

Optimalizace přirozeného horizontu v lokalitě Hvězdárny a planetária J. Palisy v Ostravě – Krásném Poli

Lenka Vlčková¹

¹ The Institute of Geodesy and Mine Surveying, HGF, VSB - TUO, 17. listopadu 15,
708 33, Ostrava - Poruba, Czech Republic
lenka.vlckova.st2@vsb.cz

Abstrakt. Diplomová práce pojednává o propojení geodetických metod s metodami aplikované v prostředí GIS. Jedná se o geodetické zaměření zájmové oblasti a tvorbu prostorového modelu lokality Hvězdárny a Planetária Johanna Palisy v Ostravě – Krásném poli, včetně jejího začlenění do lesního porostu. Scéna je následně rozšířena o optimalizaci přirozeného horizontu. Což představuje vizualizaci elevačních úhlů, jako simulaci pozorování, vycházející z místa stanoviště hvězdářského dalekohledu. Tzv. model optimalizace přirozeného horizontu slouží pro prostorovou názornost všech překážek bránící v observaci z obou pozorovacích kopulí, které se na hvězdárně vyskytují.

Klíčová slova: Hvězdárna a planetárium J. Palisy v Ostravě, GPS, S-JTSK, trigonometrie, tachymetrie, digitální model terénu, ArcGIS 9.X Desktop, Google SketchUp, prostorový model přirozeného horizontu, schéma observačních podmínek kopulí.

Abstract. The thesis treat of the connection of geodetic methods with the methods applied in GIS environment. The work is about geodetic survey of the interest area and the realisation of the space model of the Observatory and Planetarium of Johann Palisa in Ostrava – Krásné Pole, included its incorporation to the vert. The scene is subsequently extended in the optimization of the natural backdrop, which presents the visualization of the elevation angles as a malingering observe, flowing from the position of astronomical binoculars. So-called model of the natural backdrop optimization is used for the spatial plasticity of all obstacles obstructs in the observation from both observation dome that occur on the observatory.

Keywords: The Observatory and Planetarium of J. Palisa in Ostrava, GPS, S-JTSK, trigonometry, tacheometry, digital model of Terrain, ArcGIS 9.X Desktop, Google SketchUp, spatial model of natural horizon, scheme of observation requirement of cupolas.

1 Úvod

Modelování v 3D má v současné době velké perspektivy, jelikož dokáže vizuálně zobrazit dříve neřešitelné úlohy. Umožňuje náhled, lepší poznání našeho světa nebo dokumentaci prostředí.

Díky značně vzrostlým stromům v okolí Hvězdárny a Planetária Johanna Palisy v Ostravě – Krásném Poli (dále jen HaP) nejsou vhodné observační podmínky pro astronomické pozorování. Proto je v plánu kácení některých stromů lesního porostu.

VŠB – TU Ostrava přijala od HaP požadavek vyhotovit trojrozměrný model zájmové oblasti, včetně modelu viditelnosti v různých úhlech pozorování.

HaP spadá pod Vysokou školu báňskou – technickou univerzitu Ostrava. Nachází se na západním okraji města, mezi Porubou a Krásným Polem. Sál planetária je třetím největším v České Republice a pro veřejnost je hvězdárna přístupná od roku 1980.

Úkolem této diplomové práce je vyhotovení prostorového modelu HaP a jejího přilehlého okolí, včetně začlenění do lesního porostu. Druhý, prostorový model přirozeného horizontu bude představovat kužely vycházející z míst hvězdářského pozorování a budou protínat veškeré objekty bránící v observaci. Pro přehlednost bude využita jako podklad katastrální mapa, do které budou zakresleny půdorysy kuželů. Důvodem bude majetkoprávní vyrovnání s vlastníky dotčených parcel kácení. Prostorovému modelu lokality bude předcházet použití celé řady geodetických metod pro získání dat. Metody měření je nutné volit tak, aby byla dodržena přesnost kódu kvality 3 pro mapování.

2 Použité technologie

2.1 GPS

Globální polohové a navigační satelitové systémy (GNSS) jsou družicové rádiové systémy, které slouží ke stanovení geografické pozice a navigování přijímače kdekoli na světě. Celý název GPS zní NAVSTAR GPS, je to navigační systém, kterým pomocí potřebného zařízení můžeme určit naši polohu kdekoli na Zemi.

