

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRJINNÉHO INŽINIERSKTVA**

112806

**ZÍSKAVANIE VSTUPNÝCH ÚDAJOV PRE TVORBU
DIGITÁLNYCH MODELOV RELIÉFU**

Nitra 2010

Andrej KRÁLIK

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

Rektor: Dr.h.c. prof. Ing. Mikuláš Látečka, PhD.

FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA

DEKAN: DOC. ING. KAROL KALÚZ, CSC.

**ZÍSKAVANIE VSTUPNÝCH ÚDAJOV PRE TVORBU
DIGITÁLNYCH MODELOV RELIÉFU**

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program:	Pozemkové úpravy a GIS
Študijný odbor:	6.1.11 krajinárstvo
.Pracovisko (katedra/ústav):.	Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav
Vedúci diplomovej práce:	Ing. Jozef Halva, PhD

Abstrakt v štátnom jazyku

Bakalárska práca je zameraná na teoretické spracovanie problematiky získavania vstupných údajov pre tvorbu digitálnych modelov reliéfu.

V prvej časti som spracoval poznatky literatúry týkajúce sa problematiky GIS, definície GIS, typov informačných systémov, nasledovne som pokračoval v spracovaní problematiky vlastností reliéfu akými sú: nadmorská výška, sklon a expozícia georeliéfu. V tejto časti som sa zameril aj na stručnú charakteristiku digitálneho modelu reliéfu a na spôsob, akým sa môže tvoriť.

V tretej časti je podrobne rozpísaná problematika získavania vstupných údajov pre tvorbu digitálnych modelov reliéfu. Jednotlivo sú popísané metódy, ktorými sa dajú získať údaje pre tvorbu DMR. Spomínanými metódami sú napríklad fotogrametria, opticko-mechanické skenery, opticko-elektronické skenery, letecký laserový skener, GPS a tachymetria.

Kľúčové slová: georeliéf, fotogrametria, digitálny model reliéfu, GIS

Abstrakt v cudzom jazyku

The bachelor work is based on theoretical level on the process of obtaining input statements for the creation of digital terrain models.

In the first part, I elaborated the literary obtained knowledge concerning the GIS issue, task of GIS definition and types of informational systems. Further I proceeded with the problem of features of relief such as altitude, slope and exposure georelief. In this section I concentrated on brief characterization of the digital terrain model and the task of its creation.

The third part is detailed description of obtaining input data for the creation of digital terrain models. I individually demonstrated certain methods of obtaining data for the creation of the DMR. The descriptions concern methods such as photogrammetry, opto-mechanical scanners, opto-electronic scanners, use of laser scanner of the air, GPS and tachymetry.

Key words: georelief, fotogrametry, digital terrain models, GIS

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Andrej Králik vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Získavanie vstupných údajov pre tvorbu digitálnych modelov reliéfu“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak hore uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 21.mája 2010

Pod'akovanie

Touto cestou vyslovujem pod'akovanie Ing. Jozefovi Halvovi, PhD. Za pomoc odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej bakalárskej práce.

V Nitre 21.mája 2010

Zoznam skratiek a značiek

GIS	Geografické Informačné Systémy
GPS	Globálny Polohový Systém
DMR	Digitálny Model Reliéfu
DMT	Digitálny Model Terénu
DTM	Digital Terrain Model
TIN	Triangular Irregular Network
DPZ	Diaľkový Prieskum Zeme
Napr.	napríklad
A pod.	a podobne
Atď.	a tak ďalej
Resp.	respektíve
t.j.	To jest
JTSK	jednotná trigonometrická sieť katastrálna
n.d.	not dated
HDDT	High Density Digital Tape
CCT	Computer Compatible Tape
MOMS	Modularer Optoelektronischer Multispektral-Scanne
GNSS	Globálny Navigačný Satelitný Systém
MSS	Multi Spectral Scanner
CZEPOS	Česká Priestorová observačná služba
SKPOS	Slovenská Priestorová observačná služba

Úvod	8
1 Cieľ práce.....	10
2 Materiál a metódy	11
3 Štúdia o súčasnom stave riešenej problematiky	12
3.1 Úvod do problematiky GIS	12
3.1.1 Definícia GIS	12
3.1.1.1 Typy informačných systémov	13
3.1.1.2 Špecifikácia priestorových objektov	13
3.2 Charakteristické vlastnosti reliéfu a DMR	14
3.2.1 Digitálny model reliéfu	14
3.2.1.1 Rastrové modely terénu	14
3.2.2 Morfotmetrické vlastnosti georeliéfu.....	15
3.2.2.1 Nadmorská výška	16
3.2.2.2 Sklon georeliéfu a veľkosť gradientu georeliéfu.....	16
3.2.2.3 Expozícia georeliéfu a uhol dopadu toku	16
3.3 Výber zdroja pre vstupné údaje	17
3.3.1 Automatická vektorizácia kartografických dát	18
3.3.1.1 Binárna morfológia.....	18
3.3.2 Fotogrametria	19
3.3.2.1 Pozemná stereofotogrametria	20
3.3.2.1.1 Vyhodnotenie snímok pozemnej fotogrametrie	20
3.3.2.2 Letecká fotogrametria.....	21
3.3.2.2.1 Druhy a vlastnosti leteckých snímok	21
3.3.2.2.2 Opticko-mechanické ortofotosystémy	22
3.3.2.2.3 Dvojsnímková letecká fotogrametria	23
3.3.2.2.4 Digitálna fotogrametria	24
3.3.2.3 Fotogrametrické súradnicové systémy	24
3.3.3 Laserová altimetria, letecký laserový skener	25
3.3.4 Opticko-mechanické skenery	26
3.3.5 Opticko-elektronické skenery	27
3.3.6 Rádiometre	27
3.3.7 Globálny polohový systém (GPS)	28

3.3.7.1	SKPOS- Slovenská priestorová observačná služba.....	29
3.3.7.1.1	Infraštruktúra SKPOS	29
3.3.7.1.2	Geodetické body SKPOS	30
3.3.8	Tachymetria	31
3.3.8.1	Tachymetrické prístroje a pomôcky	32
	Záver a návrhy na využitie výsledkov.....	33
	Zoznam použitej literatúry	34

Úvod

Reliéf ako jeden z najvýznamnejších prvkov v krajine podstatnou mierou ovplyvňuje prírodné podmienky a zároveň tým ovplyvňuje aj hospodársku činnosť človeka. Z toho hľadiska je potrebné zachytiť a vyjadriť geometrické a morfometrické vlastnosti reliéfu v digitálnej podobe. V súčasnosti je výpočtová technika a technika všeobecne na takej úrovni, že umožňuje zachytiť takmer všetky charakteristiky terénu. Práca s konkrétnymi údajmi a zobrazovanie dosiahnutých výsledkov v prijateľnej forme je už iba otázkou voľby počítačového programu (softvéru), ktorý bude použitý na spracovanie dát. Vo väčšine v súčasnosti dostupných GIS (geografické informačné systémy) softvéroch existuje modul, ktorý je zameraný na tvorbu digitálneho modelu reliéfu (DMR). Ich kvalita je však rozdielna a ani ich správne použitie nie je jednoduché, nakoľko vyžaduje odborné znalosti z problematiky modelovania reliéfu a jeho morfometrické analýzy.

Tvorba a využitie digitálnych modelov reliéfu (DMR) v praxi sa tak stáva zaujímavou aplikačnou oblasťou pre technicky i prírodovedne orientovaných odborníkov najmä pri príprave podkladov pre rôzne úrovne riadenia.

Digitálny model reliéfu (DMR) predstavuje množinu priestorovo priradených údajov (nadmorská výška reliéfu a morfometrické ukazovatele, napr. sklon, orientácia voči svetovým stranám, krivosť a pod.) vypočítaných na základe vstupných výškových bodov (údajov) a vhodnej interpolačnej metódy. Najmä v technickej praxi sa často používa názov digitálny model terénu (DMT), ktorý je však čiastočne významovo odlišným pojmom, pretože neobsahuje implicitne aj morfometrické ukazovatele reliéfu a niekedy sú do neho zahrňané aj technické prvky krajiny (napr. cesty).

Najčastejšie používanými formami priestorovej reprezentácie DMR je pravidelná sieť (raster, grid) alebo nepravidelná trojuholníková sieť (triangular irregular network, TIN). V rastrovi sú topologické väzby medzi jednotlivými bodmi určené polohou bodu v pravidelnej sieti, čo umožňuje veľmi jednoduchú reprezentáciu v počítači (dvojdimenziálne pole) ako aj jednoduché spracovanie. Naproti tomu v nepravidelnej trojuholníkovej sieti topologické väzby medzi bodmi pri nepravidelnej reprezentácii DMR sú vyjadrené trojuholníkovou sieťou spájajúcou susedné body, čo sa prejavuje v zložitejšej reprezentácii a spracovaní. Na druhej strane rastrový údajový formát vyžaduje pri vyjadrovaní zložitejších tvarov reliéfu podstatne väčší počet bodov

ako TIN. So zvyšovaním výpočtového výkonu však tento problém začína ustupovať do úzadia.

Environmentálne aplikácie kladú väčší dôraz na možnosti spracovania DMR, a preto sa v tejto oblasti viac presadzuje používanie rastra. V technickej praxi sa dôraz kladie na presnosť a vyjadrenie detailov najmä v kombinácii s technickými prvkami na reliéfe (projektovanie stavieb). DMR môžeme, aj na základe určitej tradície častejšie vyjadriť pomocou TIN-u. Presnosť DMR vypočítaného na základe TIN-u na hladkom reliéfe je často sporná. Prejavuje sa to najmä pri odvodených morfometrických ukazovateľoch ako sú sklony, krivosti atď.

