připojovacích bodech.

b) V další části chybových rozborů se počítá chybová matice \mathbf{S} , která je součinem střední jednotkové chyby a matice váhových koeficientů \mathbf{Q}

$$\mathbf{S} = m_0^2 \mathbf{Q} \quad (28)$$

Diagonální matice tvoří kvadráty středních souřadnicových chyb

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} m_{x1}^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_{y1}^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & m_{yt}^2 \end{bmatrix} = m_0^2 \begin{bmatrix} Q_{x1, x1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & Q_{y1, y1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & Q_{yt, yt} \end{bmatrix} \quad (29)$$

Matice \mathbf{Q} poskytuje důležitou informaci o struktuře sítě. Závisí především na tvaru určujících obrazců, na měřených veličinách použitých k určení bodů a na zvolené konstantě k při výpočtu vah měřených veličin

$$p_i = \frac{k}{m_i^2}.$$

Pro zavedené váhy zůstává matice \mathbf{Q} stále konstantní a nereaguje vůbec na přítomnost systematických chyb. Tyto nežádoucí chyby se projevují pouze v jednotkové střední chybě. Z praxe však víme, že systematické a hrubé chyby se objevují jen v některých veličinách, u některých přístrojů, u některých měřických skupin, za určitých meteorologických podmínek apod.

Systematické chyby v některých měřených veličinách nebo v určité části měřického souboru se projevují v souřadnicových vyrovnáních většími opravami zpravidla jak těchto veličin, tak i veličin v jejich těsném okolí. Větší opravy pak zvětšují do určité míry střední jednotkovou chybu m_0 (20), a tím i ve stejné míře variance \mathbf{V} (29). Nepravdělně rozložené systematické chyby tedy působí zvýšení všech souřadnicových chyb, takže není možné z chybové matice lokalizovat body sítě zatížené systematickými chybami. Velké souřadnicové chyby pouze signalizují nepříznivé určení odpovídajících bodů.

Jinou závažnou vlastností středních souřadnicových chyb v chybové matici je skutečnost, že vyjadřují odhad relativní polohové přesnosti jednotlivých určovaných bodů vůči připojovacím bodům. Nejde tedy o relativní polohovou přesnost k nejbližším okolním bodům.

c) Vyskytují-li se v měřených veličinách systematické a hrubé chyby, je třeba považovat i další odvozené chyby různých funkcí souřadnic za spekulativní odhady a neodpovídající reálné přesnosti zkoumané funkce. V těchto případech jsou střední chyby definovány chybovou maticí \mathbf{S}_H pro funkce H_k ($k = 1, 2, 3, \dots, u$) odvozené z vyrovnaných souřadnic x_i, y_i . Chybová matice je dána vztahem [9], [10]

$$\mathbf{S}_H = m_0^2 \mathbf{Q}_H, \quad (30)$$

kde $\mathbf{Q}_H = \mathbf{H} \mathbf{Q} \mathbf{H}^T$

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1n} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ h_{n1} & h_{n2} & \dots & h_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{a} \quad h_{kj} = \frac{\partial H_k}{\partial F_j}.$$

V rovnicích značí u počet složených funkcí a h_{kj} jsou odpovídající parciální derivace. Např. funkcí H_k může být směrník nebo délka mezi dvěma libovolnými body. I kdyby byly v měřených veličinách přítomny jen náhodné chyby, mají odvozené střední chyby složených funkcí platnost pouze statistickou.

d) Geodetická praxe potřebuje znát odhady skutečných souřadnicových nebo polohových chyb bodů ZPBP, vztahených k okolním bodům. Takové informace však chybové matice \mathbf{V} (29) a \mathbf{S}_H (30) nemohou poskytnout. Proto je třeba hledat cesty zpřesnit odhady polohové přesnosti určovaných bodů.

Pro praktické potřeby byly vybrány čtyři postupy [11]:

- výpočet středních kvadratických oprav měřených veličin v_{0i} ,
- výpočet přibližných souřadnicových chyb $m_{x_{0i}}, m_{y_{0i}}$ ze středních kvadratických oprav v_{0i} ,
- výpočet přibližné polohové chyby m_{p_i} ,
- výpočet relativních souřadnicových chyb $m_{x_{ri}}, m_{y_{ri}}$ pomocí samostatného souřadnicového vyrovnání každého bodu P_i .

α) Z oprav měřených směrů a délek se počítají pro každý určovaný bod střední kvadratické opravy směrů $v_{\varphi_{0i}}$, střední kvadratické opravy délek $v_{s_{0i}}$ nebo střední opravy směrů i délek v_{0i} podle jednoduchých vztahů (21) a (22) používaných i k testování kvality připojovacích bodů. Přitom se používají jen ty veličiny, které byly přímo měřeny na určovaný bod nebo z určovaného bodu. Velikost středních oprav poskytuje informaci o relativní polohové přesnosti k okolním bodům sítě. Střední opravy je možno systematicky porovnávat s odpovídajícími středními chybami metody měření směrů a délek a se střední jednotkovou chybou m_0 odvozenou z vyrovnání (20).

β) K spolehlivějšímu odhadu středních souřadnicových chyb se použije jednoduchých výrazů [13]

$$m_{x_{0i}} = \frac{v_{0i}}{\sigma} m_{x_i}, \quad m_{y_{0i}} = \frac{v_{0i}}{\sigma} m_{y_i}, \quad (31)$$

kde m_{x_i}, m_{y_i} jsou původně vypočtené střední souřadnicové chyby v chybové matici \mathbf{S} a směrodatná odchylka (22)

$$\sigma = \frac{\sum p v^2}{\sum p}$$

je vypočtena z vah a oprav všech měřených veličin.

Uvedená přibližná úprava podstatně zlepšuje informace o skutečné polohové přesnosti určených bodů, ale střední souřadnicové chyby jsou stále vztaženy k připojovacím bodům obnovované sítě.

γ) Ze středních oprav v_{0i} lze vypočítat přibližnou polohovou chybu m_{P_i} určovaného bodu P_i pomocí rovnice

$$m_{P_i} = v_{0i} s_{0i} \quad (32)$$

kde s_{0i} je průměrná délka jednotlivých záměr (směrů a délek), souvisejících přímo s určovaným bodem P_i .

δ) Spolehlivější odhad relativních souřadnicových chyb $m_{x_{ri}}$, $m_{y_{ri}}$ poskytuje postupné souřadnicové vyrovnání každého bodu P_i zvlášť. Přitom se použije jen veličin, kterými je každý bod P_i přímo určen, a okolní body jsou považovány za dané a bezchybné (se souřadnicemi získanými ze společného vyrovnání souřadnic bodů celé oblasti). Z těchto vyrovnání se registruje jen střední jednotková chyba m_{0i} a chybová matice o 4 prvcích. Souřadnicové vyrovnání jednotlivých bodů slouží jen k chybovému rozboru. Získané střední souřadnicové chyby nebo z nich vypočtené střední polohové chyby

$$m_{P_{ri}} = [(m_{x_{ri}}^2 + m_{y_{ri}}^2)]^{0,5}$$

tvorí spolehlivé informace o relativní polohové přesnosti pro různé geodetické práce.

Závěr

Geodetické polohové základy reprezentované AGS a JTSK bude nutné udržovat, analyzovat jejich kvalitu a kvalitu doplňovaných a obnovovaných bodů do té doby, dokud nebudou nahrazeny modernější, pravděpodobně družicovou sítí.

Dosavadní rozbor související s údržbou a obnovou ZPBP se týká převážně ověřování identit připojovacích bodů. Přehledné údaje o používaných a vyvinutých postupech jsou uvedeny v článku [4]. Vzhledem k tomu, že při obnově částí ZPBP se často setkáváme s řadou různých systematických chyb, byly v článku vybrány metody odstraňující některé jednoduché systematické chyby. Ke zjištění spolehlivosti a k chybovým rozborům připojovacích bodů byla zvolena jen přibližná kritéria.

Za závažný předpoklad kvalitní obnovy bodů je považován dobrý projekt sítě, který umožňuje zachovat homogenitu ZPBP. K spolehlivému určení bodů je třeba, aby každý byl určen nejen z dostatečného počtu měřených veličin, ale i z určitého počtu nadbytečných veličin, a aby rozložení měřených veličin nebylo jednostranné.

Dosud bylo obvyklé používat k odstranění měřítkové deformace podobnostní transformace [4]. Podobného výsledku lze dosáhnout zavedením měřítkové změny do rovnic oprav (4). Dokonce je výhodné přejít k složitějšímu vyjádření měřítkových změn, kdy souřadnicové vyrovnání již nezachovává konformitu jako podobnostní transformace. Prakticky se osvědčilo zavedení měřítkové elipsy (5), která vystihuje proměnlivost měřítkové deformace v různých směrech. Stejně účinné je i zahrnutí měřítkové elipsy do převodních rovnic podobnostní transformace (12), (14), čímž také pozbývá zachování konformity. Odvozené rovnice byly vyzkoušeny na příkladě sítě poskytnuté býv. GKP Praha.

Velké nesnáze se projevují v posuzování kvality připojovacích (identických) bodů a zejména v definici mezních odchylek, které rozhodují o použití nebo vyloučení těchto bodů. Vzhledem k značné míře subjektivity takových rozhodnutí jsou doporučena jen nejjednodušší kritéria vycházející nejen ze souřadnicových oprav identických bodů a z porovnání měřených a vypočtených veličin, ale i ze středních oprav měřených veličin z vyrovnání.

Velmi důležitý je spolehlivý odhad středních souřadnicových a polohových chyb. Nepřesné a někdy i nesprávné odhady poskytují chybové matice vypočtené z vyrovnání. V praktických vyrovnáních polohových sítí s více určenými body se doporučuje používat k charakteristice polohové přesnosti jednotlivých určených bodů střední opravy v_{0i} (22), přibližné souřadnicové chyby $m_{x_{0i}}$, $m_{y_{0i}}$ (31) a zejména relativní střední souřadnicové chyby $m_{x_{ri}}$, $m_{y_{ri}}$ vypočtené z dodatečného odděleného souřadnicového vyrovnání každého bodu zvlášť.

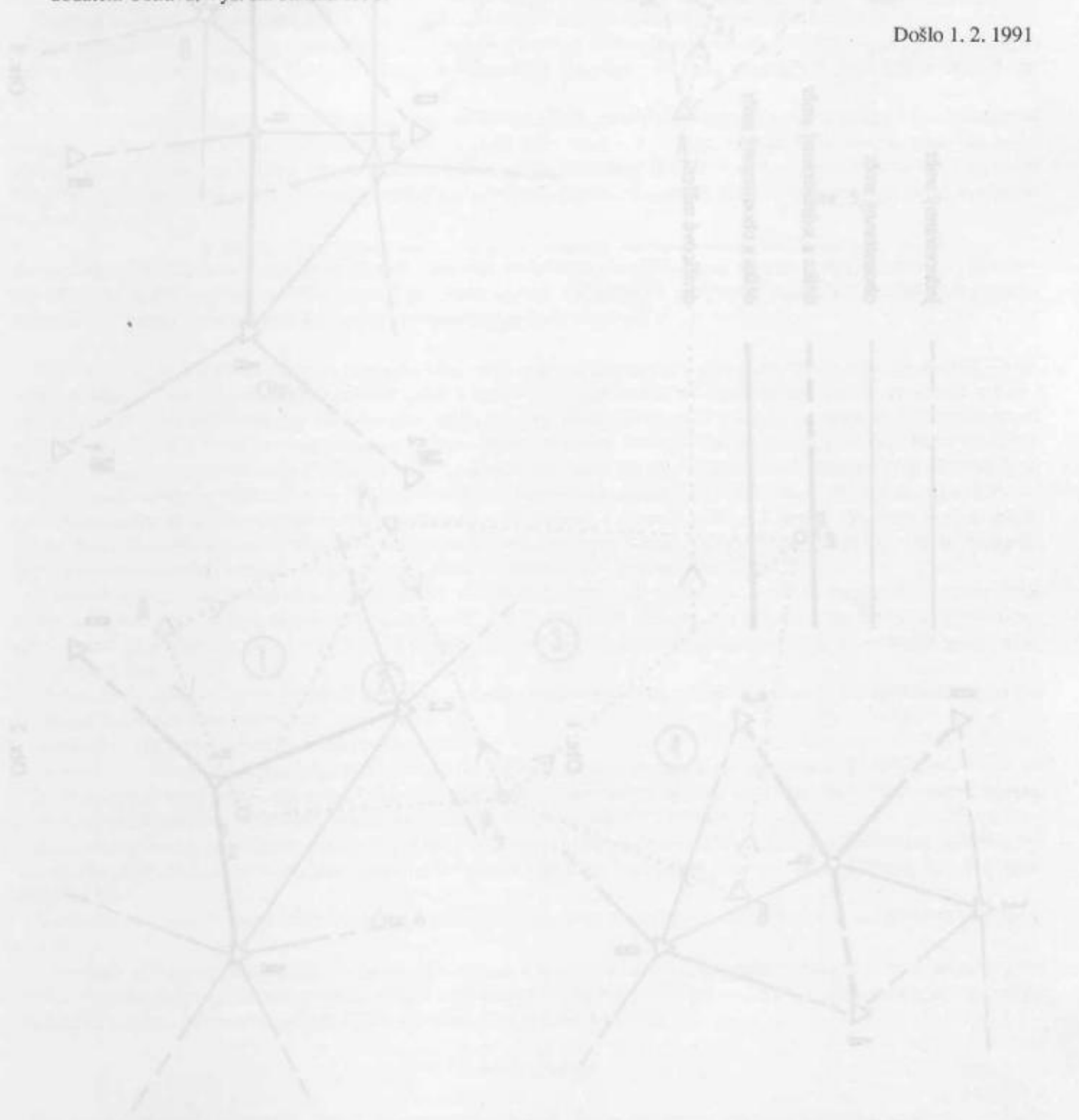
Podobné problémy bude třeba řešit i v blízké budoucnosti, kdy se už počítá s obnovou a doplňováním ZPBP pomocí družicového systému GPS [6].

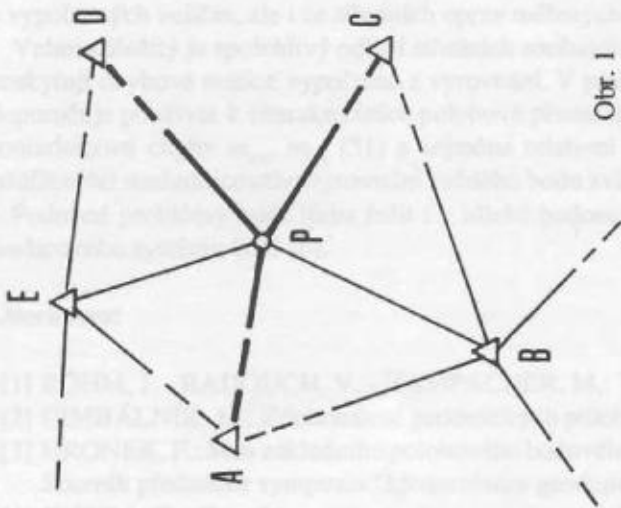
Literatura:

- [1] BŮHM, J. - RADOUCH, V. - HAMPACHER, M.: Teorie chyb a vyrovnávací počet. Praha, Kartografie 1990.
- [2] CIMBÁLNÍK, M.: Zdokonalení geodetických polohopisných základů. Úvodní projekt. Praha, Geod. úřad 1981.
- [3] HRONEK, F.: Stav základního polohového bodového pole v ČSR na základě jeho dlouhodobé revize, údržby a obnovy. Sborník přednášek symposia "Modernizace geodetických bodových polí I". Brno, ČSVTS 1980.
- [4] JINDRA, D.: K problematice analýzy identit v polohových sítích. Geod. kartogr. Obz., 1990, č. 10.
- [5] ŠIMEK, J.: Geodetické využití systému NAVSTAR - GPS a jeho perspektivy. Geod. kartogr. Obz., 1990, č. 10.
- [6] Koncepce modernizace a rozvoje čs. geodetických základů. Geodetická služba ČSFR. Praha - Bratislava 1990.

- [7] NEVOSÁD, Z.: K budování polohových bodových polí v ČSSR. [Doktorská disertace.] Brno 1978. - Voj. akademie A. Zápotockého.
- [8] NEVOSÁD, Z.: K metodám obnovy sítí základního polohového bodového pole. Geod. kartogr. Obz., 1982, č. 6.
- [9] NEVOSÁD, Z.: Geodézie VI. Vyrovnání geodetických sítí. Brno, VAAZ 1984.
- [10] NEVOSÁD, Z.: K polohové přesnosti bodů. Sborník ČSVTS z konference "Perspektiva základních geodetických bodových polí". Praha, ČSVTS 1987.
- [11] NEVOSÁD, Z.: K chybové analýze polohových sítí. Zborník referátov. Odbor Geodézia a kartografia. Vedecká konferencia pri príležitosti 50. výročia založenia SVŠT. Bratislava 1988.
- [12] NEVOSÁD, Z.: Budování místních geodetických sítí moderními přístroji. Sborník prací stavební fakulty ČVUT. Série G6. Praha 1989.
- [13] NEVOSÁD, Z.: Statistická a skutečná přesnost geodetických polohových bodů. Sborník 4. vědecké konference VŠB, dodatek. Ostrava, Vys. šk. báňská 1990.

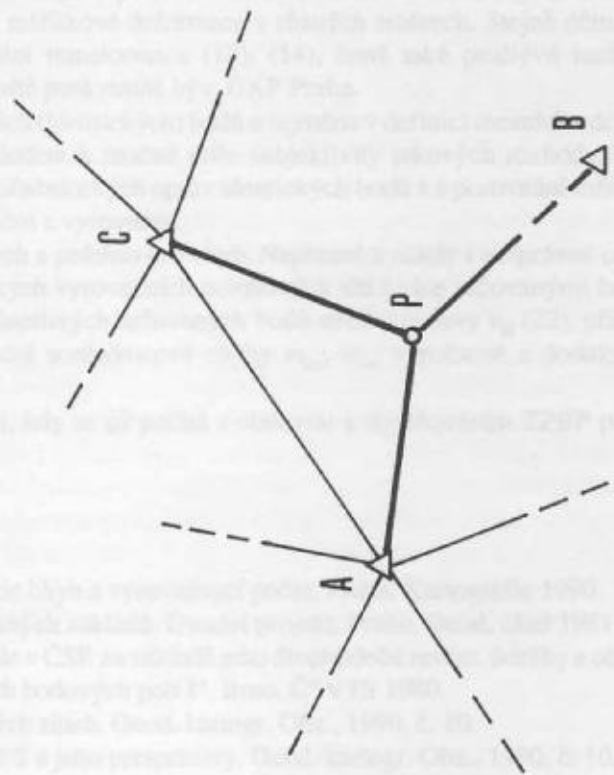
Došlo 1. 2. 1991



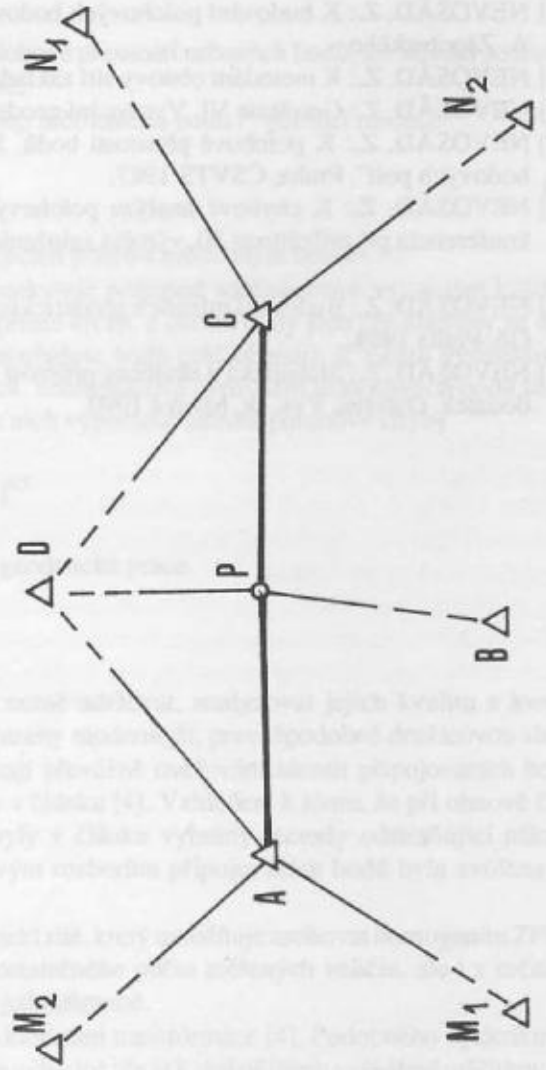


Obr. 1

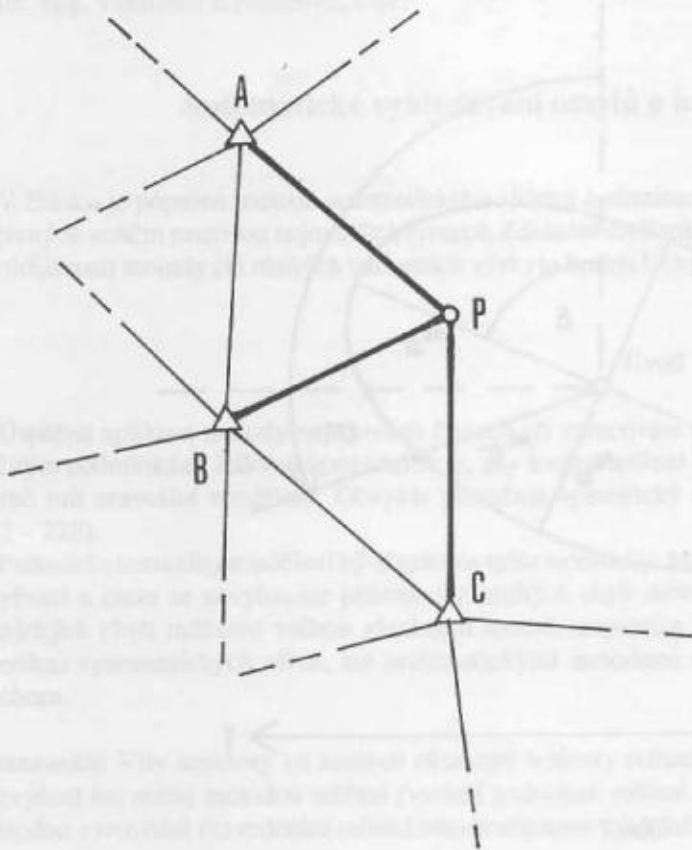
- jednostranný směr
- oboustranný směr
- délka a jednostranný směr
- délka a oboustranný směr
-> družicové měření



