



Metódy tvorby geodetických podkladov na ochranu a rekonštrukciu objektov nehnuteľného kultúrneho dedičstva

Ján Ježko – Štefan Sokol – Marek Bajtala

Ing. Ján Ježko, PhD.
Katedra geodézie, Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11, 813 68 Bratislava 15
e-mail: jan.jezko@stuba.sk

Prof. Ing. Štefan Sokol, PhD.
Katedra geodézie, Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11, 813 68 Bratislava 15
e-mail: sokol@svf.stuba.sk

Ing. Marek Bajtala, PhD.
Katedra geodézie, Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11, 813 68 Bratislava 15
e-mail: marek.bajtala@stuba.sk

Muzeológia a kultúrne dedičstvo, 2014, 2:2:33-48

This paper discusses geodetic surveying by means of modern electronic total station and GNSS apparatus as employed in the survey of the cemetery „Zvonový vršok“ in Banská Štiavnica. Various options of 3D model creation by close-range photogrammetry and terrestrial laser scanner are analyzed with an eye towards their application to other similar scenarios in cultural heritage preservation.

Keywords:

3D models, maps, electronic tachymeter, GNSS (Global Navigation Satellite System), terrestrial photogrammetry, terrestrial laser scanning

Informácie o území sú dôležitým prvkom nielen v procese plánovania a realizácie dopravných, energetických, priemyselných, ekologických i občianskych stavieb, ale i v procese záchrany a ochrany historických objektov kultúrneho dedičstva. Aj v tomto procese je potrebné poznať priestorovú dimenziu – údaje o polohe a umiestnení týchto objektov na zemskom povrchu a o ich tvare a rozmeroch. Tieto procesy vyžadujú kvalitné mapové podklady, ktoré vzhľadom na súčasné trendy automatického projektovania sú najčastejšie realizované v digitálnej forme v prostredí vhodného interaktívneho grafického systému na PC v tvare 3D.

Dôvody pre dokumentáciu historických objektov kultúrneho dedičstva (vo forme digitálnych modelov) je niekoľko. Medzi tie najhlavnejšie patrí ich dokumentácia z pohľadu zachovania ich historickej výpovednej hodnoty a vizuálnej podoby, ich rekonštrukcia so zámerom začlenenia do prírodného a kultúrneho prostredia v danej lokalite či možnosti propagácie a prezentácie týchto historických objektov v tom istom čase na rôznych miestach (internet).



Technické podmienky tvorby geodetických podkladov

Na tvorbu geodetických podkladov v tvare 2D (účelových máp) alebo 3D (účelových máp s výškopisom) je nevyhnutné poznať technické podmienky ich tvorby, medzi ktoré patria hlavné technické parametre, kritériá presnosti a geometrický základ tvorby geodetických podkladov (polohové a výškové bodové pole).

V súčasnosti tvorené geodetické podklady majú najčastejšie formu digitálnej mapy. Výhodou digitálnej mapy je jednoduchá a kontinuálna zmena mierky. Vlastná kresba digitálnej mapy je bezmierková. Mierku má iba grafický výstup na monitore počítača alebo na tlačiarni, respektíve plotri. Zmenu mierky výstupu uskutočňujeme len nastavením mierky výstupnej kresby a zmenou veľkosti značiek a popisu. V prípade digitálnej kresby preto požadovaná mierka mapovania udáva najmä mieru podrobnosti zberu priestorových údajov pre tvorbu mapy. Geodetické podklady sa vyhotovujú v súradnicovom systéme JTSK a vo výškovom systéme Bpv. Použitý súradnicový a výškový systém sa vyznačí na všetkých výstupoch – digitálnych i analógových.¹

Geometrický základ tvorby geodetických podkladov

Geometrickým základom sú:²

- ZBPP body ŠTS,
- PBPP 1. až 3. triedy presnosti,
- body výškového bodového poľa (ide o trvalo stabilizované body základného a podrobného bodového poľa),
- pomocné meračské body určené geodetickými metódami priamo pri podrobnom meraní polohopisu (body sú väčšinou stabilizované dočasne).

Presnosť výsledných súradníc a výšok podrobných bodov mapy je daná presnosťou určenia ich súradníc a výšok. Vyjadruje sa vo vzťahu k blízkym bodom podrobného bodového poľa, prípadne základného bodového poľa.

Podrobné meranie polohopisu a výškopisu

Ako podrobné meranie polohopisu a výškopisu označujeme určovanie polohy a výšky predmetov merania voči stanovisku, respektíve určovanie ich priestorovej (3D) polohy v záväzných (zvolených) súradnicových systémoch.