1 Cieľ práce

Cieľom mojej práce je charakterizovať a teoreticky spracovať problematiku získavania vstupných údajov pre tvorbu digitálnych modelov reliéfu. Porovnať kvalitu a presnosť získaných údajov jednotlivými metódami. Je to kompilačná práca zameraná na porovnanie starších literárnych zdrojov, zameraných na danú tému, so súčasnými zdrojmi.

Prvá časť opisuje geografické informačné systémy a typy informačných systémov. Druhá časť je zameraná na digitálny model reliéfu a na vlastnosti reliéfu.

V tretej časti sú podrobne rozpísané metódy akými sa dajú získať vstupné údaje pre tvorbu digitálnych modelov reliéfu.

2 Materiál a metódy

Po nahlásení témy bakalárskej práce a po prvej konzultácii so školiteľom som bol oboznámený s plánom metodiky práce. Bol navrhnutý stručný chronologický postup riešenia práce a bol mi predstretý široký okruh odbornej a vedeckej literatúry.

V prvej etape som sa teoreticky oboznámil s riešenou problematikou. Ďalej som si nechal vyhotoviť rešerš na danú tému v univerzitnej knižnici. Po preštudovaní literatúry a konzultácii som urobil prvý pracovný obsah.

V druhej etape som roztriedil zozbierané texty a zaradil do tematických celkov. Našiel som pár internetových zdrojov. Podľa potreby som preložil niekoľko zahraničných autorov do slovenského jazyka. Následne na to som spracoval všetky zozbierané informácie aby sa navzájom dopĺňali a prezentovali problematiku, ktorú prehľadne a zrozumiteľne vysvetľujú.

Po záverečnom spracovaní som odkonzultoval spísanú literatúru so školiteľom.

Pri tvorbe záverečnej práce som použil počítačový editor textových dokumentov. Texty boli vytvárané programom MS Office, ktorý bol taktiež použitý na gramatickú opravu.

3 Štúdiá o súčasnom stave riešenej problematiky

3.1 Úvod do problematiky GIS

3.1.1 Definícia GIS

Je pomerne ťažké jednoznačne definovať GIS, pretože existuje viac rôznych prístupov k tejto úlohe. Populárne sú definície založené na funkčných vlastnostiach, iní autori sa podieľali na prínose schém, vychádzajúcich z aplikačných oblastí, dátových modelov a pod. Hlavný dôvod ťažkostí pri definovaní GIS súvisí so stanovením hlavného ohniska záujmu o GIS. Niektorí ho vidia v hardwarových a softwarových zložkách, iní tvrdia, že je to spracovanie dát alebo aplikačnou oblasťou. Tieto diskusie nikdy neboli definitívne uzatvorené a čas – vývoj pre ne prináša stále nové podnety. Situáciu komplikuje aj neprehľadnosť vzťahov s inými, zvlášť počítačovo orientovanými systémami. Všeobecne sú GIS chápané ako špeciálny prípad informačných systémov.

Autori, Arnof (1989), Star a Estes (1990) z klasického obdobia pripúšťajú, že GIS zahrňujú manuálne aj počítačové informačné systémy. Prakticky však v dnešnej dobe sú všetky používané systémy založené na počítačovej báze.

Ako všeobecne použiteľná definícia GIS sa zdá definícia, ktorú používa firma Enviromental Systems Research Institute (ESRI) v materiáloch ku svojmu systému pc ARC/INFO: „GIS je organizovaný súbor počítačového hardware, software a geografických údajov (naplnené bázy dát) navrhnutý na efektívne získavanie, ukladanie, upravovanie, obhospodarovanie, analyzovanie a zobrazovanie všetkých foriem geografických informácií.“

Požiadavky na zber, analýzu a zobrazovanie komplexných a objemových geografických dát viedla v posledných desaťročiach k využitiu počítačov na vytvorenie informačného systému pre ich spracovanie. Efektívne využitie rozsiahlych priestorových databáz je závislé od existencie efektívneho systému, ktorý dokáže transformovať tieto dáta do použiteľnej informácie. Geografický informačný systém, skrátene nazývaný GIS, sa stal hlavným nástrojom pre transformáciu a analýzu poznatkov o reálnom svete (Šimonides, 2004).

3.1.1.1 Typy informačných systémov

Na základe úloh, ktoré môžu vykonávať, môžu byť všeobecne definované dva typy informačných systémov – výkonne-procesné (transaction processing) a systémy pre podporu rozhodovania (decision suport). U prvých je ťažiskom zaznamenávanie a manipulácia s informáciou. Veľmi dobrým príkladom sú bankové a rezervačné systémy. Bez ohľadu na skutočnosť, či sa používajú interaktívne alebo dávkovo, sú chápané na aktualizáciu a prehľadávanie, pričom procedúry sú jasne definované. V druhej skupine ťažisko spočíva v manipulácii, analýze a modelovaní pre potreby rozhodovania vhodnosti variantných riešení manažérov, politikov, štátnej správy, vlád atď. GIS samozrejme dokážu plniť úlohy uvádzané v prvej skupine, ale hlavne sa predpokladá ich použitie pre druhú skupinu úloh (Šimonides, 2004).

3.1.1.2 Špecifikácia priestorových objektov

Priestorové objekty môžu mať rôzne dimenzie, alebo presnejšie môžu byť modelované v rôznych dimenziách. Dimenzia priestorového objektu charakterizuje jeho rozšírenie v rôznych smeroch priestoru. Ak berieme do úvahy geometriu a topológiu geoobjektov, pracuje sa v geovedách maximálne s trojdimenzionálnym – trojrozmerným priestorom, aj keď matematika, či štatistika pripúšťajú n-rozmerné priestory (Tuček, 1998).

Pre potreby geometrického modelovania môžeme uvažovať s objektmi rôznych dimenzií:

- Objekty bezrozmerné 0-D: ide o body, ktoré majú definovanú polohu v priestore ale nemajú dĺžku alebo plochu,
- Objekty jednorozmerné 1-D: sú to (priame) úseky čiar, ktoré majú konečnú dĺžku, ale nie plochu.
- Objekty dvojrozmerné 2-D: sú to polygóny, ktoré majú konečnú plochu,
- Objekty trojrozmerné 3-D: sú to telesá, ktoré majú objem alebo plochy ohraničujúce telesá (polyhedróny), ktoré nemajú objem.

Podľa úrovne abstrakcie a generalizácie v danom probléme môžeme pri modelovaní znižovať dimenzionalitu geoobjektov. Pojem „dimenzia“ sa môže analogicky aplikovať i na topológiu (topologickú dimenziu).

Objekty 0-D sú uzly, 1-D sú spojnice (hrany), 2-D polygóny a 3-D telesá alebo polyhedróny tak, ako je to zažité v teórii grafov.

Pri aplikácii na tematické modelovanie nazývame počet definovaných atribútov tematickou dimenziou. Pokiaľ berieme do úvahy dynamiku geobjektov, niekedy sa hovorí o čase ako o štvrtej dimenzii (Tuček, 1998).

3.2 Charakteristické vlastnosti reliéfu a DMR

3.2.1 Digitálny model reliéfu

Model je abstraktná konštrukcia, v ktorej sú súčasťou jednej domény – zdrojovej, reprezentované v inej doméne – cieľovej. Základnými súčasťami zdrojovej domény môžu byť napr. entity (objekty), vzťahy medzi nimi alebo aj iné fenomény záujmu. Účelom modelu je zjednodušiť a abstrahovať zdrojovú doménu. Konstituenty (hlavné súčasťi) zdrojovej domény sú preložené modelovaním do cieľovej domény a skúmané v tomto novom kontexte. Pohľady, výsledky alebo všetko, čo sa vyskytuje v cieľovej doméne, môže byť interpretované v zdrojovej doméne (Worboys, 1995).

Podľa Krchu (1979) ide o „reprezentatívny súbor bodov reliéfu terénu vybraných podľa určitých pravidiel, polohovo lokalizovaných s priradeným vektorom (stĺpcom hodnôt) parametrov reliéfu. Ide teda o body, informácie o nich a pravidlá používania týchto informácií“.

Neuman (1996) definuje model v podobnom duchu ako sadu pravidiel a procedúr realizácie priestorovej analýzy, pričom jej účelom je odvodenie novej informácie, ktorá môže byť analyzovaná a môže tak pomôcť pri riešení problému alebo plánovaní.

3.2.1.1 Rastrové modely terénu

Svojou podstatou vychádzajú z bežných rastrových dátových štruktúr. Skúmaná oblasť je rozdelená na pravidelný raster, ktorého bunky sú priestorovo lokalizované. V každej bunke je uložená hodnota výšky terénu. Pretože hodnota výšky sa v priestore plynulo mení, nie je možné použiť vylepšené spôsoby uloženia dát. Najčastejšie sa jedná o maticu, teda o priame datovanie informačnej vrstvy. Priestorové údaje – lokalizácia buniek rastra je obvykle uložená v špecifickej časti súboru (header) alebo vo zvláštnom dokumentačnom súbore. Majú všetky výhody rastrových dátových reprezentácií, teda zvlášť jednoduchosť a ľahkú pochopiteľnosť štruktúry. Rovnako tak jednoduchosť postupov pri následnom spracovaní pre výpočty odvodených parametrov a pre potreby zobrazenia (Hofierka, 1998).