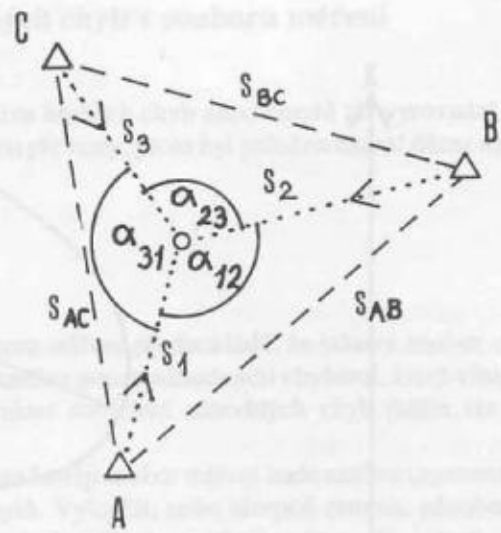
Obr. 2



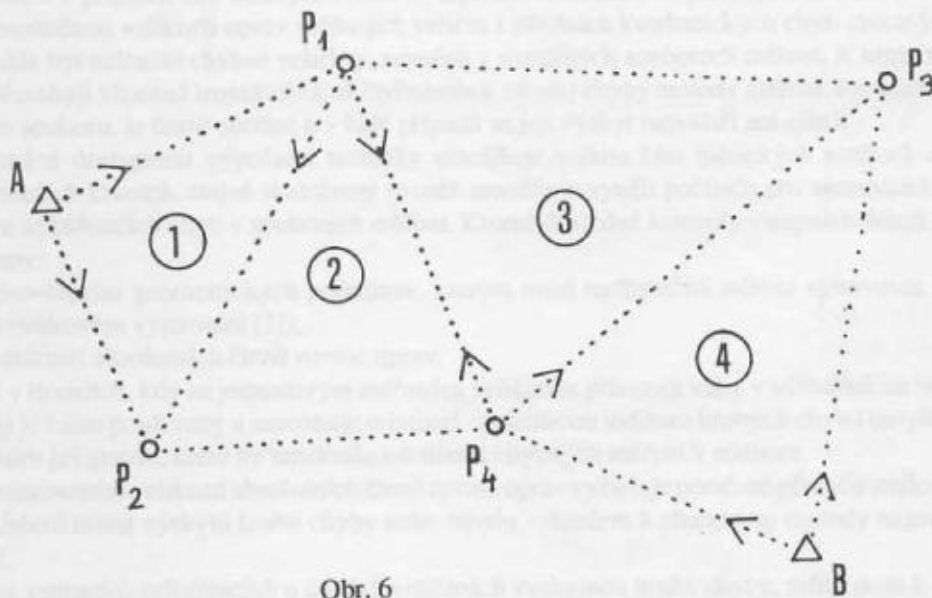
Obr. 3



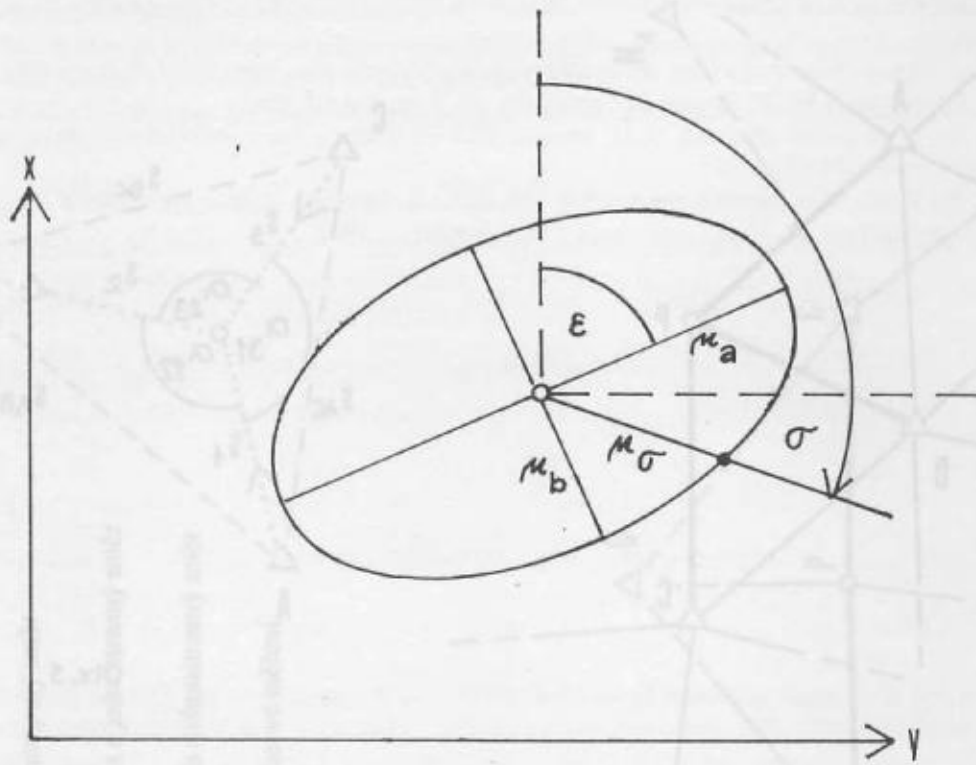
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7

Automatické vyhledávání omylů a hrubých chyb v souboru měření

V článku je popsána metoda automatického zjištění a eliminace vlivu hrubých chyb nebo omylů při vyrovnání souboru měřených veličin metodou nejmenších čtverců. Základní myšlenky jsou převzaty, proto byl položen hlavní důraz na ověření spolehlivosti metody při různých variantách výskytu hrubých chyb.

Úvod

Úspěšná aplikace metody nejmenších čtverců při zpracování souboru měření předpokládá, že takový soubor vyhovuje určitým podmínkám. Základní požadavek je, aby soubor měření byl zatížen pouze náhodnými chybami, které však nemusí nutně mít normální rozdělení. Obvykle postačuje symetrický charakter rozdělení náhodných chyb (blíže viz [2], str. 227 – 228).

Podmínka normality rozdělení bývá splněna spíše teoreticky. Mnohem častěji soubor měření bude zatížen i systematickými chybami a často se nevyhne přítomnosti hrubých chyb nebo omylů. Vyloučit, nebo alespoň omezit, působení systematických chyb můžeme volbou vhodných metod, respektive podmínek měření, a pokud známe zákonitosti působení (vzniku) systematických vlivů, lze matematickými metodami účinně eliminovat jejich působení v průběhu vyrovnání souboru.

Poznámka: Vliv nejistoty ve znalosti okamžité hodnoty refrakčního koeficientu na přesnost trigonometricky měřených převýšení lze snížit metodou měření (variací podmínek měření a současným měřením obousměrných záměr) a rovněž i metodou vyrovnání (zavedením refrakčního koeficientu jako další neznámé ve vyrovnání).

Výskyt omylů je způsoben lidským faktorem nebo blíže nespécifikovanými technickými vlivy a lze ho značně omezit systémem kontrol nebo automatizací procesu měření, archivace a zpracování dat. Často se jedná o chyby zjevné, a tedy i poměrně snadno identifikovatelné. Hrubé chyby, podle [2], jsou chyby, které svojí velikostí nevyhovují přesnosti metody měření. Hrubé chyby i omyly je nezbytné ze souboru měření vyloučit. Indikace omylů (i jejich jednotlivého výskytu) je poměrně snadná. I v případě, kdy se chybné měření nepodaří identifikovat před zpracováním souboru, jeho přítomnost se projeví neodůvodněnou velikostí oprav měřených veličin i středních kvadratických chyb získaných z vyrovnání. Určitým problémem může být nalezení chybné veličiny, zejména v rozsáhlých souborech měření. K hrubým chybám řadíme takové chyby, které přesahují více než trojnásobek až čtyřnásobek střední chyby metody měření. Rozhodnutí, kdy chyba ještě patří do výběrového souboru, je často obtížné a v řadě případů se její výskyt nepodaří ani zjistit.

Poměrně snadná dostupnost výpočetní techniky umožňuje velkou část měřických souborů zpracovávat vyrovnáním metodou nejmenších čtverců, stejná skutečnost rovněž umožňuje využít počítače pro automatickou kontrolu a případnou eliminaci vlivu nežádoucích chyb v souborech měření. Kromě důsledné kontroly vstupních údajů lze v zásadě aplikovat tři základní postupy:

- kontrolu prověřením geometrických podmínek, kterým musí nadbytečná měření vyhovovat (viz například formulaci podmínek v korelátovém vyrovnání [3]);
- kontrolu velikostí absolutních členů rovnic oprav;
- vyrovnání v iteracích, kdy se jednotlivým měřeným veličinám přisuzují váhy v závislosti na velikosti oprav.

První postup je často používaný a umožňuje relativně spolehlivou indikaci hrubých chyb i omylů. Vyžaduje však logicky složitou strukturu programu, která by umožnila lokalizaci chybných měření v souboru.

Kontrola posuzováním velikostí absolutních členů rovnic oprav vyžaduje poměrně přesnou znalost hodnot vyrovnávaných neznámých. Určení místa výskytu hrubé chyby nebo omylu vzhledem k charakteru metody nejmenších čtverců je značně komplikované.

Jestliže se ve vstupních informacích o daných veličinách vyskytnou hrubé chyby, může dojít k jejich záměně s chybami měření.

Vyrovnání ve váhových iteracích, tj. změna vah měření v závislosti na velikosti jejich oprav, působí na první pohled poněkud uměle, avšak praktické výsledky svědčí v její prospěch [1]. Metoda je jednoduchá, lze ji snadno aplikovat na již existující programy pro vyrovnání a rovněž i její účinnost je poměrně vysoká.

1. Popis metody

Pro ověření metody váhových iterací bylo použito již existujícího programu zprostředkujícího vyrovnání rovinné souřadnicové sítě. Měřené veličiny mohly být směry, délky a směrníky. Dané veličiny se pokládaly za bezchybné, neznámé

(rovinné souřadnice určených bodů) mohly být zadány jen přibližně (např. odsunuty z mapy). První etapa vyrovnání probíhala běžným způsobem, v iteracích, podle schématu

$$\begin{aligned} \delta x_t &= -N^{-1} \cdot n_{t-1}, \\ x_t &= x_{t-1} + \delta x_t, \\ v_t &= A_{t-1} \cdot \delta x_t + l_{t-1}, \\ l_t &= l_{0t} - l' \end{aligned} \quad (1)$$

kde

- δx - vektor přírůstků neznámých,
- N - matice koeficientů normálních rovnic,
- n - vektor absolutních členů normálních rovnic,
- x - vektor neznámých,
- v - vektor oprav měřených veličin,
- A - matice koeficientů rovnic oprav,
- l - vektor absolutních členů rovnic oprav,
- l_{0t} - vektor měřených veličin počítaný z přibližných neznámých,
- l' - vektor měřených veličin,
- t - pořadí iterací.

Pro matici koeficientů normálních rovnic platí:

$$N = A^T P A,$$

kde

P - diagonální matice vah měřených veličin.

Výpočet neznámých přírůstků δx byl ukončen po splnění jedné z podmínek

$$\max(|\delta x|) \leq \text{eps} \quad \text{nebo} \quad t > 5.$$

V programu bylo zvoleno $\text{eps} = 3 \text{ mm}$.

Váhy měření byly voleny obvyklým způsobem

$$\begin{aligned} \text{váhy měřených směrů} & p = 1, \\ \text{váhy měřených délek} & p_d = m_\psi^2 / m_d^2, \\ \text{váhy měřených směrníků} & p_\alpha = m_\psi^2 / m_\alpha^2. \end{aligned} \quad (2)$$

kde

- m_ψ - střední chyba měřených směrů,
- m_d - střední chyba měřených délek,
- m_α - střední chyba měřených směrníků.

Po ukončení první části výpočtu se podle stejného algoritmu provede pět až deset váhových iterací. Váhy měřených veličin se v každé iteraci počítají podle vztahu

$$\begin{aligned} p_k &= [\exp - (a^b)]^c, \\ a_k &= (|v_{k-1}|) / \sigma_{k-1}, \\ p_k &= f(v, \sigma), \end{aligned} \quad (3)$$

kde

- σ - standard přesnosti.,
- b, c - parametry funkce,
- v - opravy měřených veličin,
- k - pořadí váhových iterací.

Hodnoty parametrů b , c byly převzaty z [1].

$b = 4,4$, $c = 0,05$ pro první tři iterace,

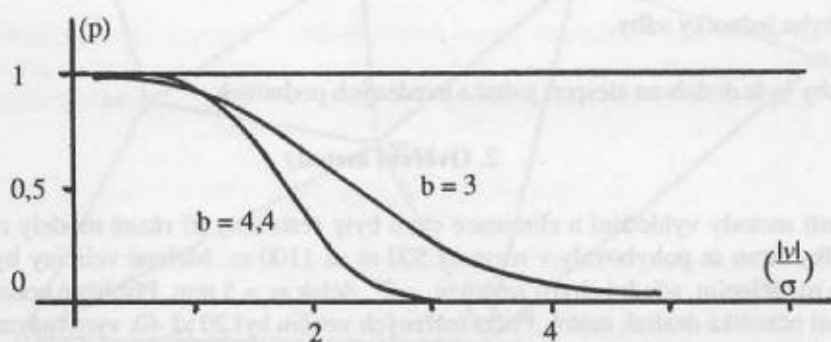
$b = 3,0$, $c = 0,05$ pro další iterace.

Počet iterací k byl vymezen podmínkami

$$k_{\min} = 5, \quad k_{\max} = 10, \quad (|m_k - m_{k-1}|)/m_k \leq e, \quad e = 0,001,$$

kde

m - empirická střední chyba jednotky váhy.



Obr. 1. Zobrazení průběhu váhové funkce $f(v, \sigma)$

Z grafu na obr. 1 vyplývá, že v průběhu váhových iterací se budou váhy jednotlivých měření obecně měnit v závislosti na velikosti absolutních hodnot jejich oprav vypočítaných z vyrovnání, což je v rozporu s běžně zažitým postupem určování vah - tj. podle přesnosti metody měření, respektive poměru přesnosti nehomogenních měřených veličin. Změna váhy počítané podle váhové funkce $f(v, \sigma)$ pro poměr $v/\sigma < 1$ nepřekračuje 5 %. Pro $v/\sigma = 2$, tj. po třetí a dalších iteracích ($b = 3,0$), bude $f(v, \sigma) = 0,67$, což znamená změnu váhy o 33 % a pro hodnoty vyrovnaných neznámých není příliš podstatné.

Cílem váhových iterací musí být takový stav, kdy měření, která mají neodůvodněně velké opravy, budou přisouzeny dostatečně malé váhy, aby výsledky vyrovnání byly minimálně zkreslené a konečné opravy vypočítané z vyrovnání spolehlivě indikovaly přítomnost a místo výskytu hrubých chyb nebo omylů v souboru měření.

Při vyrovnání nesourodých veličin, jako jsou směry a délky, se mohou jejich váhy značně lišit [2], proto i způsob použití váhové funkce bude pro různé druhy měřených veličin rozdílný. Váhy měřených směrů, délek (respektive směrnic) se počítaly podle algoritmu

$$p_k = p \cdot f(v_{k-1}, \sigma_{k-1}) ,$$

kde

P_k - váhy měřených veličin v k -té iteraci,

P - váhy měřených veličin počítané podle (2).

Základní problém, kromě volby parametrů b , c váhové funkce, je způsob určení standardu přesnosti σ . Pro funkci (3) s parametry b , c převzatými podle [1] není možné mechanicky převzít apriorní ani empirickou střední chybu jednotky váhy. Po provedení řady testů se projevila jako nejschůdnější řešení variabilní volba standardu přesnosti. Podle velikosti empirické střední chyby jednotky váhy, získané z vyrovnání, byl udržován v mezích

$$\sigma < m/2 \quad \text{nebo} \quad \bar{m}/2 < \sigma < \bar{m} ,$$

kde

\bar{m} - apriorní střední chyba jednotky váhy.

Přitom postačovalo, aby byla dodržena alespoň jedna z uvedených podmínek.

2. Ověření metody

Pro ověření účinnosti metody vyhledání a eliminace chyb byly sestaveny tři různé modely rovinných sítí s měřeními směry a délkami. Délky stran se pohybovaly v rozmezí 500 m až 1100 m. Měřené veličiny byly "zatíženy" náhodnými chybami s normálním rozdělením, střední chyba směrů $m_s = 2''$, délek $m_d = 5$ mm. Přibližné hodnoty neznámých souřadnic byly zadány s přesností několika desítek metrů. Počet měřených veličin byl 20 až 40, vyrovnávaných bodů tři až šest.

V první fázi testování všechny modely sítí byly vyrovnány zprostředkujícím i váhovým vyrovnáním. Rozdíly výsledných souřadnic nepřesáhly 1 mm (střední souřadnicová chyba vyrovnaných bodů $m_{xy} = 5$ mm až 12 mm), pouze empirická střední jednotková chyba váhového vyrovnání byla systematicky o 10 % až 15 % menší.

V další etapě byla testována účinnost indikace chyb různých velikostí ve směrech i délkách. Prokazatelně a spolehlivě byly zjištěny chyby v měřených délkách. Méně výrazná byla indikace hrubých chyb měřených směrů, i když i v těchto případech největší opravy příslušely vybraným směrům. Spolehlivé určení místa a velikosti chyb bylo možné až od přibližně desetinásobku základní střední chyby metody měření.

V síti zobrazené na obr. 2 byly zvoleny následující kombinace a velikosti chyb:

a) Záměna dvou směrů (chyba $1^\circ 52' 23,8''$), chyba v zápisu délky (místo 1035,39 zapsáno 1035,93). Po váhových iteracích vyrovnaná měření se lišila od správných hodnot o $-0,2''$ až $+1,7''$, respektive o 1 mm. Maximální rozdíl vyrovnaných souřadnic byl -7 mm.

b) Dvě chyby ve směrech ($+15''$, $+5''$), chyba v délce (-45 m). Rozdíly mezi vyrovnanými směry $+1,6''$ až $-0,4''$, rozdíl v délce $+4$ mm. Rozdíly vyrovnaných souřadnic byly v rozmezí -3 mm až $+5$ mm.

c) Záměna dvou sousedních směrů (chyba $41^\circ 20' 35''$), chyba ve směru $-9''$, dvě chyby v délkách (-18 m, $+0,06$ m). Rozdíly vyrovnaných směrů se pohybovaly v mezích $-2,9''$ až $+9,8''$, délek $-0,054$ m až $+0,021$ m. Chyba ve směru $-9''$ ani chyba v délce $+0,06$ m nebyly indikovány. Diference vyrovnaných souřadnic v jednom případě dosáhly hodnoty $+53$ mm, zbývající nepřekročily 30 mm.

Rovněž byla ověřována možnost nalezení chyb, jejichž velikost se pohybovala kolem $10''$ (u směrů) a 3 cm (u délek). Chyby v délkách byly indikovány jednoznačně, prokazatelnost výskytu chyb uvedené velikosti ve směrech nebyla jednoznačná, pouze opravy příslušné osnovy směrů vypočítané z vyrovnání byly maximální.

3. Zhodnocení metody váhových iterací

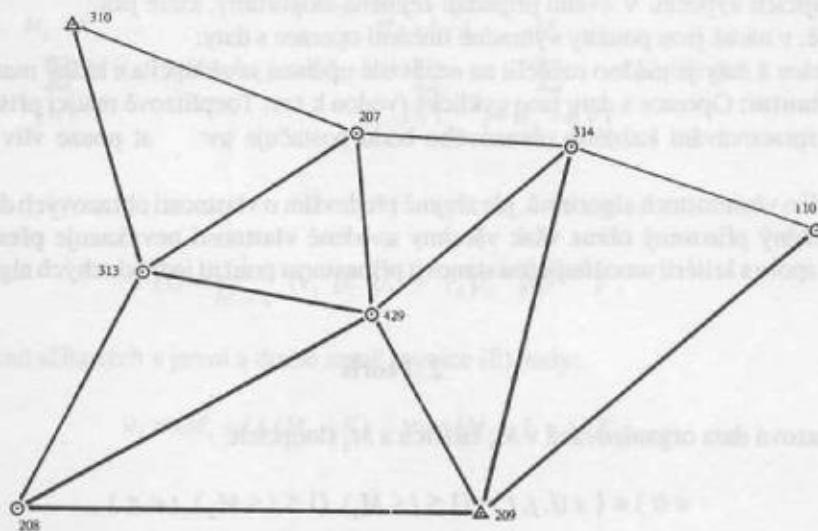
Ověřování účinnosti metody váhových iterací pro zjištění a eliminaci vlivu hrubých chyb v měřených veličinách při zprostředkujícím vyrovnání prokázalo výhody, ale i nedostatky uvedeného postupu. Metoda je účinná zejména pro zjišťování omylů v měřených údajích a poskytuje i dosti spolehlivou indikaci hrubých chyb, pokud přesahují 6 až 10násobek střední chyby metody měření. Popisovaná metoda rovněž nedokáže rozlišit chyby v daných hodnotách (tj. souřadnicích daných bodů) od chyb v měření.

Z uvedených důvodů bude vhodné využívat pro vyhledání chybných dat v souboru postupně dvě metody:

- kontrolu geometrických podmínek, kterým musí vyhovovat nadbytečná měření;
- metodu váhových iterací.

Metodu váhových iterací není vhodné chápat jako způsob vyrovnání. Jedná se zejména o formálně jednoduchý postup, který umožňuje indikaci omylů a hrubých chyb v souboru měření.

Váhové iterace je tedy vhodné použít jako kontrolu klasické metody nejmenších čtverců a v případě shody výsledků můžeme považovat zpracovávaný soubor za zbavený omylů a hrubých chyb.



Obr. 2. Schéma testované sítě

Literatura:

- [1] SCHUH, W. D.: Rasche und einfache automatische Fehlererkennung bei grossen Datenmengen. Österr. Z. Vermess.-Wes. u. Photogram., 72, 1984, č. 4, s. 137 - 147.
- [2] BŮHM, J. - RADOUCH, V.: Vyrovnávací počet. Praha, Kartografie 1978. 512 s.
- [3] NEVOSÁD, Z.: Geodézie VI. Vyrovnání geodetických sítí. Brno, VAAZ 1984. 380 s.