Struktura systému

Systém GPS se skládá ze tří segmentů

- Kosmický segment - 24 družic (z toho 4 jsou záložní). Oběžné dráhy mají stálou polohu vůči Zemi
- Řídící segment - tvořen jednou hlavní stanicí a soustavou pěti monitorovacích stanic, které jsou rozmístěny po celé Zemi.
- Uživatelský segment – složen z GPS přijímačů [7]

Faktory ovlivňující přesnosti určování polohy a času

- Stav družic
- Geometrické uspořádání viditelných družic
- Vliv ionosféry a troposféry
- Chyby hodin družice a přijímače
- Vícecestné šíření
- Efemeridy družic
- Anti-Spoofing [5]

Geodetická měření s GPS

V geodézii se měří relativní poloha přijímačů, kdy současně měří minimálně dva přijímače. Ve většině případů jsou využívána fázová měření.

Metody měření:

- Statická metoda
- Rychlá statická metoda
- Kinematická metoda
- RTK [7]

Přístrojové vybavení

K měření metodou GPS byly použity dvoufrekvenční přijímače Leica System 500.

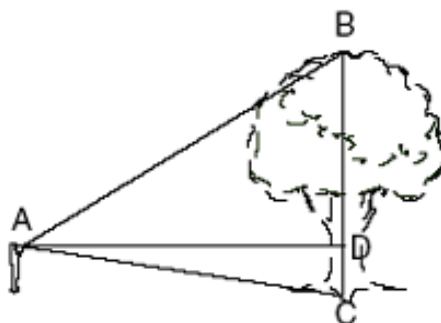
2.2 Laserový dálkoměr

Veškeré měření výšek stromů, popř. keřů bylo prováděno pomocí laserového dálkoměru IMPULSE-LR.

Laser Technology, Inc. Impulse dovoluje rychlé měření vzdáleností, výšky a vertikálního úhlu. Vyznačuje se snadnou ovladatelností pomocí tří tlačítek a zacílení díky laserové stopě [3].

Výsledná přesnost v měření výšek stromů je horší než při použití modu „nepřístupná výška“ u totální stanice, ale tato nevýhoda je však kompenzována tím, že měření je rychlejší a pro tento účel postačující.

Výška stromů se určuje pomocí trojúhelníků, které jsou zřejmé z obrázku č. 1



Obrázek 1 - Princip určení výšky stromů [3]

2.3 Totální stanice Leica TCR 307

Elektronický tachymetr Leica TCR 307 slouží pro běžné geodetické práce. Je opatřen nekonečnou horizontální a vertikální ustanovkou a laserovou olovníci pro dostředění přístroje. Viditelný laserový paprsek umožňuje i měření bez odrazného hranolu do vzdálenosti 80m. Přesnost dálkoměru je při běžném měření 2mm+2ppm.

3 Výběr programových produktů

Programy, které byly použity pro plánování, výpočet, kontrolu, a tvorbu modelů.

3.1 Plánovací programy

Planning

Program Planning slouží ke zjištění polohy družic v daném čase a na daném území pomocí nadefinovaných zeměpisných souřadnic a udaného chtěného času měření. Vhodný čas měření si zvolíme pomocí grafů DOP, viditelnosti družic, prostorového rozmístění družic na obloze (Sky Plot) aj

3.2 Výpočetní programy

SKI-Pro

Naměřená data metodou GPS byla zpracována a vyrovnána v programu SKI-Pro Application v 2.5 firmy Leica

Groma v. 7.0

GROMA je geodetický výpočetní program české firmy Geoline, spol. s.r.o. určený k řešení všech základních geodetických úloh.

3.3 Grafické programy

MicroStation SE

MicroStation SE od firmy Bentley Systems Inc. je určen pro 2D kreslení, 3D modelování budov a jejich vizualizaci. MicroStation je vhodný pro tvorbu technických výkresů v oblasti geodézie, strojírenství, stavebnictví aj.

ArcGIS 9.2 Desktop

ArcGIS 9.2 Desktop (dále jen ArcGIS) je název programu firmy ESRI, který je světovým výrobcem software pro geografické informační systémy. ArcGIS poskytuje kompletní software pro GIS.

Produkty ArcGIS jsou tvořeny integrovanými aplikacemi: ArcCatalog, ArcMap, ArcScene aj.