Predmetmi merania všeobecne môžu byť nielen inžinierske objekty, ako stavebné objekty a zariadenia (obytné, účelové, priemyselné objekty, stavby trvalého charakteru pevne spojené so zemou), dopravné objekty a zariadenia (pozemné komunikácie, cestné komunikácie, železničné trate a vlečky, dopravné značky, rampy atď.), ale aj hranice rôzneho druhu (správne, hranice katastrálneho územia, hranice zastavaného územia záujmovej lokality, hranice pozemkov vymedzených právnymi vzťahmi a prirodzené objekty). Pre osobitné ciele – účelové mapy –

¹ SOKOL, Š. – JEŽKO, J. – BAJTALA, M.: Geodetické metódy zberu priestorových údajov. In: *Acta Montanistica Slovaca* 3/2007. Košice, 2007, s. 544-553.

² Tamže.





môžeme merať podľa požiadaviek odberateľa aj ekologické objekty, ale aj menšie technické objekty (vstupné šachty, kanalizácie, armatúry/šúpatká vodovodných a iných sietí, parkovú zeleň), prípadne iné objekty a predmety.

Pri podrobnom meraní priestorovej polohy bodov používame geodetické metódy, terestrické laserové skenovacie systémy alebo fotogrametrické metódy podľa vyžadovanej presnosti. Podľa členitosti územia, hustoty zástavby, frekvencie dopravy a mierky môžeme voľiť pri meraní polohopisu a výškopisu z geodetických metód:

- a) tachymetrickú metódu s použitím elektronických tachymetrov (elektronická tachymetria),
- b) metódy využívajúce GNSS.

Podrobné meranie polohopisu v súčasnej dobe reprezentuje hlavne elektronická tachymetria. Elektronické tachymetre umožňujú priamy automatický záznam meraných priestorových súradníc alebo záznam vypočítaných pravouhlých súradníc priamo na pamäťovú kartu alebo do ich pamäte.³

Elektronická tachymetria

Elektronická tachymetria je rýchla a výkonná meračská metóda, pri ktorej určujeme z jedného stanoviska súčasne polohu aj výšku bodov zemského povrchu. A to tak, že zo stanoviska prístroja meriame pre každý bod:

- *vodorovný uhol* ω , od zvoleného základného smeru dvoch známych v teréne stabilizovaných bodov, z ktorých jeden je stanoviskom prístroja,
- *výškový uhol* β , respektíve *zenitový uhol* z ,
- *vzdialenosť* s bodu od stanoviska prístroja.

Vodorovný a výškový uhol meriame teodolitom s minútovou presnosťou len v jednej polohe ďalekohľadu, čo vyžaduje dobre zrekifikovaný teodolit. Dĺžku možno merať nitkovým, diagramovým, respektíve elektronickým diaľkomerom, čím vzniká delenie tachymetrie na nitkovú, diagramovú a elektronickú. Princíp určenia priestorovej polohy podrobného bodu metódou tachymetrie znázorňuje obr. č. 1.

Rovinné súradnice podrobného bodu 1 určíme zo vzťahov:

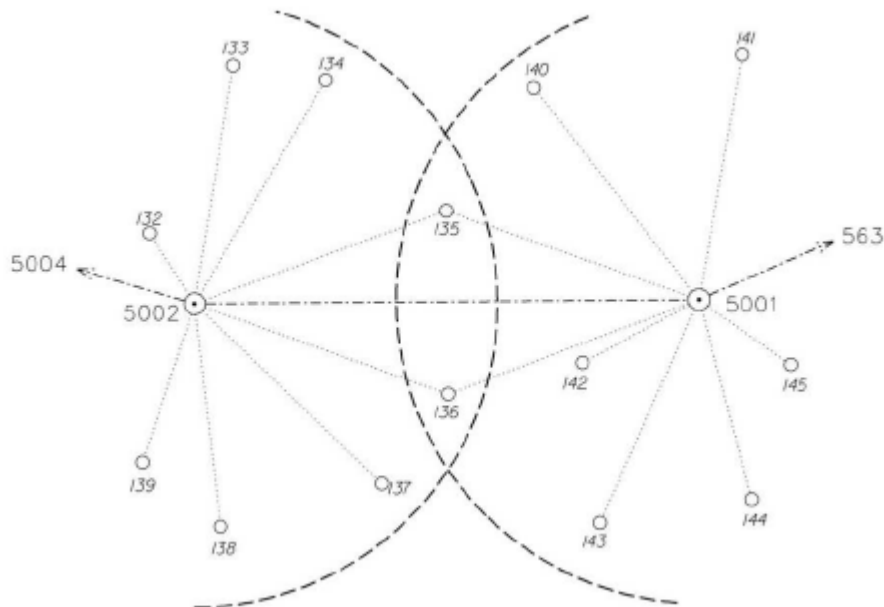
$$Y_1 = Y_{5001} + s \cdot \sin(\sigma_{5001-5002} + \omega), \quad (1)$$

$$X_1 = X_{5001} + s \cdot \cos(\sigma_{5001-5002} + \omega), \quad (2)$$

kde: Y_1, X_1 – súradnice podrobného bodu,
 Y_{5001}, X_{5001} – súradnice stanoviska,
 $(\sigma_{5001-5002} + \omega)$ – smerník na podrobný bod,
 s – vodorovná dĺžka.