Došlo 1. 2. 1991

Některé možnosti stanovení parametrů jednoduchého modelu digitalizovaného obrazu

1. Úvod

Praktické využití metod digitálního zpracování obrazů bylo podmíněno odpovídajícím rozvojem výpočetních prostředků, zejména možností zpracovávat velké objemy dat (pro obrazové signály typické) v přijatelných časových relacích. Existence takových technických prostředků naopak výrazně ovlivnila teoretickou stránku problematiky. Je logické, že důsledky se projeví i ve fotogrametrii a kartografii, protože v obou těchto disciplínách je právě obraz (tj. dvojrozměrný signál) přirozeným nositelem zpracovávaných informací.

Každou technologii digitálního zpracování obrazů je obvykle možno rozčlenit na dílčí operace. Jde např. o primární filtraci (eliminaci šumové složky obrazu), zvýraznění (např. obrazových hran, manipulace s kontrastem ...), odstranění geometrických zkreslení, kompresi dat, extrakci některých informačně důležitých rysů obrazu, detekci a identifikaci zájmových objektů (včetně rozpoznávání textur, objektů a segmentace obrazu), interpolaci a extrapolaci obrazových dat až po operace se spektry obrazů a obrazovou syntézu. Pro každou z těchto úloh je možno volit některý z řady algoritmů. Přes velkou výkonnost výpočetních systémů je však značná část těchto algoritmů objemem operací v nejobecnější podobě v současné době ne-li nepřijatelná, tedy alespoň nevýhodná. Přednost proto dostávají ty z nich, které vykazují některé z vlastností zjednodušujících výpočet. V úvahu připadají zejména algoritmy, které jsou:

- 1) **lineární**, tj. takové, v nichž jsou použity výhradně lineární operace s daty;
- 2) **separabilní**: Operace s daty je možno rozdělit na nezávislé operace se sloupci a s řádky matice obrazových dat;
- 3) **prostorově invariantní**: Operace s daty jsou cyklické (vedou k tzv. Toeplitzově matici příslušného operátoru);
- 4) **markovské**: Při zpracovávání každého obrazového bodu postačuje uvážit pouze vliv obrazových bodů z jeho blízkého okolí.

Přestože jsme hovořili o vlastnostech algoritmů, jde zřejmě především o vlastnosti obrazových dat, které aplikaci takových algoritmů umožňují. Žádný přirozený obraz však všechny uvedené vlastnosti nevykazuje přesně. Významu tak nabývá vhodně zvolený model spolu s kritérii umožňujícími stanovit přípustnost použití jednoduchých algoritmů na reálná obrazová data.

2. Teorie

Předpokládejme obrazová data organizovaná v M_1 řádcích a M_2 sloupcích:

$$\kappa(t) = \{ x(i, j, t) : (1 \leq i \leq M_1), (1 \leq j \leq M_2), t \in \tau \}, \quad (1)$$

kde τ je libovolná množina času, hodnoty x jsou libovolné kvantifikovatelné veličiny (např. zčernání) odpovídajícího obrazového prvku (tzv. pixelu). $\kappa(t)$ je tak možno chápat např. jako časovou posloupnost leteckých snímků (ne nutně ze stejného území).

Základem statistického modelu (např. [3], [5]) je pojmání těchto obrazových dat jako náhodného procesu. Jeho realizací může být buď konkrétní snímek, tj. $\kappa(t_0)$, nebo posloupnost pixelů ležících v jednom místě různých snímků - $\{x(i_0, j_0, t)\}$. Jsou možné i další interpretace, pro náš účel však způsob chápání snímku není rozhodující. Budeme totiž předpokládat, že náhodný proces $\kappa(t)$ je stacionární a ergodický. Pak jeho střední hodnota (E je operátor střední hodnoty)

$$E \{ x(i, j, t) \} = E \kappa(t_0) = E x(i_0, j_0, t) \hat{=} \mu \quad (2)$$

je konstanta nezávislejší ani na poloze (i, j) , ani na snímku (t) .

Podobně kovariance (Cov)

$$\text{Cov} [x(i, j, t_0), x(m, n, t_0)] = E [x(i, j) - \mu] [x(m, n) - \mu] \hat{=} r(i, j; m, n) = r(i - m; j - n) \quad (3)$$

závisí pouze na vzdálenosti pixelů $x(i, j)$ a $x(m, n)$.

Dále budeme předpokládat separabilní markovské obrazové pole (viz např. [1]). Kovariance se zjednoduší na tvar:

$$r(i - m; j - n) = \sigma^2 \rho_C^{|i-m|} \rho_R^{|j-n|}. \quad (4)$$

kde $\sigma^2 = r(0, 0)$ je disperze, ρ_C a ρ_R koeficienty korelace ve směru sloupců a řádků.

Ve většině případů jsou obrazová data ukládána po řádcích. Odpovídá to způsobu jejich pořizování, ať již jde o televizní způsob rozkladu obrazu, či o použití skenerů různého typu. Zaveďme proto

$$x(i, j) = x(k) : k = (i - 1) M_2 + j, 1 \leq k \leq N = M_1 M_2. \quad (5)$$

Autokorelační funkce má pak tvar:

$$R(\tau) = \frac{1}{N - \tau} \sum_{k=1}^N x(k) x(k + \tau), 0 \leq \tau < N. \quad (6)$$

Dále nechť

$$L \triangleq \left[\frac{\tau}{M_2} \right], K \triangleq \tau - L M_2, \quad (7)$$

kde $[x]$ označuje celočíselnou část x .

Po úpravách (6) obdržíme:

$$r(\tau) = \frac{1}{N - \tau} \left\{ \sum_{i=1}^{M_1 - L} \sum_{j=1}^{M_2 - K} x(i, j) x(i + L, j + K) + \sum_{i=1}^{M_1 - L - 1} \sum_{j=M_2 - K + 1}^{M_2} x(i, j) x(i + L + 1, j + K - M_2) \right\}. \quad (8)$$

S uvážením (4)

$$r(\tau) = \frac{1}{N - \tau} (v_1 \rho_C^L \rho_R^K + v_2 \rho_C^{L+1} \rho_R^{M_2 - K}), \quad (9)$$

kde v_1 a v_2 je počet součinnů sčítaných v první a druhé sumě rovnice (8), tedy:

$$v_1 = (M_1 - L)(M_2 - K), v_2 = (M_1 - L - 1)K. \quad (10)$$

Potom

$$r(\tau) = \frac{1}{N - \tau} \left\{ (M_1 - L)(M_2 - K) \rho_C^L \rho_R^K + (M_1 - L - 1)K \rho_C^{L+1} \rho_R^{M_2 - K} \right\}. \quad (11)$$

Připomeňme, že (11) vyjadřuje tvar autokorelační funkce obrazu uloženého ve vektoru po řádcích za předpokladu, že obrazové pole je stacionární, ergodické, separabilní a markovské. Pokud se tedy autokorelační funkce skutečného obrazu bude blížit tvaru (11), lze předpokládat, že obraz má výše uvedené vlastnosti a pro jeho zpracování je možné použít příslušné jednodušší algoritmy.

3. Výsledky

Pro ověření předcházejících závěrů byl použit digitalizovaný snímek dálkového průzkumu Země rozměru 50 x 60 pixelů, se 40 stupni gradace. Zjednodušený výstup (s 8 stupni gradace) je na obr. 1, blokdiagram na obr. 2. Z pohledu je zřejmé, že snímek není homogenní, a proto asi jen těžko splňuje podmínku stacionarity.

Byla vypočtena autokorelační funkce tohoto snímku pro $\tau = 0$ až 1000 (na obr. 3 plnou čarou) a nalezeny hodnoty korelačních koeficientů ρ_C a ρ_R tak, aby výraz (11) tuto autokorelační funkci co nejlépe aproximoval - na obr. 3 čárkovaně. Byly tak získány hodnoty $\rho_C \cong 0,901$ a $\rho_R \cong 0,959$, tedy poněkud nižší, než uvádí [5].

Porovnáme-li experimentální a teoretický průběh autokorelační funkce v délce jednoho řádku (obr. 4), vidíme, že pravděpodobně lepším modelem by byl markovský proces řádu vyššího než prvního.

Pro rychlý odhad koeficientů korelace ρ_C a ρ_R je možno využít lokální extrémy, ev. další významné body experimentální autokorelační funkce. Podle (11) totiž platí:

$$r(1) = \frac{1}{N-1} \left\{ M_1 (M_2 - 1) \rho_R + (M_1 - 1) \rho_C \cdot \rho_R^{M_1 - 1} \right\} \approx \rho_R; M_1, M_2 \gg 1 \quad (12)$$

pro lokální maxima, tj. pro $\tau = LM$:

$$r(LM_2) = \rho_C^L \quad (13)$$

a pro lokální minima, tj. pro $\tau = (L+1/2)M_2$:

$$r[(L+1/2)M_2] = \frac{M_1 - L}{2(M_1 - L) - 1} \rho_C^L \rho_R^{M_1/2} \left(1 + \frac{M_1 - L - 1}{M_1 - L} \rho_C \right) = \rho_C^L \rho_R^{M_1/2}; M_1, M_2 \gg 1. \quad (14)$$

Hodnotu ρ_R z (12) určíme přímo, v našem případě činí 0,9596. Jestliže chceme použít vztahy (13) a (14), je možné postupovat v zásadě dvěma způsoby:

- zvolit konkrétní maximum (minimum) a z něho spočítat hodnotu ρ_C (ρ_R). Je možno použít více hodnot a uvažovat průměr;
- použít prvních Q hodnot $\{r(i) : i \leq Q\}$ maxim (minim) a z nich určit hodnoty $\bar{\rho}_{CQ}$ ($\bar{\rho}_{RQ}$) vyrovnáním (MNČ) podle vztahů:

$$\bar{\rho}_{CQ} = \exp \left\{ \frac{Q}{Q(Q+1)(2Q+1)} \sum_{i=1}^Q i \cdot \ln[r(i)] \right\} \quad (15)$$

$$\bar{\rho}_{RQ} = \left\{ \frac{\sum_{i=0}^Q \bar{\rho}_{Ci} r(i)}{1 + \sum_{i=1}^Q \bar{\rho}_{Ci}^2} \right\}^{\frac{2}{M_2}} \quad (16)$$

Pro $Q = 1$ až 10 jsou výsledky v následující tabulce:

Q:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\bar{\rho}_{CQ}$	0,913	0,907	0,905	0,904	0,903	0,903	0,901	0,901	0,901	0,901
$\bar{\rho}_{RQ}$	0,957	0,956	0,955	0,953	0,951	0,949	0,948	0,946	0,944	0,942

4. Závěr

Vztah (11) byl odvozen pro zjednodušený model obrazových dat uložených po řádcích. Přes zavedená zjednodušení lze očekávat, že ve většině případů bude tento model pro značnou část praktických úloh vyhovující. Lze jej využít různými způsoby, např.:

1. Skenery, sloužící k digitalizaci obrazů, ukládají získaná data do datových souborů různých formátů. Kromě posloupnosti hodnot vyjadřujících kvantitativní charakteristiky jednotlivých pixelů obsahují tyto soubory obvykle různá záhlaví nesoucí informace o způsobu organizace dat, např. o počtu řádků a sloupců. Neznáme-li formát dat, můžeme některé potřebné údaje určit tak, že vypočítáme autokorelační funkci celého datového souboru. Ve většině případů se jasně objeví typický průběh (11), ze kterého můžeme stanovit např. délku řádku M_2 , která je důležitou hodnotou pro dešifrování záznamu.

2. Známe-li hodnotu M_2 , lze ze dvou až tří hodnot experimentální autokorelační funkce $r(\tau)$ odhadnout velikost koeficientů korelace v řádcích (ρ_R) a ve sloupcích (ρ_C). Obvykle k tomu postačí výpočet $r(1)$, $r(M_2/2)$, $r(M_2)$ a použití vztahů (12), (13), (14).

Koeficienty korelace určují autokorelační funkci markovského procesu ve tvaru:

$$R(\tau) = e^{-\alpha|\tau|} \quad (17)$$

Jak známo (např. [4]), odpovídá (17) Fourierovu spektru s modulem

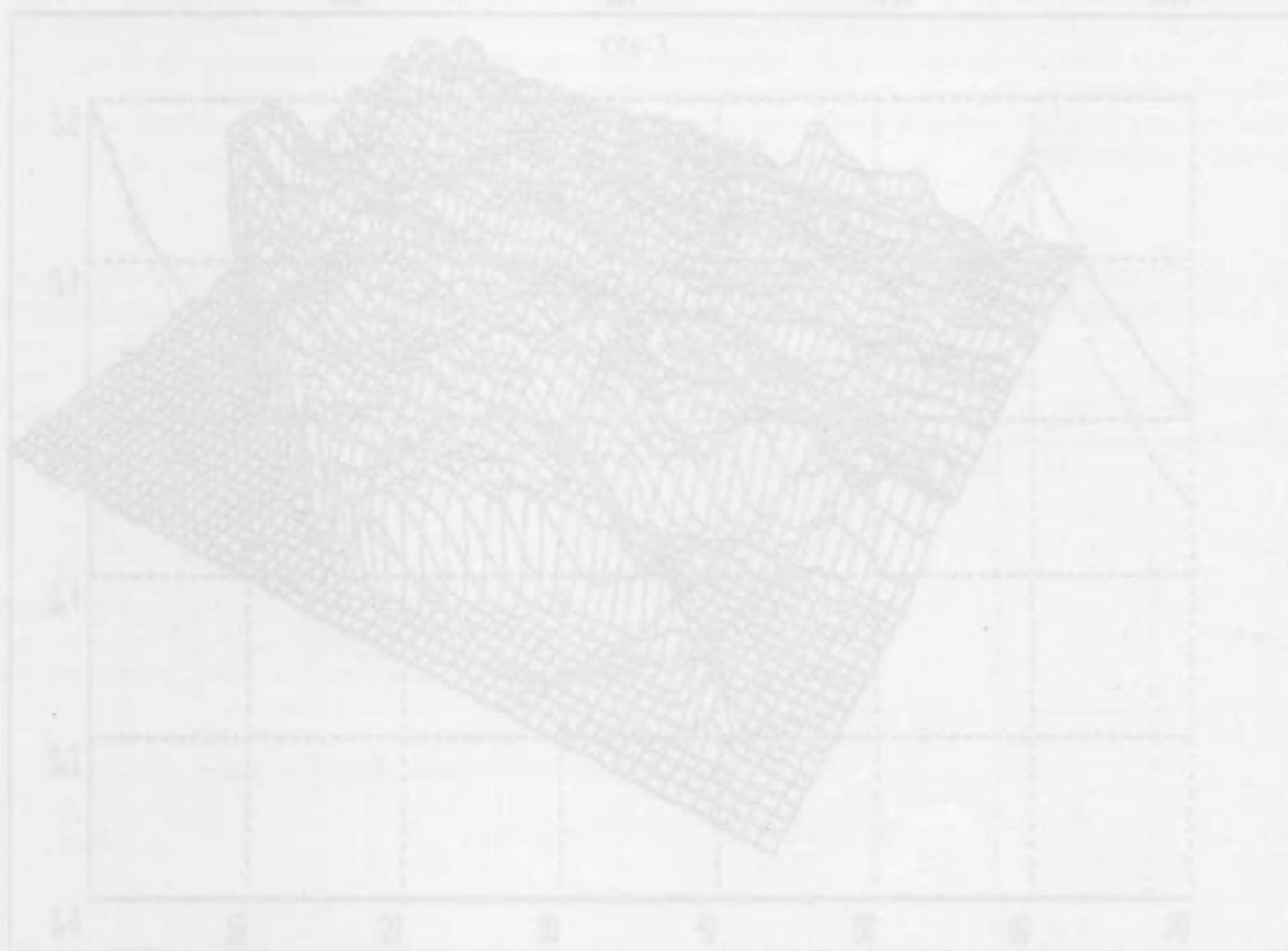
$$F(\lambda) = \frac{\alpha \sigma^2}{\alpha^2 + \lambda^2} \quad (18)$$

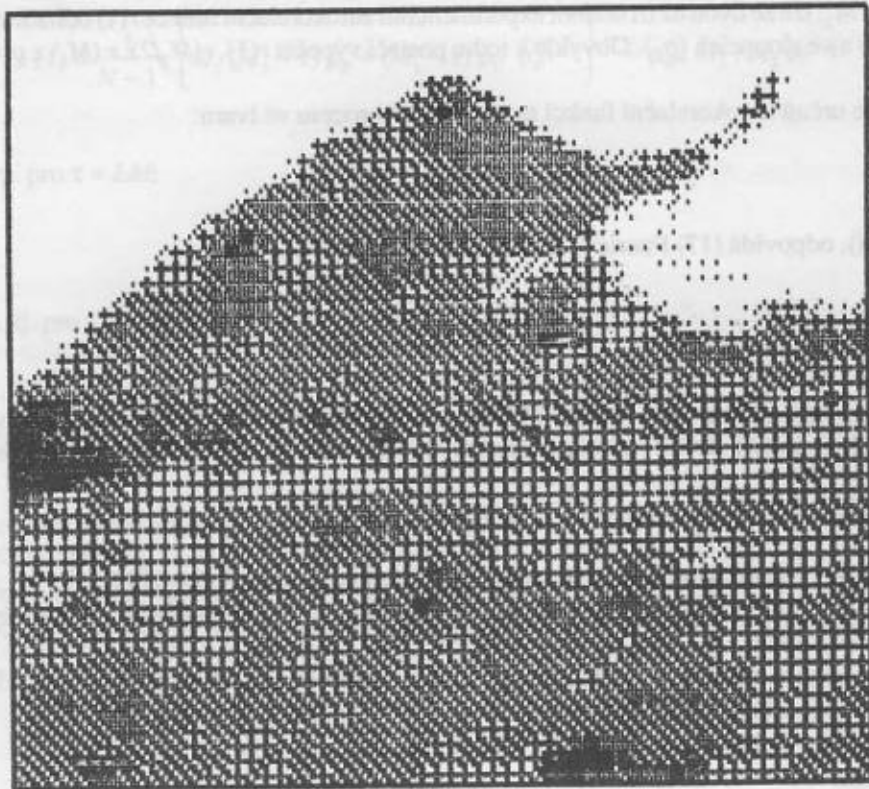
Známe-li pak tvar spektra, můžeme (při zadané přípustné chybě rekonstrukce) odhadnout i takové jeho omezení, které ještě nepůsobí překročení zadané chyby - je tedy možné odhadnout velikost ještě přípustné redukce dat [2].

Literatura:

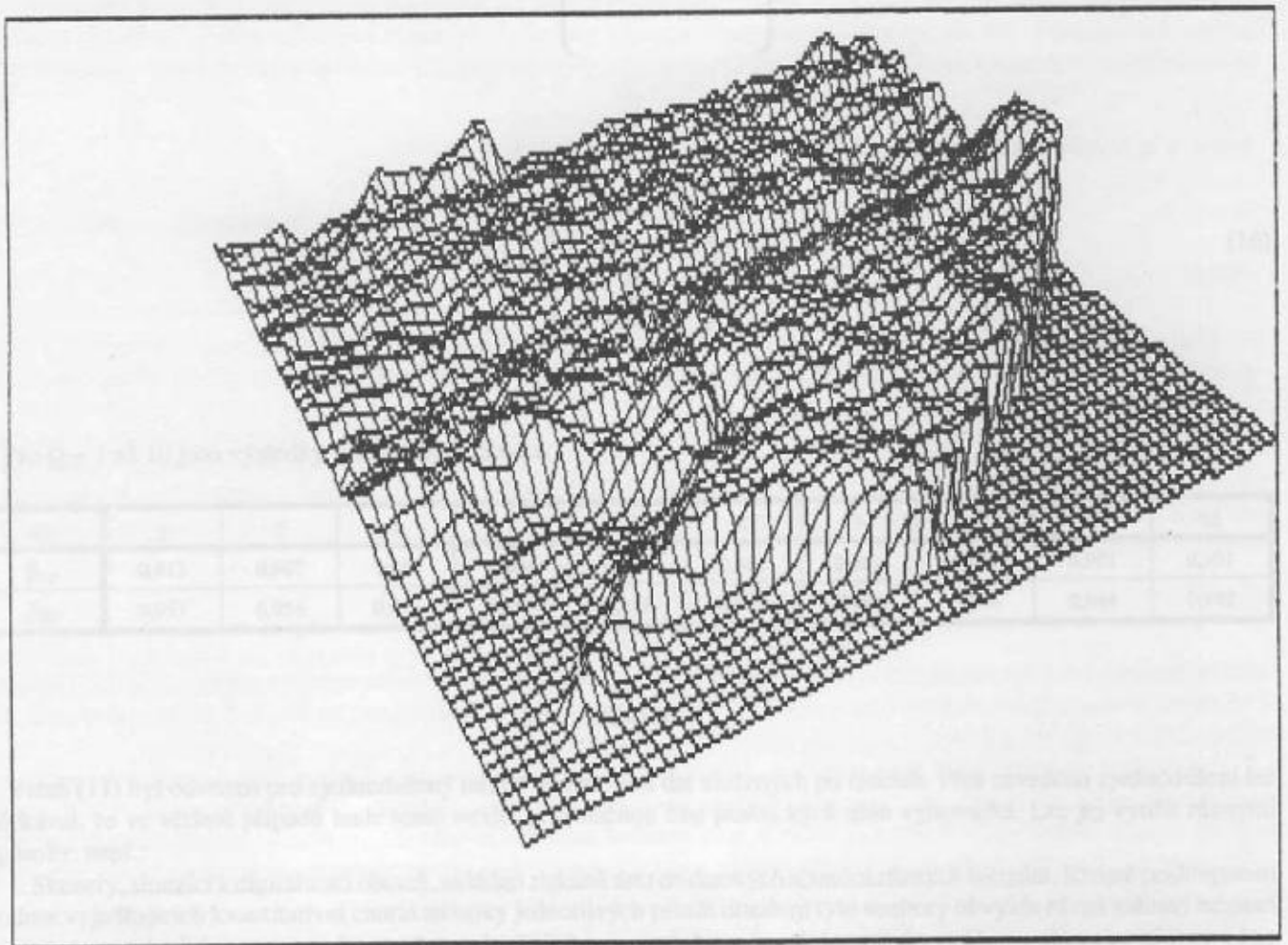
- [1] GICHMAN, I. I. a kol.: Teorija verojatnostej i matematičeskaja statistika. Kijev 1979.
- [2] CHMELÍK, M.: Vliv digitalizačního zkreslení na přesnost rekonstrukce digitálních modelů. Referát na 8. kartografické konferenci. Pardubice 1987.
- [3] JAIN, A. K.: Advances in Mathematical Models for Image Processing. In: Proc. of IEEE. 69, 1981, č. 5, s. 502–528.
- [4] LEVIN, B. R.: Teoretičeskije osnovy statističeskoj radiotekniky. Moskva, Sov. Radio 1969.
- [5] PRATT, W. K.: Digital Image Processing. New York 1978.