3.2.2 Morfotmetrické vlastnosti georeliéfu

Aktívny vplyv georeliéfu na v krajine prebiehajúce procesy sa realizuje prostredníctvom jeho morfometrických (vrátane polohových) charakteristík. Definíciou a významom jednotlivých morfometrických parametrov sa zaoberá veľké množstvo špecializovaných prác na základe ktorých možno definovať špecifický vplyv každej z týchto charakteristík na krajinné procesy. Parametre pritom môžeme rozdeliť na:

- Primárne bodové, ktoré vyjadrujú vzdialenosť daného bodu od významnej plochy, línie alebo bodu (napr. nadmorská výška, relatívna výška nad miestnou eróznou bázou, horizontálna vzdialenosť od eróznej bázy).
- Sekundárne bodové, ktoré sú atribútom každého bodu zemského povrchu možno ich na báze geometrického aspektu teórie pol'a definovať ako zmeny pol'a primárneho polohového parametra v rôznych smeroch a diferenciálne malom okolí daného bodu (napr. sklon, orientácia georeliéfu, jeho krivosti).
- Líniové, ktoré charakterizujú určitú líniu na zemskom povrchu ako celok (napr. dĺžka spádnice, údolnice, priemerná absolútna či relatívna výška chrbátice).
- Plošné a objemové, ktoré sú vlastnosťou istej plošnej (priestorovej) časti zemského povrchu ako celku (napr. rozloha formy, prispievajúcej plochy, objem a mohutnosť formy).

Ak primárny parameter – nadmorskú výšku (H) potom označíme ako parameter nultého rádu, budú z jeho zmeny (prvej derivácie) v istom smere odvodené parametre (napr. sklon a orientácia) parametrami prvého rádu, krivosti a ďalšie parametre reprezentujúce zmenu zmeny (druhú deriváciu) nadmorských výšok parametrami druhého rádu a obdobne môžeme definovať parametre tretieho, štvrtého až n-tého rádu. Ak parameter bezprostredne vyjadruje zmenu parametra vyššieho rádu v istom smere, nazveme tento parameter vyššieho rádu materským parametrom príslušného parametra nižšieho rádu (nadmorská výška je takto materským parametrom sklonu, sklon je materským parametrom normálovej krivosti spádnice atď.)

Platí, že každú líniu možno charakterizovať priemernou hodnotou všetkých bodových a polohových parametrov a každú plochu priemernou hodnotou všetkých

líniových i bodových parametrov. Naopak zase, líniové, plošné, či objemové charakteristiky možno priradiť (vzťahnúť) k určitým bodom (robí sa to najmä v prípadoch, ak ide o charakteristiky línie, či plochy dynamicky ovplyvňujúcej daný bod – napríklad prispievajúce plochy, dĺžky svahov a pod.) Na georeliéfe možno definovať v podstate neobmedzené množstvo morfometrických parametrov.

3.2.2.1 Nadmorská výška

Hladinu Svetového oceánu možno pokladať za ekvipotenciálnu plochu gravitačného poľa Zeme, preto nadmorská výška je zároveň mierou potenciálnej gravitačnej energie bodov zemského povrchu. Na základe toho všetky z nadmorskej výšky odvodené morfometrické parametre majú i svoju fyzikálnu interpretáciu ako charakteristiky gravitačného poľa Zeme a jeho prejavov na zemskom povrchu. Keďže gravitačné pole je ako bolo spomenuté vyššie jedným z dvoch fundamentálnych fyzikálnych polí podmieňujúcich priebeh procesov v krajinej sfére a na rozdiel od elektromagnetických polí je v kratšom časovom intervale (stovky až tisícky rokov) na zemskom povrchu fakticky nemenné, je zrejmy kľúčový význam parametra nadmorskej výšky.

Výška bodov nad určitou referenčnou hladinou určuje priebeh georeliéfu a z jej priestorovej diferenciácie možno na základe geometrického aspektu teórie poľa odvodiť ďalšie kľúčové morfometrické parametre. Pre tento účel je vhodné definovať funkciu vyjadrujúcu, že nadmorská výška bodu je funkciou jeho polohy v zvolenej súradnicovej sústave, na báze ktorej možno definovať (a následne vypočítať) všetky sekundárne bodové morfometrické parametre.

3.2.2.2 Sklon georeliéfu a veľkosť gradientu georeliéfu

Sklon georeliéfu v bode A možno definovať ako uhol, ktorý zvierajú dotyková rovina k bodu A georeliéfu s horizontálnou rovinou (rovnobežnou s hladinou Svetového oceánu) respektíve s priebehom geoidu.

3.2.2.3 Expozícia georeliéfu a uhol dopadu toku

Expozícia je morfometrický parameter, ktorý vyjadruje mieru vystavenia georeliéfu pôsobeniu z istého smeru pôsobiacemu procesu – toku látky a energie (vetru, vlneniu, slnečnej radiácii a pod.). Najvhodnejšie je jeho vyjadrenie prostredníctvom uhla, ktorý

zvíera pôsobiaci smer s dotykovou rovinou v danom bode georeliéfu – teda orientáciou georeliéfu voči uvažovanému prioritnému smeru.

3.3 Výber zdroja pre vstupné údaje

Výber zdroja vstupných údajov a spôsobu ich zachytávania a prevodu do digitálneho tvaru je kritickým problémom pri práci s digitálnym modelom terénu – Digital Terrain Model – DTM. Rozhodovanie o vhodnosti či nevhodnosti závisí hlavne na dostupnosti jednotlivých zdrojov, prístrojového a softwarového vybavenia, účelu použitia budúcich modelov, zamýšľaného spôsobu štruktúrovania – typu modelu.

Namerané údaje (presné súradnice X, Y, Z vstupných bodov) z pozemných geodetických meraní v súčasnosti možno priamo previesť v digitálnej podobe zo záznamníku geodetických prístrojov do softwarového prostredia pre tvorbu modelu. Ide o extrémne presné údaje, ale i ich získanie je extrémne pracné a finančne nákladné. Úlohu zohráva spôsob výberu bodov, pre ktoré sa údaje zameriavajú. Používa sa pri malých plochách, kde sa vyžaduje vysoká presnosť vytvoreného modelu – napr. pre projekčné účely. Zdá sa, že novú kvalitu do procesu získavania údajov podobného druhu môže viesť používanie systému GPS, ktoré môžu výrazne zjednodušiť, urýchliť, zlacniť a spresniť zisťovanie polohy i výšky výberových bodov.

Fotogrametrické údaje sa využívajú pri metódach, založených na stereoskopickej interpretácii leteckých alebo kozmických snímok (systém SPOT) s využitím rôznych typov prístrojov. V dnešnej dobe je možné priamo ukladať údaje o polohe i výške bodov zo stereoskopického modelu v digitálnej forme.

Pre tvorbu modelov terénu je na základe posledného vývoja možno použiť i údaje radarových systémov SIR – C, SAR, ktoré sú tiež založené na princípe stereoskopického páru, ale techniky ich spracovania sú výrazne odlišné. Začínajú sa označovať ako radargrammetria. Všeobecne sa týmto metódam predpovedá veľká perspektíva, i keď v súčasnosti sú ešte modely, pomocou nich odvodené, zatiaľ pomerne veľkými chybami.

Výškové údaje možno tiež odvodiť z kartografických zdrojov – rôznych druhov máp s výškopisom, zvlášť z vrstevnicových máp. Postup digitalizácie, resp. iných postupov je rovnaký ako u iných údajov. Dôležitý je opäť vhodný výber bodov, resp.

línii, pre ktoré sa digitalizuje výška. Do úvahy prichádza výber po vrstevniciach, po singulariách – hrebene, údolnice, iba určité body, alebo kombinácia týchto možností.

3.3.1 Automatická vektorizácia kartografických dát

Digitálne (vektorové) údaje tvoria základ pre DMR. V praxi sú tieto vstupné údaje často reprezentované rastrovými mapami a náčrtkami, ktoré je potrebné vektorizovať. Manuálna a poloautomatická vektorizácia je pomerne časovo a finančne náročná a tak sa otvára priestor pre automatizáciu tohto procesu. V dnešnej dobe existuje pomerne veľa nástrojov pre rozpoznávanie objektov a vzorov v rastrových obrázkoch spadajúcich do problematiky digitálneho spracovania obrazu. V súčasnej dobe neexistuje žiadny jednotný vektorizačný postup, ktorý by umožňoval riešenie širokého množstva úloh existujúcich v tejto oblasti. Najväčším problémom pri vektorizovaní ako takom je rôznorodosť grafickej reprezentácie vstupných dát ako aj široké množstvo úloh, ktoré kladú rôzne a často aj protichodné požiadavky na výsledky. Aj keď v praxi existuje množstvo všeobecných techník a doporučení, ktoré je možné použiť, ak chceme získať presné výsledky je potrebné tento proces špecializovať tak, aby bolo možné čo najpresnejšie definovať jednotlivé vlastnosti vstupných a výstupných dát (Tarábek, 2008).

Líniové objekty reprezentujú najvýznamnejšie objekty v mapách a je preto potrebné sa pri vektorizovaní na ne sústrediť. Ich vlastnosti sa dajú presne definovať a ich grafická reprezentácia v jednotlivých mapách je veľmi podobná čo napomáha vytvoreniu všeobecného vektorizačného postupu.