Google SketchUp v.5

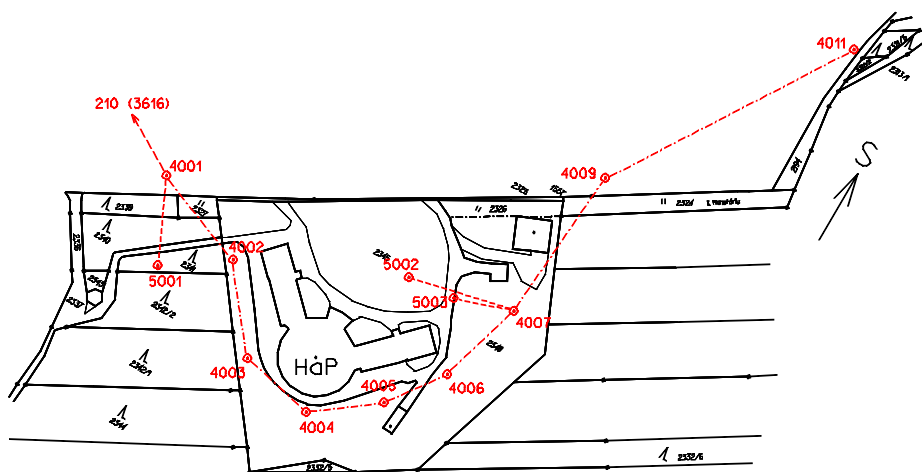
SketchUp je produkt firmy @Last Software. Program umožňuje nejen vytvářet 3D objekty a jejich povrch texturovat, ale umožňuje také geografické umístění kdekoli na Zemi prostřednictvím Google Earth a propojení se softwarem GIS. Je možné využít import 3D modelů do prostředí ArcGIS 3D Analyst, kterého bylo v této diplomové práci využito [2]

4 Vlastní měření

Pro co nejefektivnější sběr dat v terénu probíhal několika metodami.

4.1 Rekognoskace terénu, stabilizace bodů PPBP

Před zahájením vlastního měření a volbou měřických bodů bylo třeba rekognoskovat terén. Měřické body měli být voleny s ohledem na vzájemnou přímou viditelnost, a s co největším záběrem měřeného terénu. Celkem bylo stabilizováno 10 bodů polygonového pořadu a dva body rajonu. Stabilizace bodů podrobného polohového bodového pole byla provedena pomocí dřevěných kolíků.



Obrázek 2 - náčrt polygonového pořadu

4.2 Připojení PPBP metodou GPS

Připojení PPBP bylo provedeno statickou metodou GPS za účelem určení souřadnic počátečního a koncového bodu polygonového pořadu v S-JTSK. Do vlastního určení souřadnic polygonového pořadu byla zahrnuta technologie GPS z důvodů nedostatečného počtu bodů v blízkosti HaP o známých souřadnicích S-JTSK. Výchozí bod byl použit trigonometrický bod č. 1 (3616), nacházející se v areálu VŠB - TU Ostrava. Určované body (4001, 4011) jsou krajní body polygonového pořadu, které jsou součástí PPBP.



Obrázek 3 - Vybrané body pro transformační klíč a body určované

Tabulka 1 - souřadnice bodů v S-JTSK, jejich přesnosti

Č. bodu	Přesnost [m]		
	polohová	ve výšce	celková
1 (3616)	0,0000	0,0000	0,0000
208 (3616)	0,0033	0,0079	0,0086
209 (3616)	0,0031	0,0061	0,0069
210 (3616)	0,0052	0,0087	0,0101
254 (2720)	0,0030	0,0057	0,0065
284 (3611)	0,0026	0,0054	0,0060
4001	0,0075	0,0116	0,0138
4011	0,0070	0,0119	0,0138

4.3 Určení souřadnic zbylých bodů podrobných bodů bodového bodového pole (PBPP)

Určení souřadnic bodů podrobného bodového polohového pole bylo provedeno polygonovým pořadem. Výšky jednotlivých bodů byly určeny trigonometricky. Měření úhlů a délek bylo prováděno pomocí elektronického tachymetru Leica TCR 307.

Zaměření polygonového pořadu a rajónu

Polygonový pořad slouží k určení souřadnic bodů bodového pole. V tomto případě se jedná o polygonový pořad oboustranně připojený a jednostranně orientovaný. Pořad byl veden mezi body, jejichž souřadnice byly určeny metodou GPS.