Došlo 19. 2. 1991

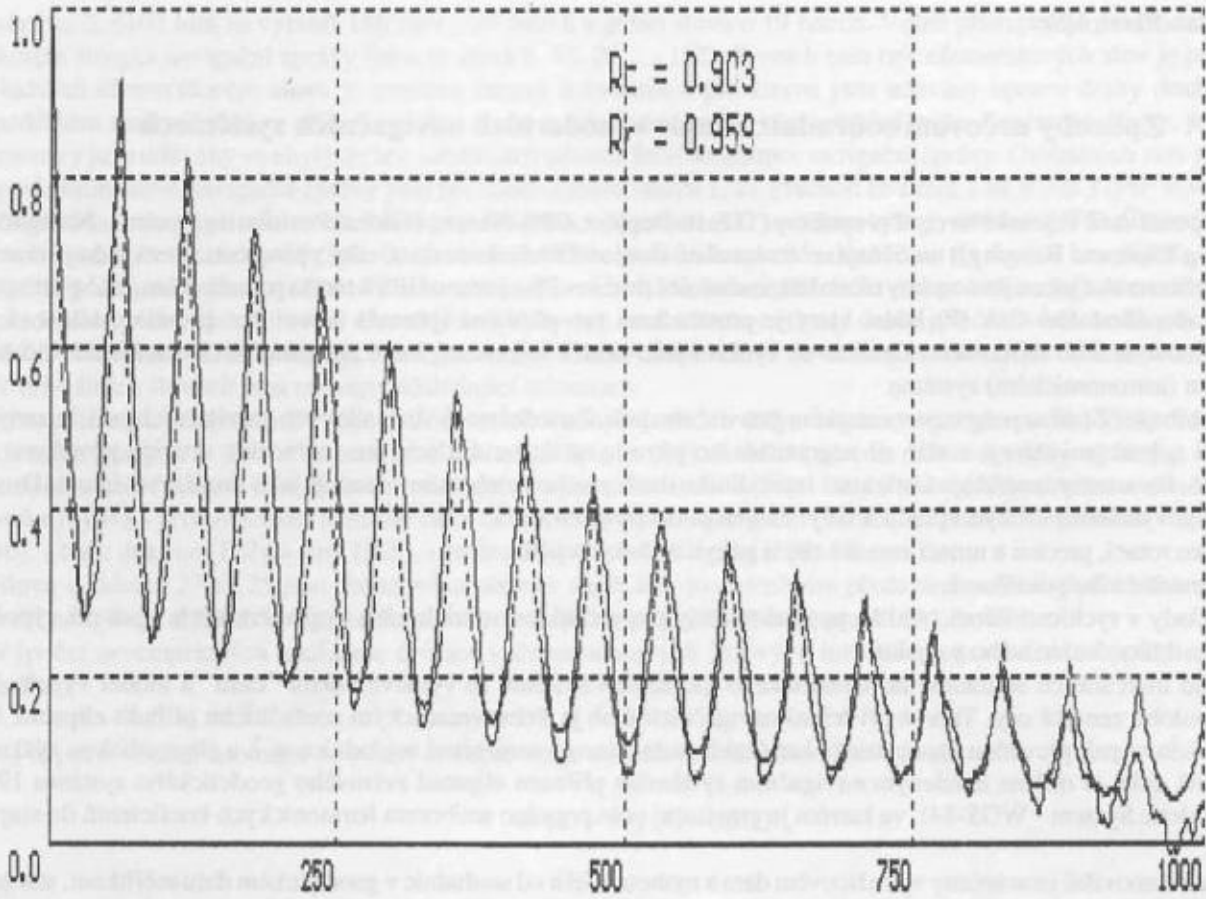




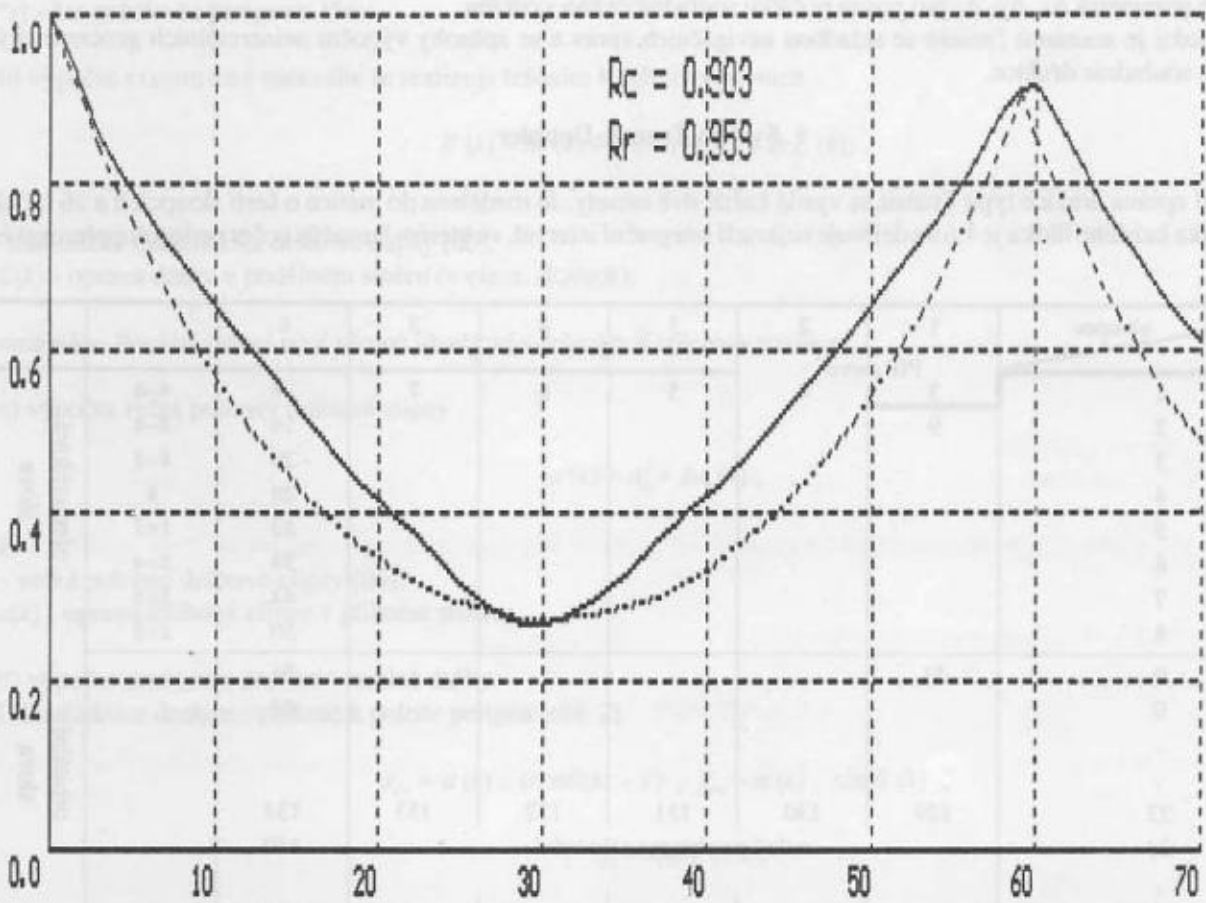
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4

Způsoby určování souřadnic družic v moderních navigačních systémech

Doposud používané vojenské navigační systémy (Transit-Doppler, GPS-Navstar [Global Positioning System - Navigation System using Time and Ranging]) umožňují určit okamžité absolutní souřadnice stanoviště s přesností, která je do jisté míry limitována přesností, s jakou jsou známy okamžité souřadnice družice. Při systému GPS k těmto požadavkům ještě přistupuje znalost pseudonáhodného C/A (P) kódu, který je prostředkem pro přibližné (přesné) určení tzv. pseudovzdáleností na principu jednosměrného dálkoměru. Družice se využívá jako nosiče informací, které umožňují určit souřadnice družice v inerciálním (astronomickém) systému.

Družice obíhající Zemi se pohybuje v zemském gravitačním poli. Zanedbáme-li vlivy silových gravitačních polí, buzených přirozenými nebeskými tělesy, a vliv sil negravitačního původu na dráhu družice, lze souřadnice družice považovat za geocentrické. Parametry umožňující orientaci inerciálního družicového systému se označují jako družicové datum. Družicové datum je vytvářeno určitými předpoklady. Za hlavní lze považovat:

- model pro rotaci, precesi a nutaci zemské osy a pohyb zemských pólů,
- model gravitačního pole Země,
- předpoklady v rychlosti šíření světla a použité modely pro určení ionosférických a troposférických vlivů při výpočtu doby šíření a dráhy družicového paprsku.

Pro převod inerciálních souřadnic do terestrického globálního systému se využívá vektor "času" a model vyjadřující skutečnou polohu zemské osy. Teprve při řešení navigačních úloh je třeba terestrickým souřadnicím přiřadit elipsoid. Na tomto elipsoidu se pak převedou geocentrické kartézské souřadnice na zeměpisné souřadnice φ , λ a elipsoidickou výšku.

V současné době je oběma uvedeným navigačním systémům přiřazen elipsoid světového geodetického systému 1984 (World Geodetic System - WGS-84), ve kterém je gravitační pole popsáno souborem harmonických koeficientů do stupně a řádu 180.

Souřadnice stanoviště jsou určeny v družicovém datu a mohou se lišit od souřadnic v geodetickém datu měřítkem, směrem souřadnicových os a posuny počátků souřadnicových systémů. Pro převod mezi družicovým datem a místním geodetickým datem lze využít sedmi transformačních prvků: měřítkového parametru, pootočení kolem souřadnicových os X , Y , Z a translačních parametrů Δx , Δy , Δz pro posun počátku souřadnicového systému.

Cílem článku je seznámit čtenáře se skladbou navigačních zpráv a se způsoby výpočtu neinerciálních geocentrických kartézských souřadnic družice.

1. Systém Transit-Doppler

Navigační zpráva družice typu Transit se vysílá každé dvě minuty. Je rozdělena do matice o šesti sloupcích a 26 řádcích (obr. 1). Délka každého řádku je 4,6 s a definuje nejkratší integrační interval, ve kterém lze měřit počet period dopplerovského

řádek \ sloupec	1	2	3	4	5	6		
	PIP slovo							
1	3	4	5	6	7	8	$k-6$	efemeridová slova
2	9					14	$k-4$	
3						20	$k-2$	
4						26	k	
5						32	$k+2$	
6						38	$k+4$	
7						44	$k+6$	
8						50	$k+8$	
9	51					56		orbitální slova
0						62		
.								
.								
22	129	130	131	132	133	134		
23	volný prostor pro nahrávání					140		
.								
25						152		
26	153	154	155	156	157	1	2	

Obr. 1

kmítočtu. Z 6103 bitů se vytvoří 156 slov o 39 bitech a jedno slovo o 19 bitech. Volně přístupné jsou informace uložené v šestém sloupci navigační zprávy (jsou to slova 8, 14, 20, ..., 152). Prvních osm tzv. efemeridových slov je proměnných. V každém efemeridovém slovu je uvedena časová informace t , pro kterou jsou udávány opravy dráhy družice (oprava v podélném směru $\Delta E(t)$, v příčném směru $\Delta a(t)$ a v kolmém směru $\eta(t)$) vzhledem ke Keplerově elipse, jejíž dráhové parametry jsou udávány ve zbylých, tzv. orbitálních slovech šestého sloupce navigační zprávy. Orbitálních slov je sedmáct. V posledním slově navigační zprávy jsou tzv. časová slova (slova 1, 2). Přechod ze slova 2 na slovo 3 (PIP slovo) definuje počátek dvouminutové informace, která je udržována s přesností 200 μ s s časovým systémem UTC. Časové korekce se mohou zavádět v krocích po 9,6 μ s. Počátek slova PIP se používá k synchronizaci času na družici a v přijímací aparatuře. Důležitá je časová informace čtvrtého efemeridového slova (26), neboť udává čas $t(k)$ počátku vysílání navigační zprávy. V předcházejících (následujících) efemeridových slovech jsou udávány opravy dráhy pro časové okamžiky $k - 2$ až $k - 6$ ($k + 2$ až $k + 8$) minut. V následující navigační zprávě mění efemeridová slova svoji polohu ($8 \rightarrow 7, 5 \rightarrow 4, \dots, 2 \rightarrow 1$).

V orbitálních slovech jsou udávány následující informace:

- čas průchodu perigeem $t(Pe)$ (slovo 56), - střední pohyb družice n (62), - argument perigea ω (Pe) (68), - časová změna argumentu perigea $\dot{\omega}$ (74), - excentricita dráhové elipsy e (80), - velká poloosa dráhové elipsy a_0 (86), - rektascenze výstupního uzlu Ω (92), - časová změna rektascenze výstupního uzlu $\dot{\Omega}$ (98), - $\cos i$ (i -sklon dráhy družice vzhledem k rovině rovníku) (104), - greenwichský hvězdný čas v okamžiku průchodu perigeem (110), - čas posledního nahrání orbitálních slov (116), - číslo družice (122), - $\sin i$ (128), - změna frekvence družice Δf (134).

Slova v řádcích 23 až 25 jsou obsazována pouze v době, kdy jsou družicím předávány nové dráhové elementy. Rozsah paměti umožňuje uchovávat efemeridová slova u družice typu Oskar (Nova) pro 12 (24) hodin.

Výpočet geocentrických souřadnic družice v dvouminutových časových intervalech je realizován podle následujícího scénáře:

a) výpočet střední anomálie M v čase k . Tento čas je udáván v osmi efemeridových slovech

$$M(k) = n(t(k) - t(Pe)), \quad (1)$$

kde

n - střední pohyb družice (62),

$t(k)$ - epocha navigační zprávy (v efemeridových slovech),

$t(Pe)$ - čas průchodu perigeem (56);

b) výpočet excentrické anomálie se realizuje řešením Keplerovy rovnice

$$E(k) = M(k) + e \sin(M(k) + \Delta E(k)), \quad (2)$$

kde

e - numerická excentricita dráhové elipsy (80),

$\Delta E(k)$ - oprava dráhy v podélném směru (v efem. slovech);

Poznámka: Použité řešení není přesně identické s řešením Keplerovy rovnice.

c) výpočet velké poloosy dráhové elipsy

$$a(k) = a_0 + \Delta a(k), \quad (3)$$

kde

a_0 - velká poloosa dráhové elipsy (86),

$\Delta a(k)$ - oprava dráhové elipsy v příčném směru;

d) výpočet souřadnic družice v rovině dráhy:

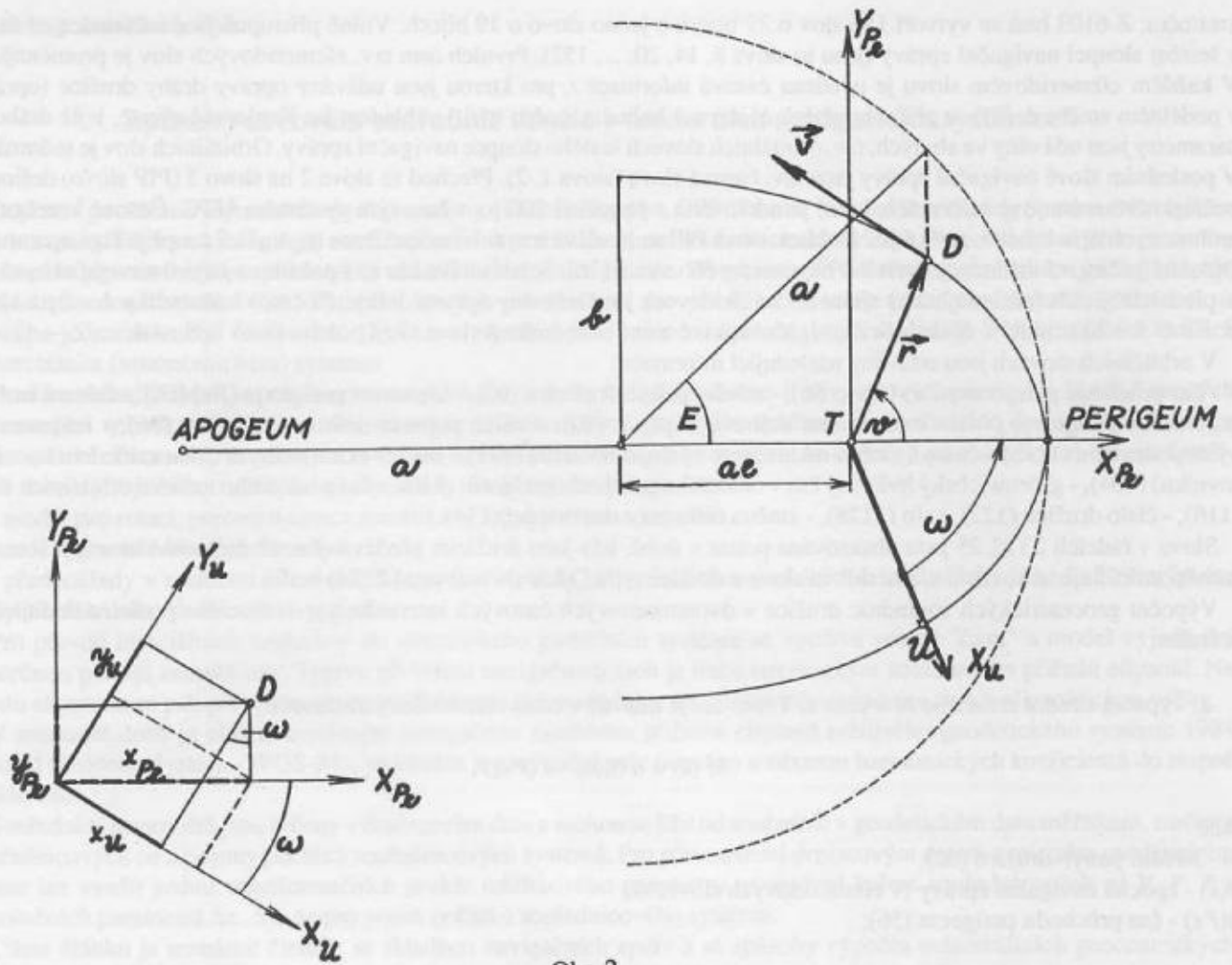
I. Souřadnice družice vztažené k poloze perigea (obr. 2)

$$x_{pe} = a(k) \cdot (\cos E(k) - e), \quad y_{pe} = a(k) \cdot \sin E(k),$$

$$z_{pe} = \eta(t), \quad (4)$$

kde

$\eta(t)$ - kolmá odchylka od Keplerovy roviny.



Obr. 2

II. Souřadnice družice vztazené k uzlové přímce se získají transformací. Pro převod je třeba určit hodnotu argumentu perigea (obr. 2)

$$\omega(k) = \omega(Pe) - \dot{\omega} \Delta t(k), \quad (5)$$

kde

$$\Delta t(k) = t(k) - t(Pe), \quad (6)$$

$\omega(Pe)$ - argument perigea (68),

$\dot{\omega}$ - časová změna argumentu perigea (74), ($d\omega/dt = \dot{\omega}$).

Poznámka: Ve vztahu (5) je znaménko minus proto, že při $i \neq 90^\circ$ se argument perigea zmenšuje. Proto také $\dot{\omega}$ je bez znaménka.

Souřadnice družice vztazené k uzlové přímce jsou

$$x_U = x_{Pe} \cos \omega(k) - y_{Pe} \sin \omega(k),$$

$$y_U = x_{Pe} \sin \omega(k) + y_{Pe} \cos \omega(k),$$

$$z_U = \eta(k);$$

(7)

e) souřadnice družice v kartézských geocentrických souřadnicích pevně spojených se Zemí (osa X_T leží v základním poledníku systému WGS-84) se opět určí transformací. Pro transformaci je třeba pro zadaný okamžik k vypočítat:

1) rektascenzi výstupního uzlu

$$\Omega_U = \Omega(Pe) + \dot{\Omega} \Delta t(k), \quad (8)$$

kde

$\Omega(Pe)$ - rektascenze výstupního uzlu při průchodu družice perigeem (92),
 $\dot{\Omega}$ - časová změna rektascenze výstupního uzlu (98);

2) greenwichský hvězdný čas

$$S(k) = S(Pe) + \omega_{\oplus} \Delta t(k), \quad (9)$$

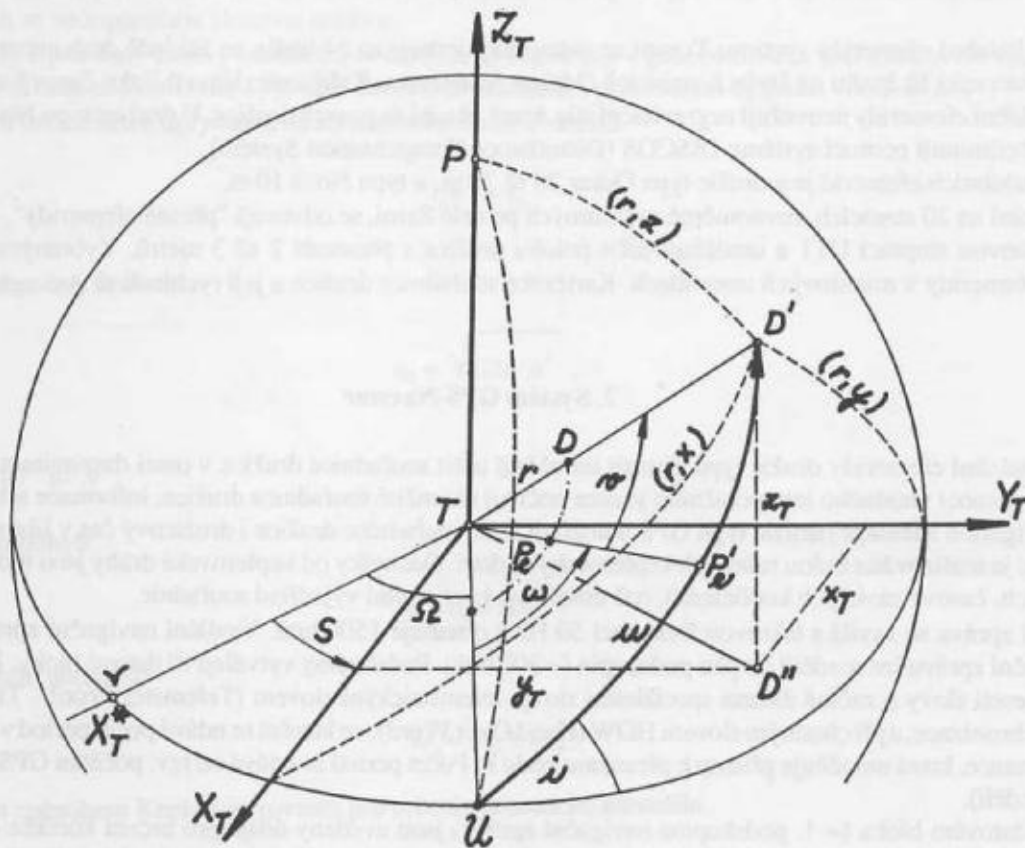
kde

$S(Pe)$ - greenwichský hvězdný čas průchodu družice perigeem (110),

ω_{\oplus} - rychlost rotace Země $\omega_{\oplus} = 4,375\ 269 \cdot 10^{-3}$ rad/min,

$\Delta t(k)$ - se počítá podle vztahu (6).