³ Tamže.





Obr. č. 2: Kontrolné prekrytové body pri tachymetrii

Pri budovaní polohového a výškového bodového poľa môžeme využiť tiež družicové merania, a to statickú metódu a rýchlu statickú metódu.

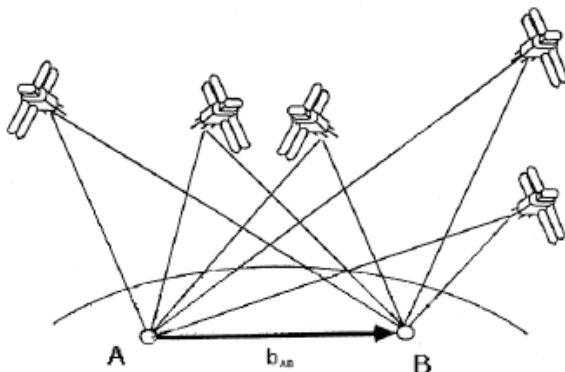
Metódy využívajúce GNSS – Kinematická metóda v reálnom čase (RTK)

Neustále väčší význam pre podrobné meranie terénu nadobúdajú merania pomocou GNSS (Globálny navigačný a satelitný systém). GNSS sú charakterizované ako družicové navigačné systémy, ktoré využívajú meranie času a pseudovzdialenosti. Tieto systémy pracujú na princípe priestorového pretínania z dĺžok. Meranou veličinou je doba šírenia signálu z družicovej antény k prijímacej anténe. Tento meraný čas je prepočítavaný pomocou rýchlosti šírenia signálu na vzdialenosť. Systém GNSS umožňuje v reálnom čase kedykoľvek a kdekoľvek určiť polohu prijímača v trojrozmerných súradniciach ako aj jeho rýchlosť v reálnom čase, avšak za určitých známych podmienok. Touto základnou podmienkou je, aby v každom mieste na Zemi vo výške 15° nad horizontom boli v každom okamihu pozorovateľné štyri a viacej družíc. Pri prijímaní signálu zo štyroch satelitov je už možné určiť aj nadmorskú výšku.

Pri tvorbe 3D modelu územia geodetickými metódami s družicovými meraniami sa rozumie určovanie polohy podrobných bodov s využitím GNSS. Určuje sa relatívna poloha pomocou fázových meraní, kde sú simultánne prijímané signály



vysielané družicami, umiestnenými na obežnej dráhe Zeme, na dvoch bodoch, pričom poloha jedného bodu musí byť známa. Výsledkom merania je v priestore orientovaný vektor základnice $\mathbf{b}$, ktorý má určené súradnice (obr. č. 3).



Obr. č. 3: Relatívne určenie polohy pomocou GNSS

Keďže kinematická metóda v reálnom čase je jednou z metód určovania relatívnej polohy pomocou fázových meraní, je vhodné pripomenúť základné princípy fázových meraní. Fázou Φ rozumieme bezrozmernú veličinu definovanú ako podiel časového intervalu $(t - t_0)$, počas ktorého dochádza k vlneniu, a periódy vlny P , čiže

$$\Phi = \frac{t - t_0}{P} = f(t - t_0), \quad (4)$$

kde f je frekvenciou vlnenia. Celočíselná časť Φ poskytuje informáciu o tom, koľkokrát sa opakovalo vlnenie v intervale $(t - t_0)$. Zlomková časť fázy Φ sa nazýva fázový posun Θ a je údajom o zlomku periódy. Určenie polohy pomocou fázových meraní využíva na určenie vzdialenosti medzi družicou a miestom pozorovania miesto kódov fázu, respektíve fázový posun Θ nosnej vlny. Získava sa porovnaním prijatej nosnej vlny z družice s referenčnou frekvenciou vytvorenou v prijímači jeho oscilátorom. Pretože sa pri určení fázy používajú nezosynchronizované časové systémy družice a prijímača, určuje sa fáza nosnej vlny, ktorá prekonala pseudovzdialenosť ρ . Princípiálne pseudovzdialenosť v určitom okamihu t pozostáva z celého počtu N vlnových dĺžok a vzdialenosti, ktorá je úmerná fázovému posunu Θ :⁴

$$\rho(t) = N\lambda + \Theta(t)\lambda, \quad (5)$$

z čoho:

$$\Theta(t) = \frac{1}{\lambda} \rho(t) - N = \frac{1}{\lambda} \rho(t) - N. \quad (6)$$

⁴ MELICHER, J. – GERHÁTOVÁ, L. *Kozmická geodézia*, Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2009.