Samotnému měření v terénu předcházela rozbor přesnosti před měřením. Z daných přesností a odchylek vyplývajících z použitého přístroje a z polohové odchylky bodu dané kódem kvality 3 (přesnost pro běžné geodetické práce) byl určen typ měření v polygonovém pořadu. Přesněji se jednalo o určení počtu skupin, ve kterých by mělo probíhat měření. Pro zachování požadované přesnosti, měření bylo provedeno v jedné skupině, neboli ve dvou řadách).

Bodové pole bylo doplněno o body rajónu z důvodu nutnosti zaměření prvků terénu, které by z bodů bodového pole nebyly viditelné.

Opravy délek:

- o fyzikální redukce (z teploty a tlaku)
- z kartografického zkreslení (redukce délky do zobrazovací roviny S-JTSK)
- z nadmořské výšky (měřená délka v nadmořské výšce se při promítnutí do nulového horizontu zkrátí v důsledku sbíhavosti tížnic) [6]

Výškové zaměření PBPP

Byla použita metoda trigonometrické nivelace. Trigonometrické měření výšek je nepřímý způsob určování výšek. Výškový rozdíl určujeme pomocí řešení pravoúhlého trojúhelníka, v němž známe vodorovnou nebo šikmou délku a výškový úhel. U vzdáleností nad cca do 200m je třeba zohlednit vliv zakřivení zemského povrchu a refrakce.

Při srovnání vypočtené a střední souřadnicové odchylky bodu, se došlo k závěru, že vypočtená souřadnicová odchylka je menší než střední souřadnicová odchylka, a tudíž měření v kódu kvality 3 vyhovuje [1].

4.4 Tachymetrické zaměření polohopisu a výškopisu

Polohopis a výškopis byl zaměřován současně. Měření vycházelo z dříve zbudovaného PPBP a rajónů. Pro měření bylo použito taktéž elektronického tachymetru Leica TCR 307. Podrobné body byly měřeny polární metodou a voleny tak, aby byl vhodně vystižen terén včetně prvků polohopisu pro následné vyhotovení digitálního modelu terénu.

4.5 Souřadnice PBPP, bodů rajónů a podrobných bodů

Veškeré souřadnice bodů byly spočteny v geodetickém výpočetním programu Groma v.7 v platném souřadnicovém systému S-JTSK. Body byly určeny v kódu

kvality 3 [1], [8]. Rozsah měření podrobných bodů byl vztažen k areálu Hvězdárny a planetária J.P. a jeho přilehlému okolí.

5 Tvorba digitálního modelu terénu

5.1 Vytvoření vrstev

Vrstvy byly vytvořeny z naměřených hodnot. Body definované souřadnicemi Y, X, Z uložené ve formátu .txt bylo možné načíst do prostředí ArcMap. Pro další práci s body, bylo třeba je převést do formátu .shp (shapefile). Shapefile je vektorový datový formát pro programy geografických informačních systémů. Vytvořila ho firma ESRI jako otevřenou specifikaci pro datovou komunikaci mezi ESRI a dalšími softwarovými produkty.

Každá vrstva byla definována v S-JTSK.

5.2 Generování TINu

Generování TINu se provádí pomocí rozšíření 3D Analyst, které se aktivuje buď v programu ArcGIS nebo v ArcScene. Pomocí funkce Create TIN from features, kde se zadá cesta k datům, se nadefinuje z čeho bude terén vytvořen. Jako vstupní data je možné načíst třídu bodových, liniových i polygonových geoprvků.

Zobrazení vrstev přes povrch terénu působilo značné problémy při vizualizaci. Při pohledu na scénu z určitých úhlů byla polygonová vrstva „utopená“ v TINu, ztrácela se (viz obrázek č. 4).



Obrázek 4 - "utopená" polygonová vrstva v TINu (vlevo), TIN s texturami podle hodnot tag (vpravo)

Problém byl řešen pomocí hodnoty tag, která se zadá polygonové vrstvě při generování TINu. Hodnota tag představuje atribut datového typu integer (konkrétní

mnou zvolené číslo pro každý polygon zvlášť), podle kterého je možné si nastavit různé textury TINu [4].