Predspracovanie používa techniky, ktoré majú pripraviť rastrovú mapu na jej ďalšie spracovanie. Tento proces v sebe zahŕňa zjednodušenie mapy (oddelenie objektov záujmu od ostatných), odstránenie chýb (zapríčinených kvalitou vstupných dát a vlastnosťami použitých techník) a zosilnenie požadovaných vlastností (prevencia voči chybám, ktoré môžu v budúcnosti nastať). Jeho výstupom je binárna reprezentácia vstupných dát, ktorá je odolnejšia voči chybám a v ďalšom procese sa dá rýchlejšie spracovávať. Na predspracovanie sa používajú princípy prahovania (threshold) a binárnej morfológie (Tarábek, 2008).

3.3.1.1 Binárna morfológia

Morfológia je nástroj na rozpoznanie prvkov obrazu, ktoré sú potrebné pre reprezentáciu a popis tvarov, ako sú hranice, kostra, konvexný obal objektov a iné.

Teoretický základ pre morfológiu tvorí teória množín. Binárna morfológia je súčasťou morfologického spracovania obrazu a pracuje s binárnou formou dát. Binárnu morfológiu je v procese vektorizovania máp možné využiť v dvoch rovinách. Prvá je založená na samotných binárnych operáciách - dilation, erosion, opening a closing. Druhá spočíva v rôznych aplikáciách binárnej morfológie, ktorú je z daných operácií za použitia ďalších techník možné vytvoriť. Operácie binárnej morfológie umožňujú odstraňovanie veľkej časti chýb, ktoré sa v najväčšej miere podieľajú na nepresných výsledkoch vektorizácie líniových objektov. Tieto chyby môžu v konečnom dôsledku spôsobiť zmenu topologických vlastností a je ich preto potrebné odstrániť ešte pred samotnou fázou rozpoznávania dopravnej infraštruktúry. Podstata týchto chýb vyplýva z rôznorodosti vstupných dát, ich chybovosti, prípadne môžu byť spôsobené ako vedľajší produkt niektorého z algoritmov pre úpravu a spracovanie obrazu. Za najčastejšie chyby môžeme považovať šum, diery v objektoch, rozpojenosť objektov a nerovné okraje objektov, ktoré môžu spôsobiť tvorbu výčnelkov. Pomocou vhodnej kombinácie binárnych operácií erosion a dilation, respektíve od nich odvodených operácií opening a closing, je možné pomerne úspešné odstránenie týchto chýb a nepresností. Najdôležitejším rozhodnutím pri použití binárnej morfológie je stanovenie správneho počtu iterácií ako aj postupnosti, v ktorej sa jednotlivé operácie budú vykonávať. Táto úloha z veľkej časti závisí od vlastností konkrétnej mapy. Zatiaľ čo správna postupnosť a počet binárnych operácií môže pomôcť k odstráneniu mnohých chýb, v prípade ich zlej kombinácie alebo prehnanému počtu môžeme naopak vyvolať ďalšie, oveľa závažnejšie chyby ako je napríklad strata líniovej charakteristiky alebo spojenie oddelených objektov (Tarábek, 2008).

3.3.2 Fotogrametria

Fotogrametria a diaľkový prieskum Zeme (DPZ) je veda, technológia a umenie získavať spoľahlivé informácie o Zemi a jej prostredí, ako aj geometrické a fyzikálne parametre objektov nachádzajúcich sa na povrchu Zeme, cez proces záznamu, merania, interpretácie a zobrazenia snímok (záznamov) vyhotovených bezkontaktnými záznamovými zariadeniami (kamery, CCD kamery, multispektrálne kamery, multispektrálne skenery) (Žihlaník, 2004).

Fotogrametria je náuka, ktorá sa zaoberá určovaním tvaru, rozmeru a polohy predmetov zobrazených na snímkach.

Fotogrametrické údaje sa využívajú pri metódach, založených na stereoskopickej interpretácii leteckých alebo kozmických snímok (systém SPOT) s využitím rôznych typov prístrojov. V dnešnej dobe je možné priamo ukladať údaje o polohe i výške bodov zo stereoskopického modelu v digitálnej forme (Žihlaník, 2004).

3.3.2.1 Pozemná stereofotogrametria

Podkladom stereofotogrametrických meraní sú stereoskopické dvojice snímok čiže stereogramy, ktoré podľa orientácie osí záberu voči fotogrametrickej základnici môžu tvoriť tri prípady stereofotogrametrie, a to:

- a) normálny prípad, pri ktorom sú obe osi záberu kolmé na fotogrametrickú základnicu
- b) prípad stočených osí, pri ktorom sú obe osi záberu stočené od kolmice k základnici o tú istú hodnotu (obvykle 35°) napravo alebo na ľavo
- c) prípad konvergentných osí, pri ktorom sa osi záberu zbiehajú v konečne (Žhlavník, 2006).

3.3.2.1.1 Vyhodnotenie snímok pozemnej fotogrametrie

Vyhodnotenie snímok je osobitný fotogrametrický systém prác, ktorý vyhodnocovacími prístrojmi a metódami komplexne využíva informácie z meračských snímok o snímaných objektoch, aby sa mohol určiť tvar, veľkosť a priestorová poloha objektov a iné, najmä geometrické vlastnosti objektov.

Vyhodnotenie snímok na výstupe vyhodnocovacieho procesu môže byť digitálne alebo analógové (Žihlaník, 2004).

Pri digitálnom vyhodnotení na výstupe vyhodnotenia sa získavajú modelové súradnice množiny bodov charakterizujúcich objekt, resp. iné numerické údaje o tvare, polohe a iných vlastnostiach objektu. K súborom súradníc, resp. iné numerické údaje o tvare, polohe a iných vlastnostiach objektu. K súborom súradníc, resp. numerických údajov, uložených v pamäťových médiách počítačov alebo registračných zariadení, sa priradujú informácie o tom, k akým veličinám sa digitálne údaje vzťahujú, resp. predpisy, ako sa majú pre rozličné účely a ciele použiť. Digitálny výstup informácií a geometrického popisu objektu nedáva vizualizáciu predstavu o objekte, preto výstup digitálnych údajov sa často kombinuje s analógovými formami (Žihlaník, 2004).

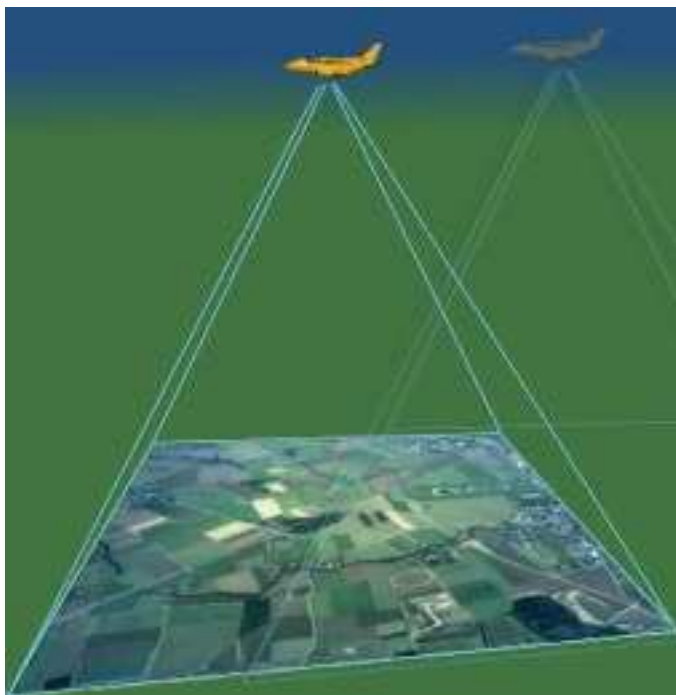
Pri analógovom vyhodnotení sa získavajú na výstupe nové alebo prekreslené snímky, alebo rozličné formy bodových a čiarových geometrických informácií o objektoch

(polohopisy, profily v určitej mierke a vrstevnice). Pri analógovom vyhodnotení vhodnými vyhodnocovacími prístrojmi sa transformuje čiarové zobrazenie objektu v centrálnej projekcii opäť na čiarovú kresbu, ale v ortogonálnej projekcii v potrebnej mierke a usporiadania, resp. na bodovú (polohovú) kresbu s číselným určením tretej súradnice (Žihlaník, 2004).

3.3.2.2 Letecká fotogrametria

Letecká fotogrametria predstavuje z hľadiska mapových prác najdôležitejšiu časť celej fotogrametrie. Umožňuje polohové i výškové zameriavať hornatý i rovinný terén, pokiaľ je zreteľne znázornený na leteckých snímkach. V súčasnej dobe je už na takom stupni vývoja, že vie riešiť hospodárnym spôsobom a s vyhovujúcou presnosťou mapovacie práce nielen v stredných a malých mierkach, ale aj vo veľkých mierkach.

Význam leteckej fotogrametrie sa však neobmedzuje len na mapovacie práce, ale uplatňuje sa v rôznych ďalších oboroch ľudskej činnosti, pričom sa využíva nielen geometrická hodnota meračských leteckých snímkov, ale aj ich ďalší informačný obsah pre interpretáciu rôznych kvantitatívnych i kvalitatívnych prvkov (Žihlaník, 2006).



Obrázok 1. Fotogrametria (zdroj: internet <http://enggeografica.fc.ul.pt/images/foto.jpg>)

3.3.2.2.1 Druhy a vlastnosti leteckých snímkov

Letecké meračské snímky sa vyhotovujú leteckými kamerami z lietadla alebo iného lietajúceho telesa a majú obvykle štvorcový formát.