Medzi skutočnou vzdialenosťou d a pseudovzdialenosťou platí:⁵

$$\rho(t) = d(t) + c(\delta - \delta^{SV}), \quad (7)$$

kde: c je rýchlosť svetla,
 δ je korekcia systémového času T_{GPS} na časový systém T_p hodín prijímača v určovanom bode,
 δ^{SV} je korekcia systémového času T_{GPS} na časový systém T_{SV} hodín družice.

Korekcie sú definované ako chyby hodín, preto ich musíme od meraných časov odčítať. Po dosadení (7) do (6) dostávame:⁶

$$\Theta(t) = \frac{1}{\lambda} (d(t) + c\delta - c\delta^{SV}) - N \quad (8)$$

V aplikácii na družicu j a bod A s uvažovaním pre oba objekty upraveného vzťahu (6) dostávame:⁷

$$\Theta_A^j = \frac{1}{\lambda} \left(\sqrt{(x_j - x_A)^2 + (y_j - y_A)^2 + (z_j - z_A)^2} + c\delta_A - c\delta^j \right) - N_A^j \quad (9)$$

Rovnica umožňuje určiť neznáme súradnice pozorovacieho miesta a korekcie hodín. Ťažkosť pri tomto spôsobe spočíva v odstránení dvojznačnosti (ambiguity), pretože sa na meranie využíva iba jedno vlnenie. Počet N celých vlnových dĺžok sa preto musí určiť špeciálnymi metódami alebo pomocou vopred známej vzdialenosti s presnosťou polovice vlnovej dĺžky nosnej vlny. Neužitočné parametre je výhodné eliminovať, alebo aspoň zmenšiť ich vplyv na užitočné parametre. Preto sa v relatívnych metódach neuplatňujú nediferencované merania, ale tvoria sa vhodné kombinácie, tzv. diferencie. Na jednu družicu (j) z dvoch pozorovacích miest A a B s využitím vzťahu (9) dostaneme:⁸

$$\Delta_{AB}^j = \frac{1}{\lambda} \left[\left(d_A^j(t) - d_B^j(t) \right) + c(\delta_A - \delta_B) - c(\delta^j - \delta^j) \right] - (N_A^j - N_B^j) \quad (10)$$

Vidíme, že sa z rozdielu fáz eliminovala korekcia hodín časového systému družice. Toto je tzv. jednoduché meranie fázového rozdielu, ktoré sa označuje ako jednoduché diferencie (obr. č. 4a). Vhodnejšie sú dvojnásobné diferencie, ktoré vznikajú pri simultánnom meraní dvoch družíc v dvoch pozorovacích miestach (obr. č. 4b), respektíve trojnásobné diferencie, ktoré vznikajú z dvoch dvojnásobných diferencií (obr. 4c).⁹

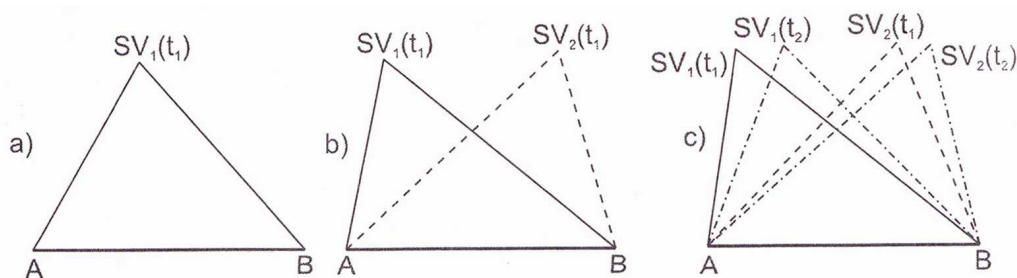
⁵ Tamže.

⁶ Tamže.

⁷ Tamže.

⁸ Tamže.

⁹ Tamže.