Souřadnice družice vztahené k uzlové přímce se transformují s využitím dráhových elementů (obr. 3). Souřadnice družice vzhledem k uzlové přímce lze také vyjádřit polárními souřadnicemi



Obr. 3

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_U = r \begin{pmatrix} \cos u \\ \sin u \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Označíme-li úhly mezi rádiusvektorem r a příslušnými souřadnicovými osami (r, x) , (r, y) , (r, z) , lze hledané souřadnice určit z rovnice

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_T = r \begin{pmatrix} \cos(r, x) \\ \cos(r, y) \\ \cos(r, z) \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Směrové kosiny těchto úhlů se snadno odvodí pomocí kosinových vět ve sférických trojúhelnících, které se vytvářejí na sféře mezi průmětem družice a průsečíky příslušných souřadnicových os a průmětem výstupního uzlu dráhy družice

$$\cos(r, x) = \cos u \cos(\Omega - S) - \sin u \sin(\Omega - S) \cos i,$$

$$\cos(r, y) = \cos u \sin(\Omega - S) + \sin u \cos(\Omega - S) \cos i,$$

$$\cos(r, z) = \sin u \sin i. \quad (12)$$

Uvážíme-li ve vztahu (11) rovnice (10) a (12) a označíme-li $\Omega - S = K$, pak za předpokladu, že se uvažují i odchylky v dráze družice v ose Z, budou výsledné geocentrické souřadnice družice

$$x_T = x_U \cos K - y_U \sin K \cos i + z_U \sin K \sin i,$$

$$y_T = x_U \sin K + y_U \cos K \cos i - z_U \cos K \sin i,$$

$$z_T = y_U \sin i - z_U \cos i. \quad (13)$$

Tyto souřadnice jsou pevně spojeny se Zemí, a jsou tedy neinerciální.

Poznámka: Palubní efemeridy systému Transit se extrapolují jednou za 24 hodin na základě drah určených z pozorování v časovém intervalu 36 hodin na čtyřech stanicích (Maine, Minnesota, Kalifornie, Havaj). Jako časový systém se používá čas UTC. Palubní efemeridy neuvažují neregulační síly, které působí na povrch družice. U družice typu Nova se neregulační síly částečně eliminují pomocí systému DISCOS (Disturbance Compensation System).

Přesnost palubních efemerid je u družic typu Oskar 20 až 30 m, u typu Nova 10 m.

Z pozorování na 20 stanicích, rovnoměrně rozložených po celé Zemi, se odvozují "přesné efemeridy". Přesné efemeridy využívají časovou stupnici UT1 a umožňují určit polohu družice s přesností 2 až 3 metrů. Vybraným účastníkům jsou předávány efemeridy v minutových intervalech. Kartézské souřadnice družice a její rychlosti se pro zadaný okamžik opět interpolují.

2. Systém GPS-Navstar

Zatímco palubní efemeridy družic typu Transit umožňují určit souřadnice družice v osmi dvouminutových intervalech, z kterých se pomocí vhodného interpolačního vzorce počítají okamžité souřadnice družice, informace udávané v navigační zprávě (Navigation Message) družic typu GPS umožňují určit souřadnice družice i družicový čas v libovolném okamžiku. Dráha družic je realizována řadou rušených keplerovských drah. Odchylky od keplerovské dráhy jsou modelovány ve tvaru harmonických, časově závislých koeficientů, což umožňuje kontinuální vyjádření souřadnic.

Navigační zpráva se vysílá s taktovou frekvencí 50 Hz a obsahuje 1500 bitů. Vysílání navigační zprávy se opakuje po 30 s. Navigační zprávu lze rozdělit do pěti podskupin (= 300 bitů). Podskupiny vytvářejí tři datové bloky. Každá podskupina je tvořena deseti slovy a začíná dvěma speciálními slovy: telemetrickým slovem (Telemeter Word - TLM), ve kterém je předpis synchronizace, a přechodným slovem HOW (Hand Over Word), ve kterém se udává počet period v čase GPS počátku datové informace, která umožňuje přístup k přesnému kódu P. Počet period se udává od tzv. počátku GPS týdně (0 hodin ze soboty na neděli).

V prvním datovém bloku (= 1. podskupina navigační zprávy) jsou uvedeny údaje pro určení korekce času. Jsou to: t_{0e} - referenční čas efemerid, t_{0c} - referenční časový údaj, pro který byly určeny koeficienty a_0, a_1, a_2 časového polynomu 2. stupně. Časový polynom se používá k určení rozdílu mezi družicovým časem a časem GPS. Dále jsou zde uvedeny parametry AODE (Age of Data Ephemeris) a AODC (Age of Data Clock), které udávají dobu uplynulou od posledního převzetí navigační zprávy.

Převod družicového času t_D na čas GPS t se realizuje vztahem

$$t = t_D - \Delta t, \quad (14)$$

kde

$$\Delta t = a_0 + a_1 (t - t_{0c}) + a_2 (t - t_{0c})^2.$$

Poznámka: Všechny vysílané kódy a kmitočty jsou odvozovány od základního kmitočtu f_0 ($f_0 = 10,23$ MHz, který je snížen o $4,45 \cdot 10^{-10} f_0$ [kompenzace průměrného relativistického efektu]). Každý bit dat tedy vytváří časovou značku systémového času GPS. Systémový čas GPS je určen číslem, které udává počet týdnů uplynulých od zavedení systémového času GPS (ze

soboty na neděli dne 5. 1. 1980) a počtem sekund v týdenním cyklu (0 až 604 800). V okamžiku zavedení systémového času GPS byl čas GPS roven času UTC. Vztah UTC k mezinárodnímu atomovému času (TAI) určovala konstanta +19 s.

Systémový čas GPS představuje kontinuální časovou stupnici, která je definována hodinami na hlavní stanici. Tento čas není totožný s časovou stupnicí UTC.

Druhý datový blok obsazuje 2. a 3. podskupinu navigační zprávy a obsahuje parametry Keplerovy elipsy a parametry umožňující výpočet rušené Keplerovy elipsy. Tyto hodnoty jsou extrapolovány pro referenční čas t_{0e} (obr. 4).

Keplerova elipsa je dána: \sqrt{a} - odmocninou velké poloosy, e - číselnou excentricitou, i_0 - sklonem dráhy družice, U_0 - délkou výstupního uzlu dráhy družice (délka je určena od nultého poledníku systému WGS-84), ω - argumentem perigea a M_0 - střední anomálií.

Třetí podskupina datového bloku obsahuje šest rušivých parametrů: n - změna argumentu perigea (vyvolaná druhou zonální harmonikou, vlivem slunečního větru a vlivem sluneční a měsíční gravitace ve vyhlazovacím intervalu), \dot{U} - změna délky výstupního uzlu (vyvolaná druhou zonální harmonikou, částečně zahrnuje i pohyb zemských pólů), \dot{i} - změna sklonu dráhy družice. Dále jsou uvedeny amplitudy sinové a kosinové harmonické korekce $C_{us}, C_{uc}, C_{is}, C_{ic}, C_{rs}, C_{rc}$ argumentu deklinace ($u_k = \omega + v_k$), sklonu dráhy a rádiusvektoru r .

Ve třetím datovém bloku jsou údaje o drahách ostatních družic. Tyto údaje jsou postupně (po 30 s) uváděny ve čtvrté a páté podskupině navigační zprávy. Za 12,5 minuty jsou tak předány údaje o všech družicích. S využitím programu počítače lze na základě těchto zpráv získat numerické i grafické podklady potřebné pro plánování měření. Program předpokládá, že je zadáno datum měření, přibližné souřadnice stanoviště a minimální výška pro sledování družic. Současně lze vymezit sektory, ve kterých se nedoporučuje sledovat družice.

Souřadnice družice pro daný časový okamžik t (v čase GPS) se počítají v geocentrickém souřadnicovém systému (x_T, y_T, z_T), který je pevně svázan se Zemí (osa X_T je opět totožná se základním poledníkem systému WGS-84).

Nejdříve je třeba určit dobu t_k uplynulou od referenčního bodu efemerid

$$t_k = t - t_{0e} \quad (15)$$

a vypočítat střední pohyb družice

$$n_0 = \sqrt{GM/a^3} \quad (16)$$

kde

$$GM = 3,986\,005 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2},$$

a opravený střední pohyb

$$n = n_0 + \Delta n \quad (17)$$

Po výpočtu střední anomálie

$$M_k = M_0 + n t_k \quad (18)$$

se řeší iterativním způsobem Keplerova rovnice pro určení excentrické anomálie

$$E_k = M_k + e \sin E_k \quad (19)$$

Družice GPS mají malou excentricitu ($e < 0,01$). Při iteraci proto postačí pouze dva kroky: $E_0 = M_k$, $E_i = M_k + e \sin E_{i-1}$, $i = 1, 2, 3$.

Výpočet pravé anomálie v čase k lze uskutečnit podle

$$\cos v_k = \frac{\cos E_k - e}{1 - e \cos E_k}, \quad \sin v_k = \frac{\sqrt{1 - e^2} \sin E_k}{1 - e \cos E_k} \quad (20)$$

Po výpočtu pravé anomálie lze určit argument deklinace

$$u_k = v_k + \omega$$

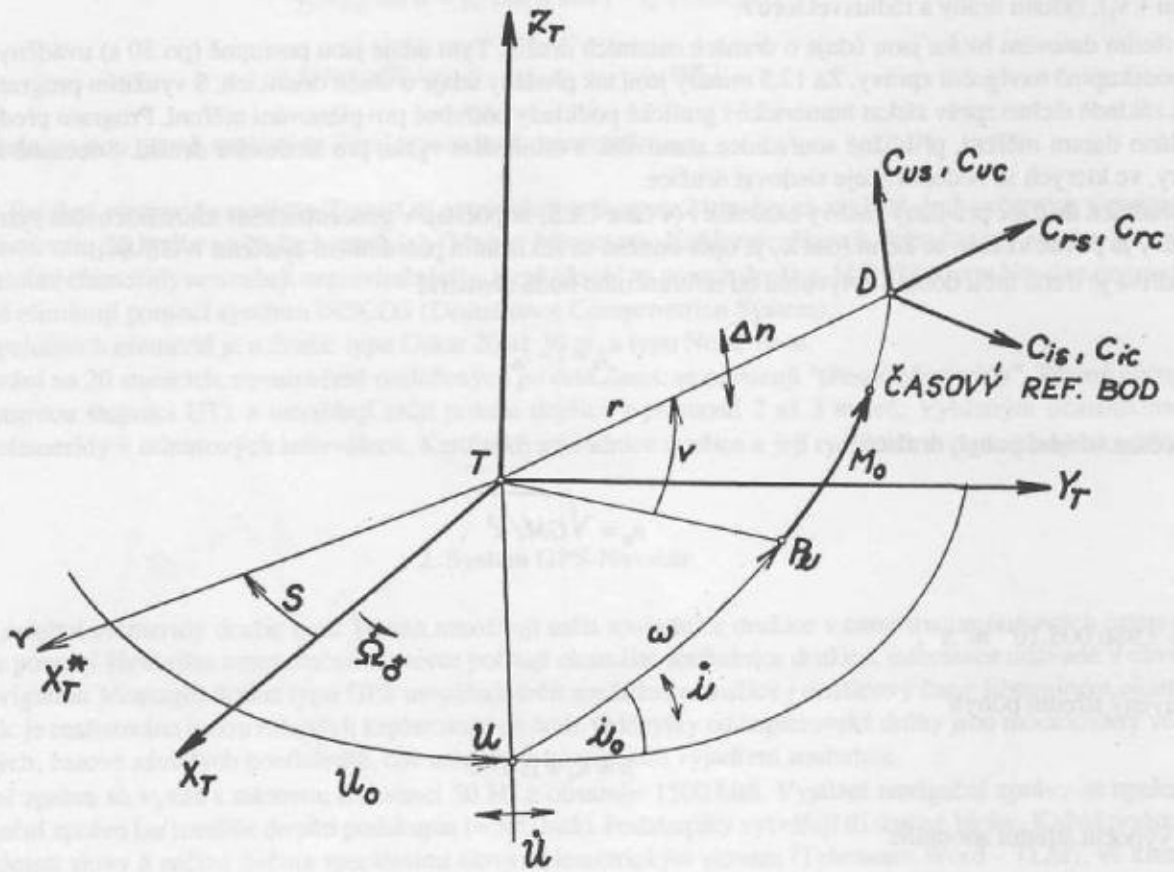
Dále následuje výpočet korekcí pro

$$\begin{aligned} \text{argument deklinace } \delta u_k &= C_{us} \sin(2u') + C_{uc} \cos(2u') , \\ \text{sklon dráhy } \delta i_k &= C_{is} \sin(2u') + C_{ic} \cos(2u') , \\ \text{rádiusvektor } \delta r_k &= C_{rs} \sin(2u') + C_{rc} \cos(2u') \end{aligned} \quad (21)$$

a výpočty opravených hodnot

$$\begin{aligned} u_k &= u_k + \delta u_k , \\ i_k &= i_0 + \delta i_k + i_k , \\ r_k &= a(1 - e \cos E_k) + r_k . \end{aligned} \quad (22)$$

Souřadnice družice v rovině dráhy (vztažené k výstupnímu uzlu) - viz obr. 4 - jsou



Obr. 4

$$x_k = r_k \cos u_k , \quad y_k = r_k \sin u_k . \quad (23)$$

Po výpočtu délky výstupního uzlu

$$U_k = U_0 + (\dot{U} - \dot{\Omega}_0) t_k - \dot{\Omega}_0 t_{0k} \quad (24)$$

lze vypočítat geocentrické souřadnice družice s využitím vztahů (12) ,

$$\begin{aligned} x_T &= x_k \cos U_k - y_k \sin U_k \cos i_k , \\ y_T &= x_k \sin U_k + y_k \cos U_k \cos i_k , \\ z_T &= y_k \sin i_k . \end{aligned} \quad (25)$$

Tyto souřadnice jsou pevně spojeny se Zemí a jsou určeny pro okamžik t v čase GPS.

Palubní efemeridy systému GPS umožňují určit okamžitou polohu družice v libovolném časovém okamžiku t . Také tyto palubní efemeridy se získávají extrapolací dráhových elementů. Přesnost určení souřadnic družice je závislá na použitém kódu. Také v tomto případě lze z digitalizované dráhy družice vypočítat přesné efemeridy platné v okamžiku měření.

Podle [1] lze očekávat, že během jedné sekundy lze určit souřadnice družice s přesností

- při použití C/A kódu 20 až 50 m,
- při použití P kódu 5 až 20 m,
- P kód + přesné efemeridy 2 až 5 m.

Chyby v určení dráhy se přímo přenášejí do souřadnic při určování absolutních poloh bodů. Při relativním určování souřadnic lze předpokládat, že relativní chyba v určení dráhy dr/r bude stejná jako relativní základnová chyba db/b . Družice se pohybují ve vzdálenosti $r \approx 20\,000$ km. Lze proto předpokládat, že přesnost relativně určených souřadnicových rozdílů bude 10^{-6} až 10^{-7} .

Literatura:

- [1] BAUER, M.: Vermessung und Ortung mit Satelliten. Karlsruhe, Wichmann 1989.
- [2] HOFMANN, B. - LICHTENEGGER, H.: GPS von Theorie zur Praxis. Mitteilungen der geodätischen Institute der Technischen Universität Graz 62. Graz 1988.
- [3] KARSKÝ, G.: GPS - některé teoretické aspekty. Referáty VÚGTK. Ř. 8. Zdíby 1989.
- [4] SEELER, G.: Satellitengeodäsie. Berlin, New York, Walter de Gruyter 1989.
- [5] ŠIMEK, J.: GPS - využití pro geodetické určování polohy. Referáty VÚGTK. Ř. 8. Zdíby 1989.

Došlo 1. 2. 1991

Spoločné spracovanie klasických a družicových meraní

1. Úvod

Do súčasnej doby geodetické základy obsahujú tri základné geodetické siete - polohovú, výškovú a tiažovú. So stále väčším využívaním metód kozmickej geodézie vystupujú aj u nás do popredia otázky vytvorenia nových moderných geodetických základov. Sú to body, ktoré sú medzi sebou spojené geometrickými a fyzikálnymi väzbami alebo funkciami pozorovaných veličín. Moderné geodetické základy by mali umožniť spracovať všetky existujúce informácie z geodetických meraní pre dosiahnutie dvoch základných cieľov: určenie trojrozmerných polôh na zemskom povrchu a v priestore a určenie tiažového potenciálu Zeme, pričom v oboch prípadoch sa uvažujú časové variácie určených veličín. Charakteristickým znakom je teda využitie všetkých informácií, obsiahnutých v najrôznejších typoch geodetických meraní. Prítom rôzne pozorovania môžu prispieť k riešeniu jedného špecifického problému a zaručiť optimálnosť nájdeného riešenia. Je tu zrejmý rozdiel oproti klasickému poňatiu geodézie, kedy bol najskôr vytvorený model a potom sa hľadali metódy, ktoré viedli k určeniu parametrov tohoto modelu.

Plné využitie družicových metód v geodetickom základnom poli by však vyžadovalo úplné preorientovanie na trojrozmerné geodetické siete. Avšak v dôsledku, že geodetické meranie, t. j. smery, uhly, astronomické súradnice a azimuty, sú merané vo vodorovnej rovine (v rovine kolmej na zvislicu), bude nutné v oblastiach s dlhou geodetickou tradíciou, ako napr. v Európe, zavádzať moderné geodetické metódy formou kompromisných riešení.

Výskum problematiky integrácie dvoj- a trojrozmerných metód viedol ku koncepcii vytvárania súborov tzv. východných bodov. Podľa tejto koncepcie je geodetická sieť, vybudovaná na dvojrozmernom základe pomocou vhodne rozložených relatívnych meraní, dotváraná a udržiavaná trojrozmernými metódami družicovej geodézie. Tým sa získa hybridný výsledok z hľadiska technického a ekonomického, ktorý umožní kvalitatívne nový spôsob určenia všetkých parametrov Zeme (nielen geometrických).

2. Merania a ich spracovanie pri budovaní klasických geodetických základov

Klasické geodetické základy sa doteraz budovali ako tri samostatné základné bodové polia: polohové, výškové a tiažové. Pri budovaní jednotlivých základných bodových polí sa využívali geodetické, astronomické a gravimetrické metódy merania, ktoré sa navzájom kombinovali a doplňovali.

Polohové základy sú vytvárané využitím všetkých troch metód meraní. Dá sa povedať, že geodetické metódy merania (uhlové, dĺžkové) určujú geometrickú konfiguráciu základnej polohovej siete. Astronomické a gravimetrické merania potom určujú orientáciu a umiestnenie základnej polohovej siete na výpočetnej vzáťažnej ploche - referenčnom elipsoide.

Referenčný elipsoid má určitú polohu a orientáciu vzhľadom na geoid (kvazigeoid). Jeho malá os má byť rovnobežná s osou rotácie Zeme, pretože to umožňuje orientáciu polohových sietí. Rozmery referenčných elipsoidov, ktoré sa používajú v národných geodetických systémoch, boli doteraz odvodzované z geodetických, astronomických a gravimetrických meraní z určitej oblasti zemského povrchu. Preto sa nelíšia od seba len geometrickými rozmermi, ale tiež svojou polohou a orientáciou vzhľadom na geoid (kvazigeoid).

Základné polohové bodové polia môžu byť budované metódou triangulácie, trilaterácie alebo kombináciou oboch metód. Vždy je treba na fyzickom povrchu zvoliť body, ktoré tvoria vrcholy trojuholníkov. Tieto body musia byť trvale stabilizované a signalizované meračskými vežami.

Podstata triangulácie spočíva v zmeraní všetkých uhlov vo všetkých trojuholníkoch siete. Namerané hodnoty uhlov sa prevedú na referenčný elipsoid. K tomu je nutné zaviesť tri korekcie: zo zvislicovej odchýlky, z elipsoidickej výšky a korekciu azimutu normálového smeru na azimut geodetickej čiary. Sieť je potom možné geometricky vyrovať. Pre určenie rozmeru siete je nutné poznať dĺžku aspoň jednej trigonometrickej strany. Dĺžky trigonometrických strán boli merané pomocou invarových drôtov v tzv. základňovej sieti. V súčasnosti sú merané pomocou elektronických diaľkomerov.

S rozvojom elektronických diaľkomerov sa vyvinula metóda trilaterácie, ktorá využíva merané dĺžky všetkých strán trigonometrickej siete. Aby relatívna presnosť dĺžky trigonometrickej strany nepresiahla 1 : 400 000, je nutné používať najpresnejšie diaľkomery s veľkým dosahom. Namerané dĺžky je nutné previesť na výpočetnú plochu - referenčný elipsoid.

V krajinách, kde už bola vybudovaná plošná trigonometrická sieť a boli dostatočné prostriedky pre využitie trilaterácie, bola trigonometrická sieť vypočítaná kombináciou oboch metód (napr. ED-87). Spoločným vyrovaním triangulácie a trilaterácie dostaneme pevnú konfiguráciu siete. V prípade čs. AGS nebolo dosť prostriedkov na zmeranie všetkých alebo aspoň väčšiny trigonometrických strán, preto bolo využité len niekoľko meraných dĺžok trigonometrických strán.

K určeniu polohy a orientácie siete na elipsoide sa merajú astronomické súradnice a azimuty na Laplaceových bodoch. Takto vzniká astronomicko-geodetická sieť, v ktorej je možné určiť zvislicové odchýlky a výšku geoidu (kvazigeoidu) nad elipsoidom a presne prevádzať merané veličiny na referenčný elipsoid.