Letecká snímka je výsledkom perspektívneho, optického a fotografického zobrazovacieho procesu. Preto je priamym obrazom územia so všetkými podrobnosťami, aj náhodnými a nepodstatnými. Na rozdiel od mapy letecká snímka nemá určitú, resp. v zaokrúhlených celých číslach, vyjadrenú mierku a okrem toho – vzhľadom na odchýlky osi záberu od zvislice – je obyčajne perspektívne skreslená. Aj nerovnosť terénu spôsobuje odchýlky od správneho zobrazenia, najmä v okrajových častiach snímky (Žihlaník, 2004).

Podľa smeru osi záberu sa letecké snímky rozdeľujú na zvislé, šikmé a vodorovné.

Zvislé letecké snímky majú os záberu zvislú s maximálnou dovolenou odchýlkou odklonu od zvislice do 5° . Obraz zachytený na zvislej snímke je už veľmi podobný mapovému zobrazeniu. Čím je terén rovinatejší, tým je jednotnejšia mierka v celom rozsahu snímky, pri zväčšujúcich sa výškových rozdieloch terénu je mierka rozdielnejšia.

Šikmé letecké snímky majú os záberu odklonenú od zvislice viacej ako 5° . Mierka šikmej leteckej snímky nie je pre celý obsiahnutý priestor jednotná, mení sa v smere sklonu, klesá od popredia k pozadiu. Iba dĺžky kolmé na os záberu sú zobrazené v určitej mierke.

Vodorovné letecké snímky majú os záberu vodorovnú. Majú všetky nevýhody pozemných snímok, t.j. predmety popredia zakrývajú pozadie a uhly a vzdialenosti sú ešte väčšmi skreslené ako pri snímkach šikmých. Vo fotogrametrickej praxi sa nepoužívajú priamo na mapovacie účely, ale iba ako prostriedok na orientáciu zvislých snímok, s ktorými sa prípadne súčasne vyhotovujú (pomocné snímky horizontu) (Žihlaník, 2004).

3.3.2.2.2 Opticko-mechanické ortofotosystémy

Intenzívny technický a hospodársky rozvoj vyvoláva dnes v celosvetovej relácii stúpajúce nároky na kvalitné mapy každého druhu. Je všeobecne známe, že tieto nároky nie je, dosť dobre, možné spĺňať konvenčnými mapovacími metódami (geodetickými aj fotogrametrickými), ktoré produkujú kartograficky úhladne vypracované obrysové mapy. Práve toto kartografické spracovanie a príprava na reprodukciu je faktor výrazne vplývajúci na čas a náklady pri zhotovovaní máp. Preto sa v posledných desaťročiach v stúpajúcej miere používali zvislé letecké snímky, resp. z nich odvodené letecké fotoplány ako náhrada za obrysové mapy, najmä pre rýchly a hospodárny spôsob ich

vyhotovenia. Letecké fotoplány poskytujú veľké množstvo informácií o teréne a sú vhodné pri nižších požiadavkách na polohovú presnosť (Žihlavník, 2006).

Letecká snímka je priamym obrazom na nej zobrazenej časti územia, vzniknutý podľa všeobecných pravidiel perspektívneho zobrazenia a fotografického procesu v stupnici sivých tónov, ku ktorým ešte pri farebnej fotografii prichádzajú dobre rozlíšiteľné farebné tóny. Z jedného hľadiska je zobrazenie dokonalé, lebo obsahuje všetko, čo v danom okamihu expozície na teréne bolo a čo bolo viditeľné. Z druhého hľadiska však má toto zobrazenie nedostatky v tom, že napr. chýbajú zakryté časti obrazu vzhľadom na centrálnu perspektívu inými predmetmi, ďalej sú tu zobrazené aj náhodné, prípadne aj rušivé javy, ako sú napr. vozidlá na cestách, zatopené oblasti, dymové clony a pod., ktoré sú z kartografického hľadiska nežiaduce (Žihlavník, 2006).

3.3.2.2.3 Dvojsnímková letecká fotogrametria

Hlavné ťažisko fotogrametrických prác je dnes v leteckej stereofotogrametrii, t.j. v priestorovom vyhodnotení leteckých snímok, ktoré vykonáva vytvorením priestorového modelu dvojice snímok toho istého územia a odvodením ortogonálneho priemetu tohto modelu. Pri vyhotovovaní radarových snímok je požadovaný pozdĺžny prekryt väčší ako 50% a priečny prekryt asi 25-30%, čo znamená, že celé územie je zachytené s dostatočnou zárukou stereoskopického zobrazenia.

Stereoskopické alebo priestorové vyhodnotenie leteckých snímok umožňuje odvodiť z dvojice leteckých snímok polohopis aj výškopis. Podľa toho sa pri vyhodnotení rieši úloha rekonštrukcie fotogrametrického zväzku lúčov možno metódy vyhodnotenia snímkovej stereodvojice rozdeliť na:

- analógové – vyhodnotenie pomocou analógových priestorových vyhodnocovacích prístrojov, založené na optickej, opticko-mechanickej alebo mechanickej definícii fotogrametrického určujúceho lúča,
- analytické, ktoré priamo využívajú matematický model na rekonštrukciu fotogrametrického určujúceho lúča (podmienka kolineárnosti) – vzťahom medzi snímkovými a predmetovými súradnicami s využitím počítačov a servotechniky,
- digitálne – digitálna fotogrametria,
- zjednodušené (stereometrické) metódy pre práce s nižšími nárokmi na presnosť. Najmä v oblasti interpretácie a mapovania v stredných a malých mierkach (Žihlavník, 2006).

Vyhodnotenie leteckých snímok pomocou priestorových analógových vyhodnocovacích prístrojov je založené na princípe dvojitej projekcie, ktorá sa získa obrátením fotografického procesu. Ak sa dve stereoskopické snímky vložia do dvoch projektorov pri zachovaní prvkov vnútornej orientácie aj uhlových prvkov vonkajšej orientácie, pričom sa však dĺžkové prvky vonkajšej orientácie nastavujú zmenšené do miery vyhodnotenia, potom po presvetlení snímok vznikne rekonštrukcia originálnych určovacích lúčov. Pri rekonštrukcii sa lúče od všetkých identických snímkových bodov A' a A'' B' a B'' atď., budú v priestore párovito pretínať a súhrn týchto priesečníkov vytvorí optický model územia v mierke vyhodnotenia. Pohyblivou stereoskopickou meracou značkou sa potom môže z tohto modelu odvodiť ortogonálny priemet a môžu sa merať prevýšenia bodov, prípadne aj automaticky kresliť vrstevnice (Žihlavník, 2004).

3.3.2.2.4 Digitálna fotogrametria

V posledných rokoch zaznamenáva fotogrametria mimoriadny rozvoj, prezentovaný nástupom digitálnej fotogrametrie. Podľa terminologického slovníka geodézie, kartografie a katastra (1998) „digitálna fotogrametria je proces vyhodnotenia digitálneho obrazu v počítači bez ľudskej asistencie; digitálny obraz sa získa buď priamo digitálnou kamerou prípadne iným snímačom (primárna digitalizácia), alebo digitalizáciou snímky (sekundárna digitalizácia).“

Vývoj fotogrametrie ako vedy, umenia a technológie je poznačený terminologickými zmenami, čo možno dokumentovať kľúčovým fotogrametrickým termínom snímka, ktorý definuje analógové informačné médium vyhotovené výlučne konvenčnými fotogrametrickými, resp. multispektrálnymi kamerami. V poslednej dobe k definícii snímky je pridaná formulácia: „... a záznam elektromagnetického žiarenia a iných fenoménov...“, čím vzniká nový termín záznam, ktorý definuje digitálne informačné médium získané digitalizáciou snímok, multispektrálnymi skenermi, resp. digitálnymi kamerami vybavenými špeciálnymi senzormi (Žihlavník, 2004).

3.3.2.3 Fotogrametrické súradnicové systémy

Fotogrametrické súradnicové systémy sú definované, ako pravotočivé s kladnou orientáciou a patria sem: snímkový súradnicový systém, modelový súradnicový systém, referenčný súradnicový systém (Žihlavník, 2004).

Snímkový súradnicový systém (x' , y' , z'): Východiskovými hodnotami pri fotogrametrických analytických vzťahoch sú snímkové súradnice vyjadrujúce polohu

jednotlivých snímkových bodov v pravotočivom ortogonálnom súradnicovom systéme. Tento je definovaný rámovými značkami 1, 2, 3, 4, ktorých spojnice sú súradnicové osi x' , z' a os y' je kolmá na snímkovú rovinu (pri pozemnej snímke), resp. x' , y' a os z' je kolmá na snímkovú rovinu (pri leteckej snímke). Priesečník spojnic rámových značiek S' je stred snímky a definuje začiatok snímkového súradnicového systému. Pri správne justovanej fotokamere stred snímky S' a hlavný bod snímky H' sa stotožňujú (Žihlavník, 2004).

Modelový súradnicový systém (x,y,z) definovaný ako prístrojový súradnicový systém so začiatkom v ľavom projekčnom centre O_1 fotogrametrického vyhodnocovacieho prístroja (Žihlavník, 2004).

Referenčný súradnicový systém (X, Y, Z) je pravotočivý súradnicový systém, v ktorom sú dané súradnice vlícovacích bodov. Môže mať charakter miestneho pravotočivého súradnicového systému, resp. JTISK. V tomto prípade je potrebná zámena súradnicových osí X, Y , pretože JTISK je ľavotočivý súradnicový systém (Žihlavník, 2004).