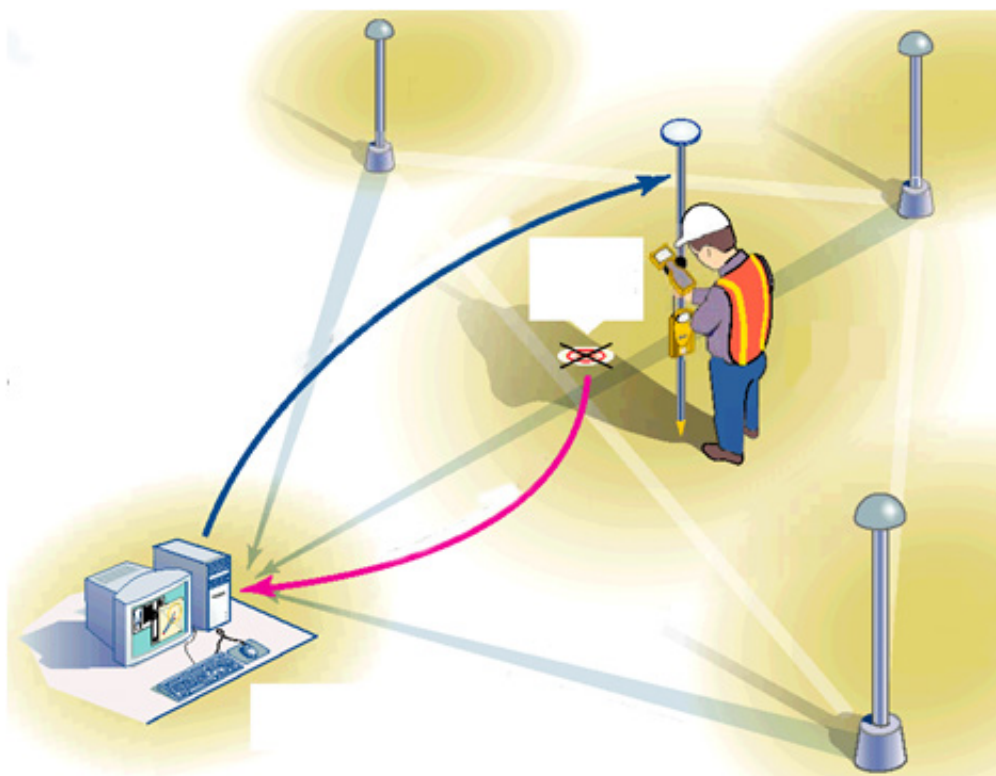


Obr. č. 4: Jednoduché, dvojnásobné a trojnásobné diferencie

Kinematická metóda v reálnom čase (Real Time Kinematics – RTK) umožňuje určiť polohu priamo pri meraní v teréne. Metóda vyžaduje dva prijímače. Jeden je referenčný nepohybujúci sa a druhý pohybujúci sa (rover). Medzi prijímačmi je trvalé rádiové spojenie prostredníctvom modemov. Fázové merania sa vykonávajú simultánne oboma prijímačmi. Údaje z referenčného prijímača sa prenášajú pomocou rádiového spojenia do pohybujúceho sa prijímača, ktorý má zabudovaný softvér na spracovanie fázových meraní. Takto pomocou vlastných a prijatých meraní z vytvorených diferencií a s využitím vysielaných efemeríd určuje vlastnú polohu. Pred meraním treba uskutočniť inicializáciu pohybujúceho prijímača, ktorá pri rýchlej statickej metóde na neznámom bode trvá niekoľko minút. Polohová presnosť závisí jednak od metódy, a tiež od vzdialenosti b medzi referenčným a pohybujúcim sa prijímačom. Udáva sa $5 \text{ až } 10 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \cdot b$. Dosah merania je $5 \text{ až } 10 \text{ km}$ od referenčnej stanice a závisí od hardvérového vybavenia na prenos údajov.¹⁰

Metóda RTK v klasickom ponímaní, s využitím individuálnej fyzickej stanice ako referenčnej stanice, sa v súčasnosti v praxi používa zriedka. Vzdialenosť medzi referenčnou stanicou a pohybujúcim sa prijímačom (roverom) je malá, čo poskytuje malú možnosť eliminácie systematických vplyvov (vplyv troposféry a ionosféry, multipath efekt). Náhradou je Slovenská priestorová observačná služba GNSS – SKPOS, tvorená sieťou permanentných referenčných staníc GNSS. Riešenie siete permanentných staníc umožňuje vygenerovať pomocou GPSnetu virtuálnu referenčnú stanicu v blízkosti polohy rovera, ktorý dostáva korekčné údaje vzhľadom na virtuálnu referenčnú stanicu v reálnom čase 365 dní v roku, 24 hodín denne (obr. č. 5). Meranie RTK s pripojením na sieť permanentných staníc poskytuje možnosť kontroly vnútornej integrity siete, efektívnejšiu elimináciu systematických chýb, ale hlavne vyššiu presnosť.