Ak zmeníme geodetický systém, zmenia sa aj geodetické súradnice a azimuty strán. V dôsledku toho sa zmenia aj zložky zvislicových odchýlok. Astronomicko-geodetické zvislicové odchýlky sú preto relatívne závislé na geodetickom systéme.

Pre určenie zvislicových odchýlok a priebehu geoidu mimo Laplaceové body nám slúžia mapy zvislicových odchýlok a mapy geoidu. Mapy zvislicových odchýlok a geoidu môžu byť konštruované interpoláciou medzi hodnotami určenými na Laplaceových bodoch. Pri interpolácii sa využívajú, spolu s astronomicko-geodetickými zvislicovými odchýlkami a výškami geoidu na Laplaceových bodoch, tiež gravimetrické zvislicové odchýlky a gravimetrický geoid.

Oddelene od základného polohového poľa sa meralo a spracovávalo *základné výškové pole*. Z hľadiska merania sa jedná o geometrickú niveláciu zo stredu, ktorá je, pri dodržaní určitých podmienok a použití vhodných prístrojov, najpresnejšia metóda určenia výškového rozdielu dvoch bodov. Merané prevýšenie je však, okrem iného, ovplyvnené aj tiažovým poľom Zeme. Preto je nutné merané prevýšenie opraviť o korekciu z vplyvu tiažového poľa Zeme. Podľa druhu tejto korekcie a vzťažnej plochy dostávame rôzne druhy výšok. V praxi sú navyše využívané dva druhy výšok: normálne ortometrické, ktoré sú vzťahnuté na geoid, a normálne (Molodenského) výšky vzťahnuté na kvazigeoid.

Gravimetrické bodové pole sa skladá z referenčného bodu, gravimetrických základní a gravimetrickej siete.

Referenčný bod udáva absolútnu hodnotu tiažového zrýchlenia v určitom tiažovom systéme. Gravimetrické základne slúžia ku komparácii gravimetrov a zaisťujú jednotnú mierku gravimetrických meraní. Gravimetrická sieť vytvára na celom území dostatočne husté bodové pole, na ktoré je možné pripájať podrobné gravimetrické merania.

Medzi dôležité informácie, ktoré charakterizujú gravimetrickú sieť, patria charakteristiky presnosti referenčného bodu a presnosti mierky siete. Presnosť referenčného bodu a mierka siete ovplyvňujú rozdiely, ktoré môžu vzniknúť v hodnotách tiažového zrýchlenia na styku dvoch sietí.

Pre geodetické využitie sa, okrem iného, spracovávajú podklady:

- hodnoty astronomicko-geodetických a gravimetrických veličín zložiek zvislicových odchýlok pre sieť 5'x 7,5';
- mapy zvislicových odchýlok 1 : 500 000 a 1 : 1 000 000;
- priebehy kvazigeoidu 1 : 500 000 a 1 : 1 000 000.

3. Moderné metódy kozmickej geodézie

Moderné geodetické metódy sú obecné založené na využití v geodézii netradičných fyzikálnych princípov merania pozorovaných objektov a výpočetných postupov. Boli umožnené rozvojom techniky, zvlášť elektroniky a počítačov.

Metódy kozmickej geodézie využívajú prirodzených a umelých mimozemských objektov pri riešení geodetických úloh hlavne na Zemi. Ide o budovanie globálnych a kontinentálnych sietí, určovanie súradníc jednotlivých bodov, skúmanie gravitačných poľí a pohyb Zeme. Metódami kozmickej geodézie sa sledujú tiež časové zmeny polôh bodov a parametrov rotácie Zeme ap. Dôležitá je pritom definícia použitého súradnicového systému vzhľadom na jeho stabilitu a možnosti realizácie.

Z hľadiska geodetického využitia zavedených družicových navigačných systémov sú dôležité nasledujúce pozorovacie metódy.

Fázové diaľkomery, ktoré sú v princípe vhodné s rádiovými diaľkomermi geodetickými. Problémom pri využití fázových diaľkomerov je určenie celého počtu periód pri malej vlnovej dĺžke signálu. Bolo by nutné poznať približnú vzdialenosť k družici, čo je pre nosné kmitočty (okolo 20 cm) nereálne. Preto sa fázové diaľkomery používajú len v rozdielovom režime.

Dnes stále väčší význam nadobúda spôsob merania, ktorý sa nazýva "*jednosmerový diaľkomer*". Ak bol z družice v čase t_v podľa hodín vyslaný impulz, ktorý pozemná stanica prijala podľa svojich hodín v čase t_p , je možné vypočítať vzdialenosť podľa vzťahu $D = c(t_p + k - t_v)$, kde k je korekcia pozemných hodín na "družicový čas". Princíp sa realizuje napr. tak, že družica vysiela súčasne dáta o svojej polohe a pseudonáhodný kód s vysokou taktovou frekvenciou a dlhou periódou. V krátkom intervale sa tento kód javí ako náhodný. Porovnaním kódu prijímaného s generovaným v pozemnej aparatúre sa skusmo zistí časový posun dt a pseudovzdialenosť $D' = c \cdot dt$. Posun sa zisťuje podľa maxima vzájomne korelovanej funkcie (integrál súčinu) oboch kódov pri volených posunoch dt , takže je málo citlivý na šum v prenose kódu. Ak sú známe pseudovzdialenosti D' ku štyrom družiciam o známych dráhach a s rovnakým palubným časom, môžeme určiť tri súradnice a korekciu hodín.

Dopplerovské metódy pozorovania sú založené na známom jave zmeny kmitočtu signálu vysiadaného z objektu, ktorý sa vzhľadom na pozorovateľa pohybuje. Zo známeho vysiadaného kmitočtu f_s a známeho prijímaného kmitočtu f_p môžeme vypočítať časovú zmenu vzdialenosti (teda radiálnu rýchlosť) objektu. Kmitočet f_p sa môže merať v krátkom (zlomky sekundy) alebo dlhom (až dve minúty) intervale. V takomto prípade dostaneme integráciu vzťahu pre výpočet časovej zmeny rýchlosti $D = c (f_s - f_p) / f_p$ rozdiel vzdialenosti objektu v intervale t_1 a t_2 v tvare $D_2 - D_1 = (cN - c(f_s - f_p)(t_1 - t_2)) / f_p$, kde N je počet periód rozdielového kmitočtu $f_s - f_p$ v intervale merania.

Ďalšou metódou pozorovania je *rádiointerferometria*. Periodické (sínusové) signály z jedného zdroja prijímané v dvoch miestach sú medzi sebou fázovo posunuté. Tento posun závisí od kmitočtu a rozdielu vzdialenosti zdroja od prijímacích antén. Pokiaľ sa zdroj voči anténam pohybuje, fázový posun sa mení, a ak zložíme prijímané kmitočty, dostaneme merateľnú rozdielovú frekvenciu. Rozdielová frekvencia a rozdiel vzdialeností sú časovou funkciou, ktorej parametrami sú poloha a pohyb zdroja, vzájomná poloha antén, ich spoločný pohyb a orientácia k ose rotácie, rozdiel oneskorenia v šírení signálu od antén k zrovnávaciemu prístroju ap. Môžeme určovať všetky tieto parametre alebo len niektoré. Rádiointerferometria sa

používa na sledovanie dráh družíc interferometrami s krátkymi vzdialenosťami (do cca 40 km) medzi anténami, na sledovanie rotácie Zeme a pohybu pólu a na určenie súradníc vzdialených kozmických rádiových zdrojov metódou rádiointerferometrie s veľmi dlhou základňou (VLBI). Tu ide o pozorovanie veľkými rádioteleskopmi (priemer antén 15 až 100 m) vzdialenými od seba až 10 000 km s nezávislou registráciou pozorovaní pomocou najpresnejších hodín. Dnes sa už dosahuje presnosť súradníc pólu lepšia než 0,001", polohy staníc na centimetre, rotačný čas pod 0,1 ms, zrovnanie hodín pod 0,1 ns a polohy kozmických zdrojov na 0,001". Rádiointerferometria sa využíva aj v niektorých zariadeniach pre praktickú poľnú geodéziu.

Pri spracovaní pozorovaných veličín je nutné tieto veličiny redukovať. Redukcie tvoria podstatnú časť a často limitujúci článok týchto meraní. Predovšetkým je nutné redukovať vplyv priechodu elektromagnetických vln atmosférou. Pri priechode atmosférou dochádza k rôznemu zakriveniu paprsku, k zmenám rýchlosti šírenia, ke skresleniu tvaru impulzu a modulácií. Pre zníženie tohto vplyvu sa v diaľkomerných a dopplerovských systémoch často meria na dvoch kmitočtoch.

Pri pozorovaní pohyblivých objektov je nutné brať do úvahy zmenu ich polohy za dobu cesty signálu k prístroju. V prístrojoch samotných je treba uvážiť vplyvy nepresností optických a elektrických prvkov, dôb šírenia signálov vo vedeniach aj časov potrebných k prevedeniu jednotlivých elementárnych meračských úkonov. Pri kozmických objektoch k tomu pristupuje zistenie polohy vzhľadom na hmotný stred Zeme, jeho rotáciu a výkyvy. Je nutné postarať sa o metrologickú jednotu merania, t. j. zaistiť zrovnanie časových škál a kmitočtových štandardov všetkých prístrojov v kozme a na Zemi. Všetky prvky redukcií je však nutné považovať za premenlivé s časom, teplotou, tlakom, magnetickým a elektrickým poľom ap. a pravidelne kontrolovať.

Teoreticky presné postupy určovania geodetických údajov z meraní v kozmickej geodézii musia rešpektovať skutočnosť, že geodetické "merané" veličiny (smery, vzdialenosti ap.) nie sú merané priamo, ale odvodené dosť zložitými cestami z rôznych hodnôt. Základným princípom je v geodézii bežný spôsob sprostredkujúcich pozorovaní, kedy sa merané veličiny (smery, vzdialenosti ap.) vyjadria ako funkcie známych približných hodnôt a opráv veličín určených (súradnice staníc, parametre gravitačného poľa, elementy dráh družíc ap.) a riešením sústavy rovníc sa vypočítajú hľadané opravy. Pri určovaní polohy bodov v praktickej geodézii sa predpokladá, že sú známe dráhy družíc a ich polohy.

4. Družicové systémy

S rozvojom hlavne technickej stránky družicovej geodézie boli vyvinuté družicové systémy pre rýchlu a presnú navigáciu. V súčasnej dobe sú využiteľné dva družicové navigačné systémy, ktoré sú významné aj z hľadiska aplikácie kozmickej geodézie pri určovaní polôh bodov a budovaní geodetických základov. Sú to navigačné systémy USA: Transit a GPS-Navstar.

Systém Transit alebo NNSS (Navy Navigation Satellite System) je dopplerovský systém, ktorý bol pôvodne určený pre vojnové námorníctvo USA. Systém obsahuje tri segmenty: družicový, kontrolný a užívateľský.

Družicový segment sa skladá z družíc, ktoré obiehajú na dráhach vo výške 1075 km so sklonom 90° a dobou obehu 107 minút. V roku 1988 bolo na dráhach 13 družíc. Každá družica nepretržite vysiela signál na kmitočtoch 149,998 a 399,968 MHz (po kompenzácii priemerného relativistického efektu) s fázovou moduláciou pre prenos dát. Družice poskytujú tri druhy informácií:

- dve stabilné frekvencie pre meranie dopplerovského efektu;
- dvojminútové časové signály;
- predpoveď dráhových prvkov (navigačná efemerida), pomocou ktorej je možné určiť polohu družice pre vysielaný časový okamih.

Kontrolný segment plní dve hlavné úlohy:

- overuje správnu polohu družíc;
- počíta efemeridy družíc.

Pre získanie presnej polohy družíc je na celej Zemi viac ako 20 staníc, ktoré sledujú družice nepretržite a informácie predávajú riadiacemu centru, kde sa využívajú pozorovania za 48 hodín pre výpočet presných efemeríd. Presné efemeridy však nie sú bežne dostupné.

Užívateľský segment bol pre civilné účely uvoľnený od roku 1967. Prístroje sú schopné v reálnom čase poskytnúť polohu antény. Zásadne sa rozlišujú dva spôsoby merania:

- určenie jednotlivých bodov;
- určenie súradníc viac bodov (relatívne).

Pri určení jednotlivých bodov a pri použití palubných efemeríd môžeme očakávať presnosť 12 až 28 m. S počtom preletov sa zvyšuje presnosť určenia polohy. Napr. pri 50 preletoch sa predpokladá stredná chyba 3 až 5 m. Viac preletov nemá význam v dôsledku presnosti palubných efemeríd. Pomocou presných efemeríd je maximálna dosažiteľná presnosť 0,5 až 1 m.

Pri určení súradnicových rozdielov (pri 30 až 50 preletoch) môžeme očakávať presnosť 0,5 až 1 m. Pri rozsiahlych meraniach v sieťach môžeme predpokladať chybu 0,15 m.

Globálny systém určovania polohy GPS-Navstar (Global Positioning System - Navigation System using Time and Ranging) je primárne vojenský družicový navigačný systém ministerstva obrany USA. Jeho účelom je zaisťiť v ľubovoľnom čase a na celej Zemi prakticky okamžité určenie polohy s presnosťou rádu 10 m, a to aj pre rýchlo letiace objekty.

GPS-Navstar je tvorený tromi segmentami: riadiacim, kozmickým a užívateľským.

Riadiaci segment tvorí 5 monitorovacích staníc, z ktorých je jedna hlavná riadiaca stanica (Colorado Springs, USA).

Segment zabezpečuje:

- vedenie a kontrolu všetkých navigačných UDZ;
- určovanie parametrov obežných dráh UDZ a prognóz ich zmien na základe sústreďovania výsledkov meraní orbitálnych parametrov z monitorovacích staníc;

- synchronizáciu kmitočtových normálov UDZ s hlavným kmitočtovým normálom.

Kozmický segment bude po plnom rozvinutí tvorený 18 družicami rovnomerne rozmiestnenými na 5 rovnomerne rozložených dráhach, spolu s 3 záložnými družicami. Dráhy majú sklon k rovine rovníku 55° , sú kruhové s nominálnou výškou 20 183 km, čomu odpovedá obežná doba 12 hviezdnych hodín. Družice prijímajú, spacovávajú a uchovávajú informácie z riadiaceho centra. Podľa nich vysielajú signály pre užívateľov, korigujú svoju dráhu, sledujú stav vlastných systémov a podávajú o tom telemetrické informácie do riadiaceho centra. Družice vysielajú veľmi zložitý signál, tvorený radou koherentných kmitočtov, ktorý obsahuje veľmi presné kmitočtové a časové informácie.

Družice vysielajú na kmitočtoch $L_1 = 1575,4$ MHz a $L_2 = 1227,6$ MHz v kvadrátúrnej modulácii. Na L_1 sa vysielajú signály P (presný alebo utajený) a otvorený C/A a na L_2 len P. Signál GPS umožňuje rôzne využitie:

- jednosmerný diaľkomer;
- integrálny doppler na nosnej vlne alebo kódoch P či C/A len s využitím taktovej frekvencie;
- jednosmerný fázový diaľkomer na nosnej, pretože je známe presné priradenie vysielanej fázy k času na družici;
- interferometria.

Užívateľský segment predstavuje prenosné alebo stacionárne prijímače, doplnené externými výpočtovými prostriedkami. Základné vybavenie pozostáva z antény, prijímačej a výpočtovej časti, bloku riadenia a zdroja. Výpočetná časť umožňuje základné spracovanie a aplikácie na geodetické úlohy. Aparatúra užívateľa plní tieto funkcie:

- kontrolu provozuschopnosti všetkých zariadení;
- výber najvhodnejšej UDZ vzhľadom na polohu a čas pozorovateľa;
- vyhľadanie signálov UDZ a ich sledovanie;
- dekódovanie vysielanej a prijímanej informácie;
- prevádzanie navigačných meraní;
- výpočet súradníc sledovaných navigačných UDZ pre okamih merania;
- určenie súradníc polohy užívateľa, jeho rýchlosti a presného času.

Výsledkom sú súradnice fázového centra antény v systéme WGS 84 alebo vo zvolenom geodetickom systéme.

V súčasnej dobe je možné diferenciálnymi metódami GPS pri meraniach trvajúcich 1 až 3 h s použitím najdokonalejších metód spracovania určiť dĺžku spojnice dvoch bodov s presnosťou:

- krátke vzdialenosti (do 10 km) 3 až 5 mm;
- stredne dlhé (10 až 50 km) 5 mm + (0,3 až 0,6 mm) L_k m;
- dlhé (50 až 1000 km) 10 mm + (0,1 až 0,3 mm) L_k m.

5. Niektoré problémy spoločného spracovania klasických a družicových meraní

Pri spoločnom spracovaní výsledkov klasických a družicových meraní je nutné vyriešiť niekoľko problémov spojených s možnosťami jednotlivých metód merania a vstupnými informáciami do spoločného spracovania.

Vstupnými informáciami do spoločného spracovania z klasických meraní budú smer, vzdialenosť a azimut. Merané vzdialenosti poskytujú trojrozmernú informáciu, kdežto merané smery a azimuty len dvojrozmernú, pretože ich merania vykonávame vo vodorovnej rovine. Pri spracovaní sú tieto merania vzťahované na relatívnu vzájomnú plochu - referenčný elipsoid. Referenčné elipsoidy používané v národných geodetických systémoch sa v podstate štát od štátu od seba odlišujú svojimi rozmermi a svojou orientáciou vzhľadom na zemské teleso. Z toho vyplýva, že pri spojení dvoch národných systémov je nutné určiť transformačné vzťahy medzi použitými systémami. Poloha bodov nie je určená vzhľadom na hmotný stred Zeme, je však časovo stála.

Výsledné geodetické informácie získané z metód kozmickej geodézie sú priestorové pravouhlé súradnice, preto pri spracovaní v tejto súradnicovej sústave na použitom elipsoide nebude záležať. Pri spracovaní v elipsoidickej súradnicovej sústave musíme poznať parametre použitého geocentrického elipsoidu. Rozmery, poloha a orientácia tohoto elipsoidu a ďalšie informácie spojené s riešením geodetických úloh (gravitačné pole, tvar geoidu ap.) sa nepretržite sledujú a spresňujú. To znamená, že poloha bodov je vzťahovaná na hmotný stred Zeme, ale závisí od doby, kedy bola určená. Z toho vyplýva, že použitie údajov z rôznych období bude vyžadovať ich transformáciu. Vzhľadom na nepretržité sledovanie zmien elipsoidu sú transformačné vzťahy známe.

Pri vzájomnom prevode klasickej a družicovej siete si bude nutné uvedomiť, že pre prevod súradníc bodov zo siete astronomicko-geodetickej do nového základu vyššej presnosti by malo byť výhodnejšie použitie nelineárnych transformácií.

Pokiaľ budú na všetkých bodoch družicovej siete aj klasickej siete k dispozícii spoľahlivé hodnoty nielen zemepisných súradníc, ale aj výšok, bude účelné riešiť ich vzájomné spojenie priestorovou transformáciou, najlepšie v sústave pravouhlých priestorových súradníc.

Ak však v klasickej sieti nebudeme poznať dostatočne presne elipsoidické výšky, bude nutné použiť plošnú transformáciu, najlepšie v sústave krivočiarych súradníc. V niektorých prípadoch vyvstáva problém prevodu trojrozmernej informácie na dvojrozmernú. Predpokladajme napr., že predspracovaním veličín meraných diferenciálnou metódou GPS získame vektor spojnice dvoch bodov. Tento vektor je geometrická veličina definovaná v trojrozmernom súradnicovom systéme. Transformácia trojrozmernej informácie do dvojrozmerného systému je spojená s úlohou vhodnej eliminácie výškovej zložky. Tento postup je však spojený s určitou stratou geometrickej informácie, obsiahnutej v trojrozmerných vektoroch.

Elimináciu výšok je možné previesť napríklad niektorým z nasledujúcich postupov:

- algebraickým vyčlenením výšok z rovníc opráv pre družicové pozorovania, tento postup je z hľadiska straty presnosti najpriaznivejší;
- geometrickým vyčlenením výšok, ktoré spočíva v tom, že po transformácii družicových pozorovaní do elipsoidického systému sú rovnice opráv zostavené len pre geodetické šírky a dĺžky;
- voľbou pevných elipsoidických výšok družicových bodov, t. j. položením obecné neznámeho parametru rozdielu elipsoidických výšok v družicovom a pozemnom vzťažnom systéme a priori nule.

Možný postup prevodu trojrozmerného vektoru do dvojrozmerného systému je nasledujúci:

- transformácia trojrozmerných vektorov spojnic z geocentrického systému na trojrozmerné vektory spojnic v geodetickom referenčnom systéme pomocou podobnostnej priestorovej transformácie, pričom transformačné parametre sú tri rotácie a mierkový faktor (translačné prvky sa neuplatnia, pretože ide o súradnicové rozdiely);
- transformácia trojrozmerných vektorov spojnic v geodetickom referenčnom systéme na rozdiel geodetických súradníc;
- eliminácia výškovej zložky niektorým z uvedených postupov.

Existuje tiež možnosť použiť vektory spojnic, určené pomocou GPS, k výpočtu niektorých veličín (smery, vzdialenosti, azimuty, zenitové vzdialenosti) a tieto veličiny potom zahrnúť do vyrovnania polohovej siete ako dodatočné korelované pozorovania. Pritom je treba rozlišovať medzi veličinami, ktoré sú vzhľadom na vzťažný systém invariantné, a veličinami závislými od vzťažného systému. Invariantné funkcie súradnicových rozdielov sú priestorové vzdialenosti a uhly. Od súradnicového systému sú závislé azimuty, smery a zenitové vzdialenosti.

Ukázané možnosti prevodu trojrozmernej informácie do dvojrozmerného systému sa predovšetkým uplatnia pri zachovaní tradične používaného referenčného systému, čo poskytuje možnosť využiť programové vybavenie pre spracovanie polohových sietí.

Ďalším problémom spoločného spracovania je, či budeme veličiny získané z družicových pozorovaní brať ako absolútne, alebo k nim budeme pristupovať ako k veličinám vstupujúcim do spoločného vyrovnania. Ďalej bude záležať, aký spôsob merania sme zvolili, meranie jednotlivých bodov, alebo relatívne meranie súradnicových rozdielov v družicovej sieti.

Ak zoberieme prípad, že merania jednotlivých bodov budeme brať ako absolútne, môžeme tieto body brať ako sústavu referenčných bodov, ku ktorým vyrovnáme klasicky meranú sieť. Tento spôsob bude pravdepodobne najvhodnejší pre spracovanie siete v novom geocentrickom systéme. Je nutné brať do úvahy počet identických bodov potrebných pre transformáciu.