3.3.3 Laserová altimetria, letecký laserový skener

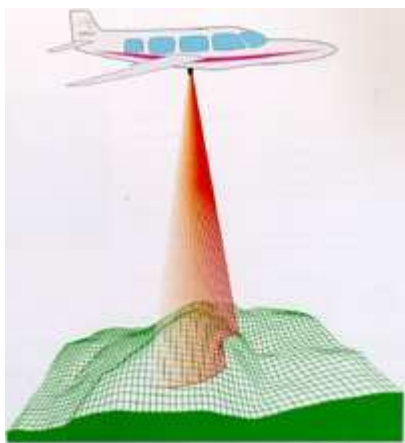
Problémy s tvorbou DTM v zalesnených, poľnohospodárskych a iných vegetáciou pokrytých častiach možno úspešne riešiť s využitím leteckého laserového skenera, ktorý na rozdiel od fotogrametrických metód dokáže preniknúť aj pomedzi vegetáciu a stromy a tak zachytiť odraz priamo od zemského povrchu s presnosťou < 10 cm.

Absolútna orientácia leteckého skenera sa uskutočňuje pomocou kinematického spôsobu merania dráhy nosiča skenera pomocou globálneho polohového systému GPS. Zmeny polohy jednotlivých skenovaných riadkov možno určiť pomocou inerciálneho navigačného systému INS (Csatho, n.d.).

Výsledkom merania pomocou leteckého laserového skenera je digitálny terénny model – DTM.

Možnosti využitia leteckého laserového skenovania:

- meranie topografického povrchu terénu v lesníctve
- meranie výšok stromov a stanovenie drevnej hmoty
- meranie povrchu močiarov
- meranie objemov pri povrchovej ťažbe uhlia, nerastov a podobne (Csatho, n.d.).



Obrázok 2. Letecký laserový skener – TopScan (zdroj: internet)

3.3.4 Opticko-mechanické skenery

Opticko-mechanické snímacie rozkladové zariadenia (skenery) snímajú povrch Zeme v pruhoch, kolmých k smeru letu nosiča, po čiastkových plochách za sebou v jednotlivom pruhu. Snímať možno monospektrálne, to znamená len v určitom pásme spektra, alebo multispektrálne, to znamená súčasne vo viacerých spektrálnych pásmach. Tieto úzke spektrálne oblasti sú označované aj ako kanále (chanel) (Žihlavník, 2006).

Všetky snímače tohto druhu využívajú k snímaniu žiarenia zrkadlovú optiku. Snímanie terénu po pruhoch sa robí pomocou rotujúceho alebo kývajúceho sa rovinného zrkadla alebo zrkadliaceho hranola. Na zrkadliacu rovinu dopadajúce žiarenie je usmernené k detektoru (snímaču), kde sa nepretržite mení na fotoprúd. Takto nepretržite zaznamenávané elektrické signály sú v zosilňovači zosilňované a následne uložené na médium, napr. na magnetickú pásku alebo cez monitor zobrazené na film. Záznam možno urobiť na palube nosiča (lietadlo, družica) alebo po priamom prenesení na pozemnej stanici. Záznam na magnetickú pásku s veľkou hustotou písania sa označuje ako HDDT (High Density Digital Tape). Špeciálnym zariadením sa takto uložené dáta neskôr prenášajú na vyhodnocovaciu pásku počítača tzv. CCT (Computer Compatible Tape). V poslednej dobe sa už objavili aj také snímače pre lietadlá, ktoré robia záznam priamo na CCT (Žihlavník, 2006).

V monospektrálnom skeneri je snímané elektromagnetické žiarenie privádzané k detektorom bez spektrálneho rozkladu. Selekcia, príp. zúženie snímaného rozsahu spektra nasleduje pomocou spektrálnej senzibilizácie detektora, príp. pomocou vhodného filtra.

Pri multispektrálnom skeneri – (používa sa označenie MSS – Multi Spectral Scanner) je snímané elektromagnetické žiarenie spektrálne rozložené. Toto je možné urobiť rôznymi známymi fyzikálnymi cestami, napr. pomocou dichroického zrkadla, skleneného hranola, ohybnej mriežky alebo aj pomocou viacvrstvových, polopriepustných detektorov (Žihlavník, 2006).

3.3.5 Opticko-elektronické skenery

Opticko-elektronické snímacie rozkladové zariadenia – skenery (nazývajú sa aj digitálne riadkové kamery) snímajú povrch Zeme, rovnako ako opticko-mechanické skanery, kolmo k smeru letu po pruhoch. Snímanie jednotlivého pruhu sa však vykonáva v protiklade k opticko-mechanickým skanerom súčasne. Geometria je tým jednoduchšia a zodpovedá stredovému premietaniu pri leteckých snímkach (Žihlavník, 2006).

V protiklade k opticko-mechanickým skanerom sú elektro-optické skanery vhodné aj na stereosnímkovanie. Napríklad pri opticko-elektrickom multispektrálnom skeneri MOMS (Modularer Optoelektronischer Multispektral-Scanner) firmy MBB (Messerschmitt-Bolkow-Blohm-NSR) sú namiesto jedného pruhu senzora v kamere dva navzájom paralelne v obrazovej rovine toho istého objektívu usporiadané pruhové senzory. Ich vzájomný odstup a ohnisková vzdialenosť určujú stereoskopický uhol konvergencie a tým umožnenie priestorového vnemu. Týmto usporiadaním pruhových senzorov sú zalietavané terénne pruhy snímané dvakrát a záznamy vyhovujú podmienkam stereoskopického pozorovania. V optickej osi ležiaci pruh senzoru sníma pritom povrch Zeme v zvislom smere a druhý pruh senzoru sníma vo vhodne usporiadanom šikmom smere, v smere letu lietadla (Žihlavník, 2006).

3.3.6 Rádiometre

Rádiometer je prístroj na meranie množstva odrazeného alebo emitovaného žiarenia pomocou detektorov. Ak zachytí priestorové delenie žiarenia, hovorí sa o spektrorádiometri (spektrometer, spektrálny rádiometer). Ak zachytí priestorové členenie (smerové členenie) žiarenia, tak sa hovorí o zobrazujúcom rádiometri. Skenery sú v tomto zmysle zobrazujúce spektrálne rádiometre.

Pre terestrické podporné merania je geometrická rozlišovacia schopnosť často nepotrebná, pretože záujem je len na bodovom meraní. V tomto prípade sa používajú preto nezobrazujúce spektrorádiometre, ktoré sa skladajú z týchto častí:

-
- jeden alebo viacero detektorov, tzn. citlivé elementy (polovodičové prvky) na žiarenie, ktoré dopadajúci žiarivý tok premenia na elektrický signál (prúd, napätie);
 - optický systém k selekcii, príp. rozloženiu žiarenia (filter, hranol, optická ohybová mriežka);
 - tubus alebo iný optický systém k ohraničeniu priestorového uhla merania.

Detektory musia obsahovať svojou spektrálnou citlivosťou celú spektrálnu oblasť, na podporu ktorej sa vykonávajú rádiometrické merania (Žihlavník, 2006).

3.3.7 Globálny polohový systém (GPS)

GPS (Global Positioning System – Globálny polohový systém) je rádionavigačný systém vybudovaný na báze umelých družíc Zeme. Obecne sa pojmom GPS dá označovať každá technológia alebo systém pre družicovú navigáciu. Predovšetkým v dnešnej dobe je tento pojem výhradne užívaný ako synonymum pre americký systém NAVSTAR (NAVigation Satellite Timing And Ranging – Navigačné určovanie času a vzdialenosti pomocou družíc) (Žihlavník, 2004).

Základná metóda v navigácii tkvie v meraní tzv. pseudovzdialeností medzi používateľom a štyrmi družicami nad horizontom. Pri znalosti polohy družíc v geocentrickom súradnicovom systéme možno odvodiť súradnice antény prijímacej aparatúry (Žihlavník, 2004).

Systém GPS sa skladá z troch segmentov:

- vesmírny segment - sústava aktívnych a záložných družíc
- riadiaci segment – kontrola činnosti systému, určovanie a predpoveď dráh a vysielanie informácií do družíc
- používateľský segment – používatelia vybavený prijímačmi a softwarom GPS pre rozličné aplikácie.

1. Kozmická zložka je tvorená sústavou družíc, rozmiestnených na šiestich obežných dráhach vysielajúcich navigačné signály. GPS zaisťuje, aby sa na ľubovoľnom mieste na Zemi dali 24 hodín denne prijímať signály najmenej zo štyroch družíc. V súčasnosti obieha nad našimi hlavami 24 družíc na troch takmer kruhových dráhach vo výške asi 20 200 km s obežnou dobou 12 hodín. Družice sú vybavené veľmi presnými atómovými hodinami (oscilátorom), rádiovým vysielateľom a ďalšími pomocnými prístrojmi. Vysielajú rádiový signál

s presne definovanou frekvenciou. Navyše je do tohto signálu zakódovaný údaj družicových hodín a viacero ďalších informácií.