¹⁰ Tamže.



Obr. č. 5: Generovanie virtuálnej referenčnej stanice

Technológia GNSS je oproti klasickým geodetickým metódam veľmi úsporná a efektívna, avšak prvotné náklady sú relatívne vysoké. Všetky podrobné body sú merané relatívne, vzhľadom referenčnej stanici umiestnenej na bode so známymi súradnicami alebo s využitím služby permanentných staníc GNSS (SKPOS) na území SR. Meraním a spracovaním údajov (metódou real-time alebo postprocessing) pomocou príslušného softvérového programu dostávame priestorové súradnice podrobných bodov.

Pre zameranie detailov (náhrobných kameňov), ale i väčších stavebných objektov i objektov historického významu, ktoré bývajú súčasťou cintorínov, je možné v súčasnosti využiť i metódy blízkej fotogrametrie a terestrického laserového skenovania s následnou tvorbou 3D modelov týchto objektov.

Blízka fotogrametria

Použitie fotogrametrie je v tomto smere výhodné z pohľadu využívania cenovo dostupných digitálnych kamier strednej triedy. Postačujúcu kvalitu po príslušnej kalibrácii (určení prvkov vnútornej orientácie kamery) zabezpečujú už aj fotogrametrické kompakty v hodnote do 300 EUR. Každopádne v závislosti od kvality požadovanej textúry, jej vysokého rozlíšenia, geometrie snímok, a teda aj kvality požadovaných výstupov je potrebné brať ohľad aj na použitie profesionálnej





techniky a prípadne siahnuť po digitálnych zrkadlovkách s rozlíšením 20 a viac megapixelov. Práca v teréne je obmedzená na minimum času v porovnaní s inými geodetickými metódami, hlavnú časť procesu totiž pri fotogrametrii tvorí vždy predovšetkým spracovanie vyhotovených snímok v príslušnom fotogrametrickom softvéri.¹¹

Pri spracovaní sa využíva softvér Photomodeler Scanner, ktorý okrem použitia najbežnejších fotogrametrických metód, ako sú jednosnímková a konvergentná fotogrametria, ponúka aj možnosť procesu DSM (dense surface modeling), kde je na základe obrazovej korelácie medzi dvoma snímkami možné vypočítať priestorové mračno bodov charakterizujúce snímkovaný objekt príklad dokumentácie náhrobného kameňa (obr. č. 6).



Obr. č. 6: Orosnímková náhrobnej platne podľa HALIČKOVÁ, J. - MARČIŠ, M., ref.11

Terestrické laserové skenovanie

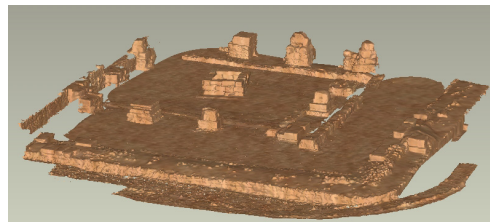
Terestrické laserové skenovanie je v súčasnosti často využívaná metóda v geodézii pri tvorbe 3D modelov. Nachádza uplatnenie pri tvorbe modelov historických objektov či umeleckých predmetov. Terestrické laserové skenovanie pracuje na princípe priestorovej polárnej metódy, pričom sa neurčuje priestorová poloha charakteristických bodov objektu, ale na objekte je neselektívne zamerané veľké množstvo bodov rozmiestnených v pravidelnom uhlovom rastru. Výsledkom merania je tzv. mračno bodov, ktoré s vysokou detailnosťou zachytáva skenovaný objekt. Na tvorbu modelu z mračna bodov sa využívajú softvéry, ktoré sú schopné mračnom bodov preložiť plochu, tvorenú buď trojuholníkovou sieťou, NURBS plochami, alebo jednoduchými matematicky preddefinovanými telesami (roviny, guľa, kváder, valec, kužeľ, ihlan).¹² Príklad zamerania a vytvorený 3D model je na obr. č. 7.¹³

¹¹ HALIČKOVÁ, J. – MARČIŠ, M.: Dokumentácia pamiatkových objektov blízko fotogrametriou a laserovým skenovaním. In: *Geodézia, kartografia a geografické informačné systémy 2010* [CD-ROM]. Košice: F BERG TU, 2010, 6 s.

¹² Tamže.

¹³ Podľa HALIČKOVÁ, J. – MARČIŠ, M., ref. 11.