V prípade družicovej siete, ktorú budeme brať ako absolútnu, sa dostávame k podobnému problému, ako je zhustenie klasickej siete vyššieho rádu. Tento prípad môže byť použitý buď pri prechode na nový geocentrický systém, alebo aj pri spresnení geodetických základov národného systému. Pri meraní je nutné brať do úvahy potrebný počet transformačných prvkov a potrebný počet spájajúcich meraní medzi oboma sieťami.

V prípade, že družicové merania budú vstupovať do vyrovnania ako dodatočné merania, bude dôležité určenie váh meraných veličín, pretože družicové merania sú rádovo presnejšie a sú založené na inom princípe ako klasické.

Literatura:

- [1] HEIN, G. W.: How does an integrated geodetic network look like? Seven theses on the set-up of a modern geodetic network. Allg. Vermess. Nachr., 1988, č. 5.
- [2] HORA, L.: Perspektiva základných geodetických bodových polí. In: Perspektiva základných geodetických bodových polí. Zborník zo sympózia. Praha 1987.
- [3] KARSKÝ, G.: Kosmické metódy a určovanie polohy. In: Perspektiva základných geodetických bodových polí. Zborník zo sympózia. Praha 1987.
- [4] KARSKÝ, G.: GPS - niektoré teoretické aspekty. In: Moderní metody určování polohy. Zborník z konferencie ČSVTS. Brno, ČSVTS 1989.
- [5] PRACHAŘ, J.: K možnostem transformací souřadnic v družicových sítích. In: Perspektiva základných geodetických bodových polí. Zborník zo sympózia. Praha 1987.
- [6] ŠIMEK, J.: GPS - využití pro geodetické určování polohy. In: Moderní metody určování polohy. Zborník z konferencie ČSVTS. Brno, ČSVTS 1989.
- [7] VYKUTIL, J.: Vyšší geodézie. Praha, Kartografie 1982.

Došlo 1. 2. 1991

Digitální modely terénu a geografické informační systémy jako nové produkty v oboru vojenské kartografie

S vývojem prostředků výpočetní techniky a počítačové grafiky v uplynulých letech se stal reálným záměr převodu klasické formy mapové informace, která má charakter graficko-číselný, do formy číselné, digitální. Toto uplatnění nových přístupů se stalo velmi atraktivní i pro vojenskou kartografii, vůči níž postupně vznikaly požadavky na automatizované řešení různých úloh vojenskotechnického charakteru, které vyžadují informace o terénu. Prostředkem, který takové požadavky může komplexně splňovat je "digitální model terénu - DMT", někdy také "digitální model území - DMÚ". Pod tímto pojmem chápeme jednotu datové báze, obsahující údaje o všech geografických prvcích terénu s příslušnými charakteristikami polohy, průběhu atd. těchto prvků a jejich kvalitativními odlišnostmi, a příslušného programového aparátu pro ošetření, uložení, aktualizaci a výdej požadovaných informací uživateli. Do datové báze DMT však mohou být vhodným způsobem zařazeny i některé další údaje a charakteristiky, které nejsou obsahem topografických a někdy ani speciálních map.

Studijní a rozborové práce, provedené v této tematicke zvláště v závěru 60. a průběhu 70. let, prokázaly, že ve světě, zvláště v technicky výrazně rozvinutých státech, je této problematice věnována stále významnější pozornost. V minulém desetiletí pak šlo již převážně o realizační fázi řady projektů jak v oblasti civilní, tak zvláště vojenské.

Důvody zmíněné orientace jsou různé, ale v mnohém se shodují. Poměrně velmi výstižně je shrnuje autor [1]. Uvádí, že je možno tyto důvody vyjádřit třemi základními požadavky:

- **pružnosti** (přizpůsobení obsahu mapy, případně forem informací, které obsah vyjadřují, měnícím se požadavkům uživatelů);

- **přiměřenosti** (přizpůsobení výstupních materiálů z hlediska náročnosti požadovaným termínům a objemům);

- **snížením nákladů** (zlepšování, zkracování a urychlování postupů; využívání efektivních provozních systémů).

Dále pak uvádí, že "digitální produkty lze považovat v této souvislosti zcela jednoduše za zprávy přizpůsobené pro určité uživatele, vytvořené přiměřeně k uživatelské specializaci a odvozené relativně snadnou selekcí z digitální databáze".

Problematika digitálních forem informací o terénu souvisí poměrně úzce s dalším novým prvkem, který řeší v součinnosti kartografie a geografie - geografickými informačními systémy (GIS). Jak ukazuje Blakemore v [3] na základě analýzy publikační aktivity řady autorů, jde o rozsáhlou škálu vztahů a vazeb, ale také nově vznikajících a řešených problémů. Mezi nimi je na prvním místě otázka digitalizace, kde se řada autorů přiklání k hromadné digitalizaci s použitím skenerů. Tuto tematiku řešila a řeší v posledním období celá řada předních odborných institucí. Na vlastní digitalizaci navazuje problém ukládání a ošetřování ohromných objemů digitálních dat. Zde se stále častěji hovoří o kompaktních nebo optických discích. Diskuse o strukturách dat se stále soustřeďují na spornou otázku, zda se orientovat na rastrový, nebo vektorový tvar. S tím souvisí úzce otázka redukce dat a generalizace, kde je sice k dispozici řada prací, ale užité výsledky jsou značně omezené. Samostatnou, ale značně rozsáhlou otázkou je celá sféra aplikací, které sice bezprostředně kartografii neřeší, ale ve většině koncepčních problémů tvorby a realizace GIS na ně musí do jisté míry brát ohled. Naprosto objektivně je tak v návaznosti na GIS nastolována řada otázek, na které se odborná kartografická veřejnost ve větší nebo menší míře v posledních letech soustřeďuje.

Otázkami digitálních forem informací i jejich uplatněním v DMT, resp. GIS, se zabývá i TS a její kartografické složky. Stejně tak je možno říci, že jsou zde uplatňovány podobné zásady a přístupy, které byly výše uvedeny.

Některé další zásady vztahující se k vlastní tvorbě DMT, resp. GIS, jsou pak vyjádřeny např. v [2] takto:

- DMT vytvářet postupně po jednotlivých geografických prvcích, tak jak vzniká jejich aktuální potřeba;

- vzájemně kvalitativní vazby mezi jednotlivými prvky při tom omezit na minimum při důsledném respektování polohových vazeb;

- projekční a programové zabezpečení DMT koncipovat co nejjednodušeji a datové soubory jednotně převést pod vhodný databázový systém, jakmile bude pro tyto účely stanoven nebo zvolen;

- podle potřeb předpokládaných uživatelů a jejich projekčními kapacitami potom vytvářet buď vhodné kombinace jednotlivých prvků, nebo tyto prvky dále upravit či doplnit a v této podobě je připravit pro provozní využívání.

Vytyčení zásad a přístupů je však pouze jednou z podmínek, které je třeba pro tak rozsáhlý úkol splnit. Další, mnohem závažnější spočívají v zabezpečení a realizaci technických, programových a organizačních požadavků. Odborníkům TS ČSA i zájemcům o tyto otázky v civilní sféře je známa historie úsilí o tvorbu DMT v uplynulých letech v TS, kterou právě zmíněné podmínky limitovaly. Přesto se podařilo docílit alespoň dílčího úspěchu v tom, že byl vytvořen nejprve jednoduchý digitální model reliéfu (DMR-1), který sloužil převážně studijním a experimentálním potřebám, později pak přesnější DMR-2, který splňuje již zřetelně vyšší nároky a uspokojuje širší a náročnější skupinu uživatelů. V současné době existuje také již nezanedbatelná šíře aplikací, které zmíněný model využívají.

Na koncipování a tvorbě DMR-1 i DMR-2 se významně podíleli příslušníci katedry, i když v době vzniku těchto materiálů někteří z nich působili na jiných pracovištích TS a ČSA. Katedra také zorganizovala v roce 1984 velmi reprezentativně

obsazený seminář "Digitální model území pro potřeby ČSA", který významně přispěl k popularizaci zmíněné problematiky v celé šíři odborných složek ČSA.

Přes uvedené, do jisté míry pozitivní skutečnosti je třeba otevřeně konstatovat, že v současné době existence pouze digitálního modelu reliéfu je již naprosto nedostačující. To je ostatně zainteresovaným pracovníkům TS zřejmě již delší dobu, ale faktem je, že pokusy přejít od prvku reliéfu i k dalším geografickým prvkům byly pro řadu příčin neúspěšné. Nebylo by ovšem na druhé straně objektivní prohlásit, že existence DMR-1 a DMR-2 a všechny další aktivity byly zbytečným plýtváním energie, případně i prostředků. Jednak totiž došlo k rozšíření povědomí o existenci, případně možné existenci těchto i jiných nových produktů (jakési osvětové činnosti) v rámci TS, ale zvláště mimo ni, jednak byla získána řada cenných názorů a zkušeností, které je možné nyní zúročit.

V současné době je, zvláště vzhledem k dostupnosti příslušných technických prostředků, situace již příznivá k řešení komplexního pojetí digitálního modelu terénu. Toto řešení předpokládá digitalizaci a příslušné ošetření digitálních údajů o všech základních prvcích obsahu mapy. Významnou otázkou je, na jaké rozlišovací úrovni budou tyto informace získávány. Vzhledem k současným možnostem a předpokládaným aplikacím se ukazuje jako reálná rozlišovací úroveň mapa měřítko 1 : 200 000 (proto Informační systém o území 200, resp. ISÚ 200). Podrobnější charakteristiky této problematiky však již přesahují záměr tohoto příspěvku a budou přiblíženy v článku pplk. doc. Ing. Talhofera, CSc., "Výstavba informačního systému o území a digitálního modelu terénu v TS ČSA". Je pochopitelné v zájmu TS, ale především katedry geodézie a kartografie, aby se na pracích, které s tímto projektem souvisejí, příslušníci katedry aktivně spolupodíleli, jak tomu bylo dosud v celé historii rozvoje digitálních forem informací o terénu v ČSA.

Literatura:

- [1] WILLIAMS, O. W.: Outlook on Future. Mapping, Charting and Geodesy Systems. Photogram. Engng and rem. Sens. 1980, č. 4.
- [2] VONDRA, D.: Současné výsledky výstavby digitálního modelu území a jeho využívání v ČSLA. In: Sbor. topogr. Služby, 1985, zvl. č.
- [3] BLAKEMORE, M.: Cartography and geographic information systems. Progr. Hum. Geogr., 1988, č. 4.

Došlo 14. 1. 1991

Výstavba informačního systému o území a digitálního modelu terénu v TS ČSA

Již několik let je v ČSA úspěšně využíván digitální model reliéfu s výškovými body rozmístěnými ve vrcholech čtvercové sítě o straně 100 m (viz též [4]). Zejména vojskům protivzdušné obrany (PVO), protivzdušné obrany státu (PVOS) a spojovacímu vojsku výrazně zefektivnil a zrychlil výpočty, například návrhy stanovišť jejich technických prostředků, výpočty optimálních frekvencí atd. Širšímu zavedení zmíněného digitálního modelu reliéfu (DMR 2) však dosud brání skutečnost, že není spojen s digitálním vyjádřením polohopisných prvků. S velkým rozvojem osobních počítačů s velkokapacitními vnitřními i vnějšími paměťmi, které se v nejbližší době budou zavádět i na místa velení ČSA, včetně polních, a které zde postupně nahradí dosud používanou techniku (MOMI), budou růst i požadavky na digitální údaje o terénu [1]. Proto velení TS ČSA v polovině roku 1990 rozhodlo urychleně vybudovat informační systém o území odvozený z topografických map 1 : 200 000 (ISÚ 200) a z něj realizovat digitální model terénu (DMT 200) jako první uživatelský produkt.

Původní záměr, vybudovat nejprve bázi topografických dat odvozenou z topografických map měřítka 1 : 25 000 (BTD 25), ze které by se postupnou automatizovanou generalizací získávala data pro automatizovanou tvorbu map menších měřítek a jiné uživatelské produkty, se tímto postupem sice poněkud odsouvá k pozdějším termínům, ale, podle mého názoru, toto odsunutí není zbytečné.

Za prvé: V současné době je potřeba digitálních informací o terénu velmi aktuální a přitom TS ČSA nemá dostatečné kapacity výzkumné, vývojové ani provozní pro brzké vybudování BTD 25. ISÚ 200 je nepoměrně jednodušší co do obsahu i do rozsahu pořizovaných dat a je zde reálná šance mít do konce roku 1991 naplněn obsah báze dat z celého území ČSFR a vytvořen i software pro základní manipulaci s daty. Přitom zde získané zkušenosti mohou být jistě stoprocentně zúročeny při tvorbě BTD 25.

Za druhé: I zahraniční zkušenosti ukazují, například [2], že i pro automatizovanou tvorbu map jsou generalizační úlohy s rostoucím měřítkovým skokem stále složitější a vyžadují značné ruční dotvoření. To se netýká pouze generalizace v rámci jednoho mapového prvku, ale zejména při řešení vzájemných vztahů a souvislostí všech zobrazovaných prvků krajinné sféry. Proto se často tvoří minimálně dvě datové báze odvozené z topografických map měřítek 1 : 25 000 a 1 : 200 000, případně i třetí, odvozená z mapy měřítka 1 : 1 000 000.

Při výstavbě ISÚ 200 jsou plně využívány zkušenosti z projektu banky kartografických dat (BKD 200) - prvku "vodstva". V úvahu se berou i některé náměty z celoresortního úkolu automatizované tvorby topografických a základních map 3-11.

ISÚ 200 je budován v první fázi jako informační systém pro účelové soubory dat, např. pro DMT 200. Jeho obsah je téměř shodný s obsahem topografické mapy 1 : 200 000 a dělí se na následující skupiny prvků:

- reliéf,
- vodstvo,
- sídla,
- komunikace,
- vedení,
- hranice,
- půdní a rostlinný kryt.

Jednotlivé geografické prvky jsou v bázi dat reprezentovány tzv. topografickými objekty (TO). TO je vytvářen jako největší možný reprezentant konkrétního geografického prvku. Pro každý tzv. sémantický typ je přesně definován a je mu přiřazeno číslo z číselníku topografických objektů. TO jsou přiřazovány atributy, které určují jeho geometrický charakter (bod, linie, hranice areálu), kvalitativní a kvantitativní vlastnosti zobrazovaného geografického prvku a další indikace nutné pro správnou interpretaci uvedeného prvku (rozměr, typ interpolace, časová platnost ...). Mezi atributy se zařazují i všechny sledované popisné údaje. Některé TO se mohou dále dělit na úseky při změně atributů části objektu, tam, kde dochází k funkční vazbě objektu na jiný objekt stejného sémantického typu, nebo tam, kde je to uvedeno v příslušné části číselníku TO. TO může být ale i součástí skupinového objektu (SO), který je tvořen v hierarchii báze dat ISÚ 200. SO je tvořen minimálně dvěma TO a "zobrazuje" vyšší geografické struktury, například jeden vodní tok od pramene po ústí, jeden silniční tah jednoho čísla státního značení, jedno sídlo apod. Příslušnost topografického objektu ke skupinovému objektu je zaznamenána evidenčním číslem SO (ečso), které je přiřazováno redaktorem jednoznačně v rámci jedné snímácké jednotky, nebo v případě, kdy jsou ečso předem připravena z celého zobrazovaného prostoru, jak je například předpokládáno u prvku vodstvo, v rámci celého území ČSFR.

Vlastní naplňování báze dat ISÚ 200 má následující kroky:

- stanovení snímáckého prostoru (většinou jeden list TM 100);
- výběr vhodných snímáckých podkladů (kartolitografické originály jednotlivých prvků, resp. barev, tisky map apod.);
- redakční příprava, při níž se postupně všechny snímané prvky rozloží na úseky, objekty a skupinové objekty a přiřadí se jim atributy a poznámky ke způsobu snímání. Při této přípravě se používají jako informační podklady mapy větších měřítek,

letecké snímky, číselníky topografických objektů, číselníky evidenčních čísel skupinových objektů a další podklady běžně používané při tvorbě a obnově map;

- snímání jednotlivých prvků volným kurzorem na pracovní stanici a jejich ukládání do báze dat ISÚ 200. Báze dat ISÚ 200 se však může doplňovat i z vhodných externích digitálníchází dat po přetvoření jejich údajů do formy "čitelné" pro vstupní rozhraní ISÚ 200. Externí báze dat mohou být resortní (např. báze dat pozemních komunikací, registr výškových překážek ...) či mimoresortní (např. seznam souřadnic ropných a plynových vrtů apod.);

- interaktivní opravy a úpravy uložených dat. Úpravy se budou týkat především sídel - jejich rozkládání na bloky s jedním převládajícím typem zástavby z hlediska její výšky nebo s jedním účelem (obytné, průmyslové ...) a porostů.

Naplněná báze dat ISÚ 200 bude připravena pro různé uživatele. Jak již bylo zmíněno v úvodu tohoto článku, jedním z prvních uživatelů budou štáby ČSA, pro něž bude odvozován digitální model terénu (DMT 200). Rozdíly jsou dány charakterem jeho využití jako digitálního topografického podkladu pro plánování a řízení bojové činnosti vojsk a pro řešení různých vojenskotechnických úloh. Rozsah uložených dat ISÚ 200 dovolí značnou variabilitu uživatelských požadavků, které jsou dány jejich konkrétní činností. K DMT 200 bude připojen i DMR 2, včetně programů pro spojování polohopisných prvků a výškového modelu. Pokud na štábech budou mít k dispozici pracovní stanice s digitizérem vybaveným volným kurzorem nebo alespoň s "myší", budou si moci uživatelé vlastními silami doplňovat další prvky (buď stálé, nebo i nestálé, jako například prvky bojových sestav apod.). K tomu řešitelé úkolu předpokládají vydat návody na doplňování dalších prvků tak, aby zůstala zachována základní filozofie datových struktur DMT 200 i ISÚ 200.

Vzhledem k rozsahu území a obsahové bohatosti ISÚ 200 se předpokládá nabídnout tento systém i organizacím a zájemcům mimo resort FMO, zejména organizacím zabývajícím se územním plánováním, krajinnou ekologií, vodo-hospodářstvím apod.

Vybudováním ISÚ 200 získá TS ČSA první komplexní digitální bázi topografických informací se všemi podstatnými prvky krajinné sféry. Bude zajisté i dobrým východiskem pro následující práce v oblasti využívání výpočetní techniky v kartografii. V dalším období se předpokládá jeho zpřesňování a zejména doplňování dalších dat, která obohatí jeho obsah a zvýší jeho užitnou hodnotu. Neméně důležité je i to, že bude možno nově zkoumat vztah analogového a digitálního modelu terénu a z něho odvozovat příští podobu obou těchto modelů. Touto otázkou se částečně zabývá i článek [5] v tomto sborníku. Jde o to, že lze v současné topografické mapě nalézt celou řadu údajů, které pro běžného uživatele nejsou podstatné a jejichž využití přímo v terénu je minimální. S těmito údaji se převážně pracuje v kancelářích nebo v obdobných podmínkách, kde s největší pravděpodobností bude mít uživatel k dispozici i digitální bázi stejného prostoru. Jejich existence v klasické topografické mapě bude potom sporná. Jedná se například o všechna podzemní vedení (ropovody, plynovody apod.), technické údaje o hrázích přehrad atd.

Vznik takovéto báze dat má však i širší souvislosti s další činností TS ČSA. Snižování mírových počtů armády se dotkne i TS. Přesto by se služba neměla zříkat i tak náročné činnosti, jakou je tvorba topografických map iází digitálních topografických údajů a jejich udržování v aktuálním stavu. Jedna z cest je naznačena i v [6]. Autor zde navrhuje zvýšit aktuálnost mapového díla při snížení nároků na jeho pracnost prodloužením aktuálnosti jeho obsahu. Prakticky ověřit kvalitativně nové informace o terénu, analogové i digitální, které jsou dostatečně aktuální a užitečné pro uživatele a přitom i při snížených počtech TS ČSA únosně pracné, nelze s odpovídající spolehlivostí bez existence digitální báze dat.

Je tedy zřejmé, že výstavba ISÚ 200 má své opodstatnění a že na ni nelze hledět pouze z úzkého pohledu vytváření digitální báze dat pro potřeby automatizované mapové tvorby, ale je ji nutno chápat v širších souvislostech, kdy se kvalitativně mění celý pohled na zabezpečení a využívání informací o terénu.

Literatura:

- [1] DMÚ válečnické pro zabezpečení potřeb automatizovaných systémů velení, zbraní a průzkumu. Analýza možností DMT v švejskovými svazky a útvarů, svazky a útvarů RVD, PVO a vojskového letectva. In: Studie. Výzk. úst. FMNO, Praha 1986.
- [2] GIEBELS, M. - WÉBER, W.: Methoden der Datenerfassung für das Digitale Landschaftsmodell 1 : 200 000. Kartogr. Nachr., 40, 1990, č. 5, s. 169 - 174.
- [3] ZEMEK, J. - SURMA, M.: Prováděcí projekt DBT prvku vodstvo TM 25 až TM 200. TB č. 1. Pořizování dat. Praha, VS 090 1985.
- [4] VONDRA, D.: Digitální modely terénu a geografické informační systémy jako nové produkty v oboru vojenské kartografie. In: Sbor. topogr. Služby, 1991, č. 1.
- [5] MIKLOŠÍK, F.: K zásadám řízení obnovy a modernizace topografických map. In: Sbor. topogr. Služby, 1991, č. 1.
- [6] MIKLOŠÍK, F.: Časová podmíněnost kvality a efektivnosti práce ve vojenské kartografii. In: Sbor. topogr. Služby, 1988, zvl. č.
- [7] ŠIMON, I. a kol.: Rozvoj digitálních forem topografických a geografických informací o území. Technický projekt (v rukopise).

Došlo 1. 2. 1991

Územní informační systémy

1. Úvod

Dnešní dobu můžeme mimo jiné charakterizovat jako dobu informační exploze. Platí zásada, že ten, kdo má přístup k informacím, má i moc. Toto tvrzení se vztahuje jak na širokou oblast hospodářských vztahů, tak i na oblast vojenství, kde mezi nejpodstatnější informace patří i různé údaje o fyzickogeografické a socioekonomické sféře. Ve světě je v současnosti v provozu nebo ve stadiu budování celá řada katastrálních informačních systémů (dále je budu nazývat územními informačními systémy - ÚIS) různého zaměření a kvalitativního stupně řešení.

Obsahem tohoto článku je stručný přehled vybraných charakteristik, podle kterých se často uvedené informační systémy posuzují a srovnávají.