2. Riadiaca zložka je zodpovedná za plynulý chod celého systému. Táto zložka je tvorená systémom hlavnej riadiacej stanice, štyroch monitorovacích pozemných staníc umiestnených v rôznych častiach sveta a troch vysielacích staníc, ktoré komunikujú s družicami. Základnou úlohou je sledovanie družíc, určovanie ich dráh, synchronizácia družicových oscilátorov, riadenie manévrov družíc a odovzdávanie informácií o systéme družiciam, ktoré ich potom spätne vysielajú všetkým užívateľom. Hlavná riadiaca stanica bola pôvodne umiestnená v Kalifornii, dnes je v Colorado Springs. Monitorovacích staníc je celkovo päť. Každá z týchto staníc je vybavená veľmi presnými céziovými hodinami.
3. Užívateľská zložka je tvorená GPS prijímačmi, užívateľmi samotnými, vyhodnocovacími nástrojmi a postupmi potrebnými k vyhodnoteniu meraní. GPS prijímače vykonajú na základe prijatých signálov z družíc predbežné výpočty polohy, rýchlosti a času. Pre výpočet všetkých štyroch súradníc je potrebné prijímať signály aspoň zo štyroch družíc. Prijímače sa delia na jednokanálové a viacanálové. Jednokanálové prijímače sú vybavené len jedným vstupným kanálom, takže pri sledovaní viacerých družíc musia postupne prepínať tento vstupný kanál na jednotlivé družice (Žihlavník, 2004).

3.3.7.1 SKPOS- Slovenská priestorová observačná služba

SKPOS je realizovaná v sieti 21 referenčných staníc, ktoré sú osadené duálnymi prijímačmi signálov globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) v infraštruktúre virtuálnej rivátnej komunikačnej siete. Služba realizuje zabezpečenie záväzného geodetického systému ETRS89 pre výkon nielen geodetických, ale akýchkoľvek lokalizačných a navigačných prác. Je súčasťou činností správcu geodetických základov. SKPOS budovaná aj v rámci aktivít EUPOS obdobne ako je to u CZEPOSu (Ferianc, 2007).

3.3.7.1.1 Infraštruktúra SKPOS

Slovenská priestorová observačná služba - SKPOS je vybudovaná na nasledujúcej infraštruktúre:

- Legislatíva (zákony, smernice, štatúty, rozhodnutia, akty riadenia, štandardy),

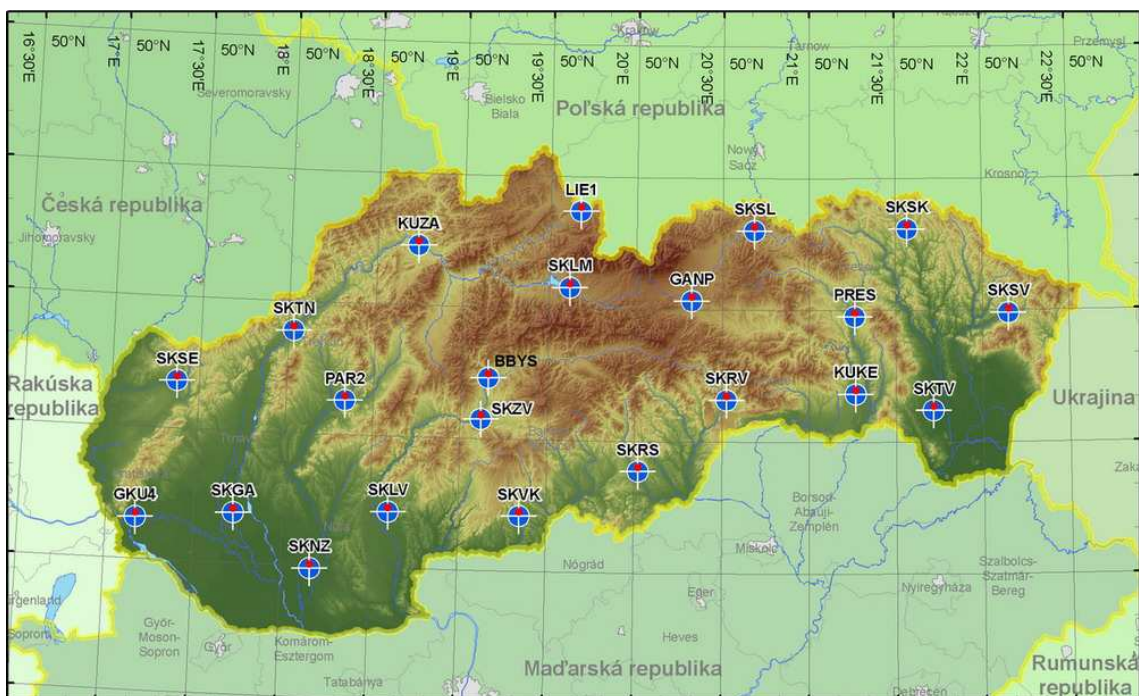
-
- Geodetické body, sieť 21 referenčných staníc, na ktoré boli postupne nainštalované duálne prijímače GNSS,
 - Rezortná virtuálna privátna sieť WAN zabezpečujúca komunikačné rozhranie na správu a prenos prvotných observovaných údajov z referenčných staníc do Národného servisného centra v GKÚ,
 - Národné servisné centrum SKPOS zriadené u správcu geodetických základov v GKU.
- Každá časť infraštruktúry je nedeliteľným prvkom, bez ktorého by SKPOS nemohla byť realizovaná (Ferianc, 2007).

3.3.7.1.2 Geodetické body SKPOS

Geodetické body sú osadené výhradne modulom nútenej centrácie a cez pevnú centračnú tyč sú stabilizované antény prístrojov GNSS. Body sú umiestnené prevažne na strechách budov Správ katastra. Z 21 referenčných staníc sa podarilo zatiaľ tri (Gánovce, Partizánske, Liesek) osadiť na piliere hĺbkovej stabilizácie, spĺňajúcich kritériá pre geodynamický monitoring. Externou stanicou je bod BBYS, ktorý zabezpečuje vojenský Topografický ústav v Banskej Bystrici. Stanice, body SKPOS sú zaradené do Štátnej priestorovej siete, kde tvoria triedu bodov „A“. Všetky stanice sú vybavené prijímačom Trimble NETR5 a anténou Zephyr Geodetic Model 2 schopných prijímať na 72-kanáloch signály L1, L2, L2C a L5 z družíc GPS NAVSTAR a L1, L2 z družíc GLONASS. Prístroje umožňujú priame pripojenie na WAN sieť cez port R-45. Na dvoch anténach musí byť pred inštaláciou zabezpečená absolútna kalibrácia na robote v nemeckej firme Geo++. Jedna z týchto antén je umiestnená na bode v Gánovciach (GANP), ktorý je bodom IGS a EPN (Klobušiak, 2006).

Referenčné stanice SKPOS tvoria „A“ triedu Štátnej priestorovej siete a zabezpečujú on-line realizáciu národného referenčného súradnicového systému ETRS89. Poloha referenčných staníc je vypočítaná softvérom Bernese pripojením prostredníctvom IGS staníc na medzinárodný terestrický referenčný rámec ITRF2000. Do spracovania sme zaviedli hodnoty variácií polôh fázových centier z absolútnej kalibrácie. Všetky referenčné stanice – body boli pripojené presnou digitálnou niveláciou k Štátnej nivelačnej sieti, čo umožnilo ich určenie v systéme Bpv a Ams. V Štátnej priestorovej sieti bolo v triede „C“ určených meraním cca 680 geodetických bodov, ktoré boli predtým určené v Štátnej trigonometrickej sieti. Cez tieto body sme určili sedem transformačných parametrov (model Burša - Wolf) globálneho transformačného kľúča

na transformáciu ETRS ↔ JTSK. Z rezíduí vytvorené digitálne modely DMRZ-JTSKB a DMRZJTSKL predstavujú hodnoty nehomogénnej deformácie vyše 60 rokov platnej realizácie S-JTSK. S ich pomocou možno pôvodnú realizáciu súradníc S-JTSK spresniť a tým zabezpečiť jednotnosť a spojitosť transformácií na celom území Slovenska pomocou jediného transformačného kľúča. Na prevod elipsoidických výšok na normálne výšky v systéme Bpv poskytuje GKÚ digitálny výškový referenčný model DVRM s krokom 600x600 m priamo v binárnom tvare požadovanom jednotlivými výrobcami hardvéru a softvéru. Tento digitálny model vznikol nafitovaním gravimetrického kvázi geoidu GMSQ03B na body Štátnej priestorovej siete so známou nivelovanou výškou určenou v Štátnej nivelačnej sieti (Ferianc, 2007).



Obrázok 3. Lokality referenčných staníc SKPOS, zdroj: Ferianc, 2007

3.3.8 Tachymetria

Tachymetria je meračská metóda, pri ktorej sa získavajú jedným zameraním z tachymetrického stanoviska prvky na určenie priestorových súradníc podrobného bodu, a to: dĺžka, vodorovný smer, výškový uhol, príp. priamo prevýšenie. Ide o súčasné určenie polohy aj výšky bodov v teréne. Poloha zameriavaných bodov sa vyjadruje polárnymi súradnicami (smerový uhol, vodorovná dĺžka), výšky bodov sa stanovujú zväčša trigonometricky. Tachymetria je plán obsahujúci polohopis a výškopis určitého územia.

Polohopis je obraz zemského povrchu, ktorý znázorňuje vzájomnú polohu predmetov merania a prešetrovania bez závislosti od terénneho reliéfu. Je to súbor zobrazených bodov, čiar a mapových značiek na mape.

Výškopis je obraz terénneho reliéfu na mape. Je to súbor vrstevníc, výškových bodov s ich výškovými kótami a výškopisných značiek, prípadne ďalší priestorovo pôsobiaci spôsob znázornenia terénneho reliéfu (Žihlavník, 2004).