Obr. 7: Hradby (hore), mračno bodov (dole vľavo) a 3D model (dole vpravo)

Tvorba geodetických podkladov v lokalite „Zvonový vršok“ v Banskej Štiavnici

Banská Štiavnica patrí historicky k najzaujímavejším mestám na Slovensku. V roku 1993 získala najvyššie medzinárodné uznanie zapísaním historického jadra mesta spolu s technickými pamiatkami v okolí na Listinu svetového kultúrneho dedičstva UNESCO. Archeologické nálezy v okolí mesta (na vrchu Glanzenberg) dokazujú, že prvotné baníctvo sa na území dnešnej Banskej Štiavnice rozvíjalo už v období keltského osídlenia. Dejiny mesta sa začali písať od roku 1238, keď boli Banskej Štiavnici udelené privilégia kráľovského mesta.¹⁴

V 18. storočí bola Banská Štiavnica tretím najväčším mestom v Uhorsku. Významným medzníkom v histórii mesta bolo zriadenie Baníckej akadémie v roku 1762. Bola to prvá vysoká škola technického charakteru na svete a mesto sa stalo centrom banskej vedy a techniky v Európe. S menami profesorov tejto školy sú spojené mnohé európske i svetové prvenstvá v oblasti vedy a techniky. Vybudovaný banský vodohospodársky systém vodných nádrží – tajchov je jedinečný svojím poslaním i technickým riešením.

Zaradenie objektov historických cintorínov do projektu tvorby metodiky riešiacej obnovu a rekonštrukciu objektov kultúrneho dedičstva možno preto považovať za viac ako symbolické.

¹⁴ Podrobnejšie napríklad na www.bstiaavnica.pagestory.sk.



Tvorba geodetických podkladov v uvedenej lokalite pozostávala:¹⁵

- z vybudovania podrobného polohového a výškového bodového poľa,
- z priestorového zamerania podrobných bodov v záujmových lokalitách cintorínov,
- z výpočtu priestorových súradníc podrobných bodov,
- vyhotovenia vrstevnicového plánu,
- tvorby účelovej mapy v tvare 2D a 3D.

Celá lokalita sa skladá z troch samostatných cintorínov (obr. č. 8):

A) katolícky – „Predný“, parc. č. 4041,

B) evanjelický – „Brána pokoja“, parc. č. 4009,

C) katolícky – „Zadný“, parc. č. 4372.



Obr. č. 8: Lokalita „Zvonový vršok“ (Autori Š. Sokol, J. Ježko, M. Bajtala)

Meračské práce boli realizované v 3. triede presnosti (3TP) v súradnicovom systéme S-JTSK prístrojom TOPCON GTS 6A s internou registráciou a metódou GNSS prístrojom TRIMBLE GNSS R6.¹⁶

¹⁵ SOKOL, Š. – JEŽKO, J. – BAJTALA, M.: Špecifiká geodetického zamerania Prírodných cintorínov. In: *Cintoríny v kontexte kultúrneho dedičstva. Medzinárodná vedecká konferencia*, Banská Štiavnica, 2009. STU v Bratislave, SR, 2009, s. 31-36.

¹⁶ Tamže.



Základné charakteristiky použitej prístrojovej techniky

Univerzálny merací prístroj - TOPCON GTS 6A:



- presnosť meranej dĺžky: $m_D = 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$,
- presnosť meraného uhla (podľa DIN 18723):
 $m_r = 15 \text{ mgon}$ (GTS6 – 6 mgon),
 - dosah diaľkomera:
1 zrkadlo 1600 – 1800 m,
3 zrkadlá 2200 – 2500 m,
9 zrkadiel 2800 – 3400 m,
 - hmotnosť: 6,9 kg,
 - batéria: držiadlová BTOQ (asi 6 hod. prevádzky),
 - ďalekohľad: zväčšenie 30-násobné,
 - citlivosť libely: alidádová $30''$, kruhová $10'$,
 - pamäťová karta: 64 Kbyt, (asi 1000 bodov).

Prijímač TRIMBLE GNSS R6 :



72 kanálov GPS L1 C/A kód, L2C kód, plná fáza L1/L2/L5 GLONASS L1 C/A kód, L1 P kód, L2 P kód, plná fáza L1/L2. Odolný a kompaktný prijímač - integrovaný GNSS prijímač, anténa, rádiomodem (alebo GSM/GPRS modem) a vymeniteľná Li-Ion batéria.

Hmotnosť: celý systém je umiestnený na výtyčke a kompletný RTK rover 3,71kg. Interná pamäť v prijímači – pre postprocesné meranie možno dáta ukladať priamo do prijímača (302 hodín merania pri 6 družiciach a 15s intervale).