2. Charakteristiky ÚIS

Mezi hlavní charakteristiky územních informačních systémů patří zejména jejich účel, rozsah, obsah, datová struktura, programové a technické vybavení a možnosti výběru a transformace informací.

2. 1. Účel

Účel ÚIS závisí na konkrétních požadavcích uživatelů, kteří si prakticky určují formu a obsah informací. Lze rozlišit informační systémy širšího zaměření, jejichž obsah se zakládá na topografických informacích, a specificky zaměřené informační systémy - např. na oblast regionálního plánování, demografie, ekologie atd. Víceúčelovost ÚIS závisí především na obsahu a struktuře báze dat informačního systému, na jeho technickém a programovém vybavení.

2. 2. Rozsah

Podle územního rozsahu lze územní informační systémy hierarchicky členit na celosvětové, kontinentální (globální), národní, oblastní a místní. Hierarchie těchto informačních systémů souvisí taktéž s kompatibilitou a normalizací ÚIS, tj. s možností spojování místních a oblastních informačních systémů v globální a světové informační systémy a s možnostmi nezávislého využití informačních systémů různými uživateli. V současnosti se spojování informačních systémů provádí zpravidla na úrovni globálních informačních systémů, méně již na úrovni národních a místních systémů, což souvisí především s rozdílností souřadnicových a zobrazovacích systémů a taktéž se zpravidla rozdílnou datovou strukturou jednotlivých informačních systémů.

2. 3. Obsah

Obsah datovýchází ÚIS závisí zejména na jejich účelu a požadované přesnosti lokalizace informací. Z hlediska obsahu lze rozlišit informační systémy vzhledem ke stupni generalizace informací a jejich účelu na **městské informační systémy** určené zejména pro řízení a plánování rozvoje sídel, na **katastrální informační systémy** určené zejména pro evidenci nemovitostí a tvorbu map velkých měřítek, na **informační systémy o území**, jejichž obsah odpovídá obsahu topografických map středních měřítek, a na **geografické informační systémy**. V praxi ovšem není vymezeno zejména rozhraní mezi pojmy informační systém o území (ISÚ) a geografický informační systém (GIS). Lieberasch v [2] vymezuje GIS jako "systém informací ve velkoplošných nebo velkoprostorových souvislostech, které jsou konvenčně znázorněny především v maloměřítkových mapách (až k tematickým atlasovým mapám) ... s lokalizací informací vzhledem k politickoadministrativním plošným jednotkám nebo volně definovaným popisům ploch a jen ve zvláštních případech k bodům určeným souřadnicemi". Na druhé straně základ ISÚ tvoří topografické informace nezbytné pro široký okruh uživatelů. Tyto informace jsou převedeny do prostorově vztahného systému pomocí geodetických informací, tj. k dvojrozměrnému, trojrozměrnému souřadnicovému systému nebo vícerozměrnému systému. Čtvrtou dimenzí u uvedených informačních systémů může být např. časový údaj, samostatnou dimenzí může být i přesnost jednotlivých obsahových prvků informačních systémů.

Z hlediska grafického vyjádření lze obsahové prvky ÚIS rozdělit na bodové, liniové a plošné. Na podkladové (topografické) informace ÚIS se zpravidla vážou tematické informace, které mohou být uloženy s podkladovými informacemi současně v rámci společných záznamů nebo mohou tvořit tzv. nezávislé "nadstavbové (překrytové) vrstvy".

2. 4. Datová struktura

Datové struktury bází dat ÚIS lze rozlišovat z různých hledisek.

Z hlediska modelu uspořádání datové základny ÚIS a z hlediska systému řízení báze dat informačního systému rozlišujeme strukturu

- lineární;
- hierarchickou (stromovou);
- síťovou;
- relační (tabulkovou);
- kombinovanou.

Další hledisko, podle kterého lze rozlišovat datové struktury územních informačních systémů, vychází z grafické reprezentace množiny údajů obsažených v databázi ÚIS a z explicitních vztahů, které jsou v rámci této množiny tvořeny. Podle tohoto hlediska lze rozlišit struktury

- vektorové;
- rastrové;
- topologické, rozšířené topologické;
- struktury vztažené k průsečíkům, k sousedství, k překrytým vrstvám atd.

V rámci těchto struktur lze rozlišit různé typy explicitních vztahů. Weber v [6] rozlišuje tzv. základní vztahy:

- vztahy mezi podkladovými prvky a příslušnými tematickými prvky;
- vztahy mezi podkladovými prvky a jejich geometrickou polohou;
- vztahy mezi objekty databáze a časem;

a vyšší vztahy:

- geometrické vztahy (ze sousedství, protínání, spojení ...);
- topologické vztahy (vztahy uzlů, hran a polí v grafech);
- tematické vztahy (vztahy mezi podkladovými a nastavbovými prvky nebo mezi tematickými prvky - vrstvami - navzájem);

- hierarchické vztahy (vztahy nadřazenosti a podřazenosti mezi jednotlivými obsahovými prvky báze dat ÚIS).

O uvedených datových strukturách ÚIS nelze říci, která je univerzální, lepší apod. Výběr konkrétní datové struktury závisí především na konkrétních uživatelských potřebách, podmínkách, dostupných technicko-programových prostředcích a finančních možnostech potenciálních uživatelů ÚIS.

2. 5. Programové a technické vybavení

Programovým vybavením ÚIS rozumíme základní, aplikační a komunikační programové vybavení databázového systému, které umožňuje data definovat, ukládat do databáze územního informačního systému, manipulovat s těmito daty a zpřístupňovat je uživatelům.

Technické vybavení územních informačních systémů zahrnuje prostředky pro sběr dat (analytické, resp. analogové fotogrammetrické vyhodnocovací přístroje, skenery, digitizéry, alfanumerické tachymetry ...), vlastní počítač nebo počítačovou síť s přídatnými jednotkami (paměťové jednotky, grafické displeje, interaktivní stanice ...) a vstupní zařízení (alfanumerické rychlotiskárny, laserové tiskárny, souřadnicové zapisovače, grafické plotry ...) pro textové, číselné a grafické (vektorové nebo rastrové) výstupy.

Dnešní vývoj v oblasti technicko-programového vybavení ÚIS spěje směrem od programového vybavení k speciálnímu technickému vybavení, které velmi efektivně řeší funkce programového vybavení (např. pro účely šrafování, úpravy rastrových dat apod.). Příkladem těchto prostředků jsou maticové procesory, asociativní procesory, databázové procesory a skenery. Budoucí vývoj ÚIS souvisí taktéž se zaváděním optické techniky a světlocitlivých vrstev pro zpracování grafických informací v rastrové formě.

2. 6. Možnosti výběru a transformace informací

Možnosti výběru a transformace informací jsou důležitou charakteristikou územních informačních systémů, protože bezprostředně souvisí s pružností, variabilitou a víceúčelovostí využití obsahu ÚIS. Tyto možnosti závisí zejména na obsahu datové základny, na struktuře báze dat ÚIS a konkrétním technicko-programovém vybavení. V rámci využití datových bází územních informačních systémů je možno provádět různé druhy operací výběru a transformace informací (viz taktéž [4] a [6]):

- **Výběr** - provádí se z podmnožiny obsahu informačních systémů podle určitého kritéria. Podle druhu tohoto kritéria lze rozlišit tzv.:

- **jednoduché selekce** - výběr se uskutečňuje podle souřadnic objektů, okna (rastru), ve kterém objekty leží, nebo tematického objektu (jména, kvality nebo jiného atributu);

- **selekce podle geometrických relací** - výběr se provádí prostřednictvím určitých výrazů, např. u, vedle, mezi, ve vzdálenosti, od-do, v průsečíku, obsahuje v, spojeno s ...;
- **selekce podle topologických relací** - výběr se provádí podle různých topologických vztahů (např. výběr úseků linií, které se sbíhají v jednom bodě);
- **složené selekce** - výběr probíhá na základě logických operátorů (např. a, nebo, ne ...);
- **selekce podle tematických relací** - výběr probíhá vzhledem k různým tematickým atributům (např. výběr optimální polohy bytové výstavby vzhledem k průmyslovým objektům atd.);
- **Geometrické množinové operace** - operace tvorby průsečíků, inkluzivních a exkluzivních spojení, ztotožnění, vzdálenostních relací atd.
- **Tematické množinové operace** - např. operace řešící otázky: které vlastnosti jsou společné pro více objektů nebo ve kterých vlastnostech se určité objekty rozlišují atd.
- **Výpočet skalárů k podkladovým prvkům** - např. výpočet obsahů plošných prvků, délek liniových prvků atd.
- **Statistické výpočty** - výpočet korelačních koeficientů, středních hodnot, variancí, kovariancí, vynášení histogramů ...
- **Simulace** - napodobení dynamických procesů metodami matematického modelování apod.
- **Generalizace** - data se upravují podle požadavků uživatelů na základě pravidel censálních výběrů a pravidel zevšeobecnování obrazu krajinné sféry.

3. Závěr

Lze předpokládat, že v nejbližší budoucnosti nastane intenzivnější rozvoj budování územních informačních systémů i v ČSFR, a to nejen v oblasti geodézie a kartografie, ale i v oblasti plánování a řízení národního hospodářství, v ekologii, vojenství apod. Budou se pravděpodobně vytvářet lepší podmínky pro využívání různých zahraničních informačních systémů a podmínky pro spojování informačních systémů navzájem v integrační celky. Tento proces ovšem bude předpokládat i postupné zdokonalování systematizace informačních systémů zahrnující jak pojmový aparát, tak i jednotnou souřadnicovou lokalizaci informací, jednotnou nebo převoditelnou strukturu bází dat ÚIS a homogenitu obsahů těchto informačních systémů.

Literatura:

- [1] KONEČNÝ, M. - RAIS, K.: Geografické informační systémy. Brno, UJEP 1985, 196 s.
- [2] LIEBERASCH, R.: Zur Systematik territorialer Informationssysteme. Vermess.-Techn., 1988, č. 12, s. 398 - 401.
- [3] RYBANSKÝ, M.: Výstavba informačního systému o území v ČSLA s využitím prostředků automatizace. [Kandidátská disertační práce.] Brno 1989, 172 s. - Voj. akademie A. Zápotockého.
- [4] ŠTURC, J.: Relační model dat. Inform. Syst., 1987, č. 6, s. 599 - 611.
- [5] VALIŠ, J.: Databankový systém v tvorbě AIS GaK. Geod. kartogr. Obz., 1984, č. 8, s. 183 - 188.
- [6] WEBER, W.: Geographische Informationssysteme - ein Überblick und Gedanken zur weiteren Entwicklung. Nachr. Kart. u. Vermess.-Wes., 1978, č. 75, s. 159 - 186.

Došlo 14. 1. 1991

K životnímu jubileu plk. v zál. prof. Ing. Erharta Srnky, DrSc.

Dne 28. 7. 1991 se dožil v plné odborné aktivitě šedesátí pěti let významný představitel moderní československé vojenské kartografie plukovník v záloze prof. Ing. Erhart Srnka, DrSc.

Během základní vojenské služby se stal v roce 1951 vojákem z povolání a od téhož roku působí nepřetržitě jako vědeckopedagogický pracovník Vojenské akademie v Brně, kde věnuje všechny svoje síly a schopnosti výchově posluchačů studijního oboru geodézie a kartografie. Jeho přednášky a zpracované učební fondy, zejména v předmětu matematická kartografie, mají vysokou odbornou a metodickou úroveň. Vychoval též řadu vědeckých pracovníků, zejména pro potřeby topografické služby ČSA.

V letech 1974 až 1986 úspěšně zastával funkci náčelníka katedry a má velký podíl na řešení všech koncepčních otázek vojenského studia geodézie a kartografie.

Velmi rozsáhlá a přínosná je i odborná a vědecká práce profesora Srnky. Výsledky své vědecké činnosti publikoval ve více než padesáti titulech knih, odborných článků, učebnic a skript. Významnou měrou se podílel na řešení několika desítek závažných vědeckovýzkumných úkolů topografické služby a na rozvoji československého mapového díla ČSA.

V roce 1964 dosáhl vědecké hodnosti kandidát technických věd. Po úspěšné habilitaci byl v roce 1972 jmenován docentem pro obor kartografie. V roce 1980 obhájil doktorskou disertaci na téma "Matematicko-logické modelování procesu generalizace v kartografii" a v dalším roce byl jmenován vysokoškolským profesorem pro obor kartografie.

Z jeho rozsáhlé vědecké činnosti je možno uvést zejména velmi aktivní přínos při řešení vědeckotechnické přípravy a redakčního řízení Čs. vojenského atlasu v letech 1957 až 1965, funkci odpovědného odborného redaktora Vojenského zeměpisného atlasu v letech 1971 až 1975. Zvláště je třeba vyzvednout jeho soubor vysoce erudovaných prací obsahující ucelenou a původní teorii analytických metod, respektive matematických modelů kartografické generalizace. Tyto jeho práce byly vysoce oceněny předními kartografickými odborníky v celém světě a jsou citovány a uváděny autory všech významných světových i domácích kartografických publikací a učebnic. Tím profesor Srnka významně obohatil světovou kartografickou vědu a přispěl k pozitivnímu hodnocení československé kartografie v zahraničí.

Do dalších let přejeme plk. v zál. prof. Ing. Erhartu Srnkovi, DrSc., hodně tvůrčích sil, zdraví a spokojenosti v osobním životě.

KLASIFIKACE

Klasifikační označení: Vojenská akademie v Brně, Vojenská kartografie

Číslo: Vojenská akademie v Brně, 1991, 2, 1, s. 48-52, 1 obr., 1 tab.

Práce obsahuje odborné články, učebnice a skript. Výsledky své vědecké činnosti publikoval ve více než padesáti titulech knih, odborných článků, učebnic a skript. Významnou měrou se podílel na řešení několika desítek závažných vědeckovýzkumných úkolů topografické služby a na rozvoji československého mapového díla ČSA.

STŘEŽENÍ

Materiál obsahuje odborné články, učebnice a skript. Výsledky své vědecké činnosti publikoval ve více než padesáti titulech knih, odborných článků, učebnic a skript.

Číslo: Vojenská akademie v Brně, 1991, 2, 1, s. 48-52, 1 obr., 1 tab.

Významnou měrou se podílel na řešení několika desítek závažných vědeckovýzkumných úkolů topografické služby a na rozvoji československého mapového díla ČSA. Zvláště je třeba vyzvednout jeho soubor vysoce erudovaných prací obsahující ucelenou a původní teorii analytických metod, respektive matematických modelů kartografické generalizace. Tyto jeho práce byly vysoce oceněny předními kartografickými odborníky v celém světě a jsou citovány a uváděny autory všech významných světových i domácích kartografických publikací a učebnic.

PRÁCE

Práce obsahuje odborné články, učebnice a skript. Výsledky své vědecké činnosti publikoval ve více než padesáti titulech knih, odborných článků, učebnic a skript.

Číslo: Vojenská akademie v Brně, 1991, 2, 1, s. 48-52, 1 obr., 1 tab.

Práce obsahuje odborné články, učebnice a skript. Výsledky své vědecké činnosti publikoval ve více než padesáti titulech knih, odborných článků, učebnic a skript. Významnou měrou se podílel na řešení několika desítek závažných vědeckovýzkumných úkolů topografické služby a na rozvoji československého mapového díla ČSA.

OLŠANSKÝ, V.

Společná správní územní jednotka a územní plánování

Číslo: Vojenská akademie v Brně, 1991, 2, 1, s. 48-52, 1 obr., 1 tab.

Materiál a práce obsahují odborné články, učebnice a skript. Výsledky své vědecké činnosti publikoval ve více než padesáti titulech knih, odborných článků, učebnic a skript. Významnou měrou se podílel na řešení několika desítek závažných vědeckovýzkumných úkolů topografické služby a na rozvoji československého mapového díla ČSA.

RADĚJ, K.

Vstříc půlstoletí katedry geodézie a kartografie Vojenské akademie v Brně

Sborník topografické služby, 1991, č. 1, s. 1–2

Zhodnocení úlohy a významu katedry geodézie a kartografie za uplynulých čtyřicet let. Aktuální úkoly a perspektivy.

VONDRA, D.

Čtyřicet let existence katedry geodézie a kartografie Vojenské akademie v Brně

Sborník topografické služby, 1991, č. 1, s. 3–9

Faktografické údaje o činnosti katedry geodézie a kartografie Vojenské akademie v Brně při příležitosti čtyřicátého výročí jejího založení.

MIKLOŠÍK, F.

K zásadám řízení obnovy a modernizace topografických map

Sborník topografické služby, 1991, č. 1, s. 10–14, lit. 7

Problematika obnovy a modernizace topografických map v souvislosti s novou vojenskou doktrínou ČSFR a úvaha o spolupráci topografické služby ČSA s civilními resorty geodézie a kartografie v oblasti map středních měřítek.

NEVOSÁD, Z.

K obnově základního polohového bodového pole

Sborník topografické služby, 1991, č. 1, s. 15–28, 7 obr., lit. 13

Existence dvou základních polohových sítí na území ČSFR a jím odpovídající S-JTSK a S-1942/83. Shrnutí některých výsledků metodiky vyrovnání a chybové analýzy obnovovaných částí základního polohového bodového pole (ZBPB) do S-1942/83. Předpoklad obnovy a doplňování ZBPB pomocí družicového systému GPS (Global Positioning System), kdy bude třeba řešit podobné problémy.

KRATOCHVÍL, V.

Automatické vyhledání omylů a hrubých chyb v souboru měření

Sborník topografické služby 1991, č. 1, s. 29–33, 2 obr., lit. 3

Popis metody automatického zajištění a eliminace vlivu hrubých chyb nebo omylů při vyrovnání souboru měřických veličin metodou nejmenších čtverců. Ověření spolehlivosti metody při různých variantách výskytu hrubých chyb.

CHMELÍK, M.

Některé možnosti stanovení parametrů jednoduchého modelu digitalizovaného obrazu

Sborník topografické služby, 1991, č. 1, s. 34–39, 4. obr., 1 tab., lit. 5

Vlastnosti algoritmů a vlastnosti obrazových dat, které umožňují využít v dílčích operacích při digitálním zpracování obrazů těch algoritmů, které výpočet zjednodušují. Význam vhodně zvoleného modelu s výběrem kritérií pro použití takových jednoduchých algoritmů na reálná obrazová data. Uvedení příkladů a výsledků praktického ověření.

FIXEL, J.

Způsoby určování souřadnic družic v moderních navigačních systémech.

Sborník topografické služby, 1991, č. 1, s. 40–47, 4. obr., lit. 5

Používané vojenské navigační systémy. Skladba navigačních zpráv a způsoby určování souřadnic družic v systému Transit-Doppler a v systému GPS-Navstar.

OLŠOVSKÝ, V.

Společné spracovanie klasických a družicových meraní

Sborník topografické služby, 1991, č. 1, s. 48–52, lit. 7

Měření a jejich zpracování při budování geodetických základů. Moderní metody kosmické geodézie. Družicové systémy. Některé problémy společného zpracování klasických a družicových měření.

VONDRA, D.

Digitální modely terénu a geografické informační systémy jako nové produkty v oboru vojenské kartografie

Sborník topografické služby, 1991, č. 1, s. 53–54, lit. 3

Podíl katedry geodézie a kartografie Vojenské akademie v Brně na koncipování a tvorbě digitálních forem informací o terénu potřebných pro výstavbu digitálního modelu terénu a geografického informačního systému. Perspektivy dalšího řešení zaměřeného na tvorbu informačního systému o území.

TALHOFER, V.

Výstavba informačního systému o území a digitálního modelu terénu v topografické službě ČSA

Sborník topografické služby, 1991, č. 1, s. 55–56, lit. 7

Informace o využívání digitálního modelu reliéfu v resortu ČSA. Opodstatnění urychlené výstavby informačního systému o území a digitálního modelu terénu v topografické službě ČSA.

RYBANSKÝ, M.

Územní informační systémy

Sborník topografické služby, 1991, č. 1, s. 57–59, lit. 6

Stručný přehled charakteristik územních informačních systémů - účel, rozsah, obsah, datová struktura, programové a technické vybavení, možnosti výběru a transformace informací.

СОДЕРЖАНИЕ

	Страница
К. Радей: Навстречу полувека кафедры геодезии и картографии Военной Академии Брно	1
Д. Вондра: Сорок лет работы геодезии и картографии Военной Академии Брно	3
Ф. Миклошик: К принципам процесса обновления и модернизации топографических карт	10
З. Невосад: К обновлению фундаментального поля плановых геодезических пунктов	15
В. Крадохвил: Автоматический поиск заблуждений и грубых ошибок в совокупности измерений	29
М. Хмелик: Некоторые возможности определения параметров одинарной модели оцифрованного отображения	34
Й. Фиксел: Методы определения координат спутников в современных навигационных системах	40
В. Олшовски: Совместная обработка классических и спутниковых измерений	48
Д. Вондра: Дигитальные (цифровые) модели местности и географические информационные системы как новые продукты в области военной картографии	53
В. Талгофер: Построение информационной системы о территории и цифровой модели местности в Топографической службе ЧСА	55
М. Рыбански: Территориальные информационные системы	57
К жизненному юбилею полковника запаса проф. инж. Эрхарта Срки, доктора технических наук	61

I N H A L T

	Seite
K. Raděj: Dem halben Jahrhundert der Lehrstuhl „Geodäsie und Kartographie“ der Militärakademie in Brno (Brünn) entgegen	1
D. Vondra: Vierzig Jahre der Lehrstuhl „Geodäsie und Kartographie“ der Militärakademie in Brno (Brünn)	3
F. Miklošik: Zu den Führungsgrundsätzen der Erneuerung und Modernisierung von topographischen Karten	10
Z. Nevošád: Zur Erneuerung des primären Lagepunktfeldes	15
V. Kratochvíl: Automatische Aufsuchung von Irrtümern und groben Fehlern in einem Messungssatz	29
M. Chmelík: Einige Möglichkeiten der Festlegung von Parametern eines einfachen Modells eines digitalisierten Bildes	34
J. Fixel: Methoden der Satellitenkoordinatenbestimmung in modernen Navigationssystemen	40
V. Olšovský: Gemeinsame Verarbeitung von klassischen und Satellitenmessungen	48
D. Vondra: Digitale Geändemodelle und geographische Informationssysteme als neue Produkte im Bereich der Militärkartographie	53
V. Talhofer: Aufbau des Landschaftsinformationssystems und des digitalen Geändemodells im TD der Tschechoslowakischen Armee	55
M. Rybanský: Landschaftsinformationssysteme	57
Zum Lebensjubiläum des Obersts der Reserve Prof. Dipl. Ing. Erhart Srnka, Dr. sc.	61