3.3.8.1 Tachymetrické prístroje a pomôcky

Na tachymetriu sa môže použiť každý uhlomerný prístroj (teodolit, buzolový prístroj), ktorý je okrem zariadenia na meranie vodorovných a zvislých uhlov vybavený vhodným diaľkomerom. Keďže pre zobrazovanie polohy podrobných bodov v mape stačí uhlová presnosť okolo 1° (2°) a dĺžková presnosť približne 10 až 20 cm na 100 m a aj výšky týchto bodov sa zobrazujú s presnosťou len na 0,1 m, vyrábajú sa na tachymetrické účely špeciálne prístroje – tachymetre.

Nitkové tachymetre sú v podstate univerzálne teodolity s diaľkomerným nitkovým krížom. Osobitné nitkové tachymetre sa po rozšírení výhodnejších diagramových tachymetrov už nevyrábajú, no ich funkciu v plnom rozsahu zastávajú malé teodolity nižšej presnosti. Pri meraní nitkovými tachymetrami sa používajú obyčajné zvislé diaľkomerné alebo nivelačné laty. Nevýhodou nitkových tachymetrov je skutočnosť, že z čítaných údajov na prístroji sa musia hodnoty vodorovných vzdialeností a prevýšení dosť práce vypočítať podľa rovníc (Žihlavník, 2004).

Diagramové tachymetre sú v podstate teodolity vybavené diagramovým diaľkomerom. U nás sa najčastejšie používajú diagramové tachymetre značky Zeiss Dahlta 020a 010 so špeciálnou zvislou diaľkomernou latou. Výhodou diagramových tachymetrov je skutočnosť, že sa v prístroji priamo čítajú hodnoty vodorovných vzdialeností aj prevýšení (Žihlavník, 2004).

Elektronické tachymetre sú na meranie dĺžok vybavené elektrooptickým diaľkomerom. Ide buď o teodolity doplnené nasadzovacím elektronickým diaľkomerom, alebo o kompaktné elektronické diaľkomerné teodolity s prípadnou digitalizáciou všetkých čítaní (digitálne tachymetre), resp. s registračným zariadením čítaní (registračné tachymetre). Elektronické tachymetre sú veľmi presné a výkonné, a preto sa efektívne dajú využívať aj pri tachymetrii na rozsiahlych prehľadných územiach (Žihlavník, 2004).

Záver a návrhy na využitie výsledkov

Z praxe nám skúsenosti ukazujú, že pri vytváraní digitálneho modelu reliéfu je potrebné klásť zvýšené nároky na vstupné údaje. Kvalita vstupných údajov potom určuje to, akú kvalitu výstupných údajov môžeme zvoliť, aby sme splnili dané kritériá. Kvalitný digitálny model reliéfu je základom pre vytváranie a bezchybné použitie v environmentálnych analýzach a environmentálnom modelovaní. Takisto sa zvyšujú požiadavky na kvalitu DMR aj v technických aplikáciách. So zvýšeným záujmom o krajinné plánovanie je potrebné vytvoriť digitálne modely terénu s čo najväčším rozlíšením (10 metrov a menej). Na vytvorenie DMR takejto kvality sú potrebné presné a kvalitné vstupné údaje. Takéto rozlíšenie DMR by malo zatiaľ vyhovovať potrebám všetkých environmentálnych a plánovacích projektov súčasnosti.

Zber aktuálnych priestorových údajov o teréne poskytuje digitálna fotogrametria a najmä digitálny fotogrametrický systém ImageStation SSK, ktorý pracuje na platforme Windows NT. Tento systém umožňuje tvorbu DTM a sítě manuálnu aj automatickú, aerotrianguláciu, blokové zväzkové vyrovnanie, ako aj tvorbu ortofotomáp.

Spracované teoretické poznatky môžu slúžiť k lepšiemu pochopeniu problematiky získavania vstupných údajov pre tvorbu digitálnych modelov reliéfu.

Globálny polohový systém (GPS) je najprogresívnejšou metódou zberu pozemných dát pre určovanie polohy. GPS sa dá využiť na pevnine, na mori aj vo vzduchu. V zásade je použiteľný všade - výnimku tvoria miesta, kde nie je prístupný satelitný signál (jaskyne, tunely, podzemie, pod vodou...). Medzi najbežnejšie aplikácie patria: zememeračstvo, stavebníctvo, geofyzikálne výskumy, turistika, cestovanie, cyklistika, lov a rybolov, automobilová navigácia, logistika, rekreačná plavba ... GPS poslúži každému, kto potrebuje vedieť, kde sa práve nachádza alebo chce nájsť cestu k stanovenému cieľu.

Cieľom projektu SKPOS je vybudovať interoperabilné národné infraštruktúry služieb využívajúcich technológie GNSS. Súčasťou projektu je aj medzinárodná výmena prvotných údajov zo susedných národných referenčných staníc GNSS. SKPOS podobne ako CZEPOS je budovaný ako súčasť projektu EUPOS.

Zoznam použitej literatúry

1. ARONOFF, S. 1989. GIS A management Perspective, WDL Publications, Ottawa, 1989
2. BORROUGH, P.A. 1986. Principles of GIS for land resources assesment, Claredon Press, Oxford. 1986.
3. DOBOŠ,2009.
ftp://kemt.fei.tuke.sk/PristupoveSiete/_materialy/PrS_zadania0809/Dobos_GPS
4. FERIANC, D. – LEITMANNOVÁ, K. – ŠALÁTOVÁ, E., 2007. SKPOS – Slovenská priestorová observačná služba, Geodetický a kartografický ústav Bratislava, GEOS 2007.
5. HOFIERKA, J. 1998. Digitálny model reliéfu a jeho využitie.
www.pce.sk/clanky/body/body/zbor98/1.htm.
6. KRCHO, J. 1979. Reliéf ako priestorový subsystém geografických krajiny a ako kompletný digitálny model (KDMT), Geografický časopis, ročník 31, číslo 3. 1979.
7. MITÁŠOVÁ, I. – VEVERKA, B. – PEZLAR, Z. 1990. Základy teórie systémov a kybernetiky s aplikáciami v geodézii a kartografii, Alfa, Bratislava. 1990.
8. NEUMANN, J. 1996. Geografická informace, Ministerstvo hospodárstva ČR, Praha. 1996.
9. Přehled družic: WebMachinek Application for GISAT.
<http://www.gisat.cz/dpz/prehled/index.php> (2003-4-25).
10. ŠIMONIDES, I. 2000: Základy geografických informačných systémov. Skriptá, SPU v Nitre, VES SPU v Nitre, 2000.
11. TUČEK, J. 1998. GIS – Geografické informačné systémy. Praha: Computer Press, 1998.
12. TUČEK, J.: Niektoré možnosti využitia GIS v sprístupňovaní lesov. Geoinfo Slovakia `97, Zborník referátov, Bratislava 1997.
13. URBAN, J. 1988. Projekt II. – Práce s grafickou informací. Digitální model terénu, Doplňková skripta, ČVUT Praha, 1988.

-
14. WORBOYS, M., F. 1995. GIS: A Computing Perspective, Taylor&Francis, 1995.
 15. ŽIHLAVNÍK, Š., 2006. Mapovanie a diaľkový prieskum Zeme, Zvolen, 2006.
 16. ŽIHLAVNÍK, Š., 2004. Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve, 2004.
 17. http://fel.utc.sk/~nagy/BS/PDF/Fabik_Vyhl_aut.pdf
 18. ftp://kemt.fei.tuke.sk/PristupoveSiete/_materialy/PrS_zadania0809/Walkova_GPS
 19. ftp://kemt.fei.tuke.sk/PristupoveSiete/_materialy/PrS_zadania0809/Dobos_GPS
 20. Čerňanský, J., Kožuch M.: Metódy aktuálneho zberu polohovo lokalizovaných údajov o krajine ako podklad pre tvorbu databázy GIS, In.: Medzinárodná vedecká konferencia, "Teoreticko – metodologické problémy geografie, príbuzných disciplín a ich aplikácii", Prírodovedecká fakulta UK Bratislava 1999.
 21. Čerňanský, J., Kožuch M.: Digitálny fotogrametrický systém SSK, možnosti a prvé skúsenosti s jeho využitím pri zbere údajov do GIS, In.: 13. kartografické konferencia, Bratislava 1999
 22. Beata M.Csatho and Toni A. Schenk: Remote Sensing of Polar Regions Using Laser Altimetry, Archiv ISPRS, XVIII Congress, Volume XXXI, Part B1, Comm.1, pp. 42-47
 23. BOUCHER, C. – ALTAMIMI, Z.: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPScampaign. <ftp://ftp.epncb.oma.be/pub/general/papers/memo.pdf>
 24. KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K. – FERIANC, D : Jednotný prechod národných referenčných súradnicových a výškových systémov do ETRS89. In zborník referátov „Geodetické siete a priestorové informácie“, SSGK pri GKÚ, TOPÚ BB, 2005.
 25. KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K. – FERIANC, D.: S-JTSK a ETRS89: odhad transformačných parametrov metódou transformácie na povrchu elipsoidu stotožnením normál. Konferencia GPS+GLONASS+Galileo: nové obzory geodézie. Katedra geodetických základov SvF STU Bratislava, 2006.
 26. TARÁBEK, P. 2008. Automatická vektorizácia vstupných dát pre modely dopravných sietí. Ročník 3., Číslo 5., 2008