Kontrolná jednotka – operačný systém Windows CE.NET, farebný dotykový grafický displej, aktívne dxf súbory, vodotesná, odolná pádu z 1,3 m.¹⁷

¹⁷ Tamže.

Podrobné meranie a tvorba 3D mapových podkladov

Priestorové určenie podrobných bodov terénu, rohov hrobov, stavebných objektov, plotov, stromov a zelene v uvedených lokalitách bolo realizované metódou elektronickej tachymetrie s prístrojom TOPCON GTS 6A s priamou registráciou parametrov potrebných k výpočtu súradníc podrobných bodov pre potreby automatizovaného (kódového) zberu priestorových informácií.

Tabuľka č. 1: Počet zameraných bodov v jednotlivých lokalitách – cintoríny na „Zvonovom vršku“

Lokalita cintorín	Počet bodov podrobného bodového poľa	Celkový počet podrobných bodov	Počet bodov na hroboch a pomníkoch	Počet ostatných bodov (zeleň, hranice, terén a iné objekty)
A	9	1690	1378	312
B	10	981	687	294
C	5	661	509	152
Spolu	24	3332	2574	758

Spracovanie meraní a následná tvorba mapových podkladov bolo realizované v počítačovom prostredí programovým systémom WKOKES s grafickým výstupom 2D kresby (obr. č. 9). Vytvorenie 3D kresby bolo riešené v grafickom prostredí MicroStation s nadstavbou Terramodeler. Nakoniec bol realizovaný export do formátu dwg (AutoCAD) na pamäťové médium.



Obr. č. 9: Ukážka spracovaného mapového podkladu



Záver

Tvorba geodetických podkladov pre potreby kultúrnej a technickej rehabilitácie historického cintorína „Zvonový vršok“ v Banskej Štiavnici môže mať výstup vo forme účelovej mapy – grafický, číselný alebo v súčasnosti najčastejšie požadovaný – digitálny v tvare 2D, alebo 3D. Príspevok poukazuje iné geodetické metódy a možnosti tvorby modelov územia (2D, 3D) i historických artefaktov (hroby, pomníky, historické stavebné objekty) zaujímavých i z pohľadu zapojenia takýchto historických lokalít do lokálnych i regionálnych plánov hospodárskeho a sociálneho rozvoja.

Na základe dosiahnutých výsledkov, ale aj výsledkov z iných realizovaných meraní a projektov, možno skonštatovať, že ponúkané a realizované technológie merania a spracovania i použité prístroje spĺňajú požiadavky na kvalitu i efektívnosť tvorby geodetických podkladov pre rôzne účely hospodárskej, technickej činnosti i činnosti pre potreby rekonštrukcie objektov kultúrneho dedičstva.

Geodetic Surveying Methods for the Purposes of Protection and Reconstruction of Immovable Cultural Heritage

Ján Ježko – Štefan Sokol – Marek Bajtala

Summary

In this paper, we have discussed the methods used in geodetic survey of the historical cemetery „Zvonový vršok“ in Banská Štiavnica for the purpose of its cultural preservation and technical restoration. We have analyzed various forms of resulting data output, such as graphical, numerical or the currently most popular 2D and 3D formats and showed the application of other geodetic and (2D and 3D) modelling methods to historical artifacts such as graves, memorials or any similar structures which may play an important role in local and regional economic and social development.

Based on data from this and other surveys and projects, we feel confident in concluding that the methods described here as well as the devices used fulfill all quality and effectivity standards demanded by various areas and fields of application, including the reconstruction of immovable cultural heritage objects.



Použitá literatúra a pramene

- HALIČKOVÁ, J. – MARČIŠ, M.: Dokumentácia pamiatkových objektov blízkou fotogrametriou a laserovým skenovaním. In: *Geodézia, kartografia a geografické informačné systémy 2010* [CD-ROM]. Košice: F BERG TU, 2010, 6 s. ISBN 978-80-553-0468-7.
- MELICHER, J. – GERHÁTOVÁ, E. *Kozmická geodézia*. Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2009, ISBN 978-80-227-3162-1.
- SOKOL, Š. – JEŽKO, J. – BAJTALA, M.: Geodetické metódy zberu priestorových údajov. In: *Acta Montanistica Slovaca 3/2007*. Košice, 2007, ISSN 1335-788, s. 544-553.
- SOKOL, Š. – JEŽKO, J. – BAJTALA, M.: Špecifiká geodetického zamerania Prírodných cintorínov. In: *Cintoríny v kontexte kultúrneho dedičstva. Medzinárodná vedecká konferencia*, Banská Štiavnica, 2009. STU v Bratislave, SR, 2009, ISBN 978-80-227-3350-2, s. 31-36.
- www.bstiavnica.pagestory.sk