5.3 Povrchové objekty

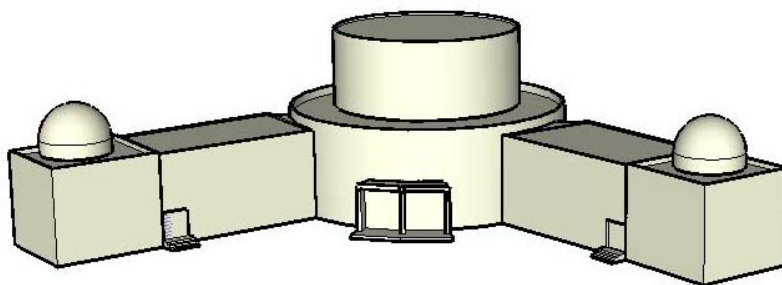
Jednalo se o vegetaci, která byla mapována v rámci měření podrobných bodů. Výška stromů byla určena pomocí laserového dálkoměru.

Atributové tabulky **Vegetace** (stromy popř. keře) obsahovali souřadnice (Y, X, Z) určující polohu stromu popř. keře, názvy kultur a jejich výšku. V 3D symbolech byly vybrány příslušné značky druhu stromu nebo keře. Celkem bylo rozlišeno dohromady zhruba 8 druhů stromů a keřů. Co se týče lesního porostu vně areálu HaP, 90% z celkového porostu se vyskytuje dub letní. Pro zjednodušení bylo zvoleno jednotného druhu dřeviny s jednotnou výškou. Jelikož v nabídce 3D symbolů nebyly všechny druhy stromů či keřů, byly některým druhům přiřazeny symboly jiné, co nejvíce podobné.

5.4 Modelace budov

Program SketchUp byl volen z důvodu jednoduchosti a zároveň efektivnosti vykreslení 3D objektů. V programu ArcGIS by modelace kopulovitých ploch (pozorovací kopule a báh pilonu) byla obtížná a zdlouhavá.

Do skicovacího programu SketchUp byly importovány půdorysy budov ve formě polygonů. To zaručovalo neměnnost polohy budov v rámci S-JTSK. Modelace budov byla prováděna z naměřených hodnot, jako např. výšek budov a jejich přilehlých částí, délek určených ze souřadnic apod. Při zpětném importu do programu ArcGIS se model potýkal s problémem, že „neseděl“ na již vytvořeném terénu, budovy byly tvořeny v jedné rovině. Problém byl vyřešen doplňkovým importem měřených bodů do programu SketchUp a vytvořené 3D objekty byly vztaženy k těmto bodům. Opětný export byl proveden pro každou budovu jednotlivě (ukázka 3D modelu je uvedena na obrázku č. 5).



Obrázek 5 - Ukázka 3D modelu v programu SketchUp

6 Prostorový model přirozeného horizontu

Přirozeným horizontem se rozumí prostorový model úhlů pozorování hvězdářským dalekohledem v polohovém rozsahu 360° . Poloha výchozích bodů je dána polohou osy montáže pozorovacího dalekohledu. Montáž je ve stejné výškové úrovni spolu se spodní hranou otevřené kopule. Pozorovací „trychtýře“, složené z 11 výseků, byly tvořeny pomocí polygonových vrstev v programu ArcGIS pro obě kopule nacházející se na objektu HaP. Jako vstupní soubor pro vytvoření modelu přirozeného horizontu sloužily prostorové souřadnice dvou pozorovacích bodů. Kde polohové souřadnice jsou totožné se středem kruhové podstavy kopulí, souřadnice udávající výšku jsou v úrovni spodní hrany otevřené části kopule.

Kuželů bylo celkově pro obě kopule zvoleno 21, v různých úhlech naklonění. Úhel svírající vodorovnou rovinu s rovinou kužele (úhel α dle obrázku č. 6) byl zvolen s krokem nejdříve po 2° , u strmějších úhlů po 4° . Maximální velikost úhlu je 24° , kritériem maximální velikosti úhlu byly již minimální překážky bránící v observaci. Krajní vzdálenost dosahu „trychtýře“ byla zvolena od 150m, tak aby bylo pokryto celé zájmové území, až po 25m.



Obrázek 6 - Příklad elevačního úhlu pozorování

Modely elevačních úhlů a jejich sklon od vodorovné roviny byly určovány pomocí souřadnic Z (pro každou kopuli jednotlivě). Výškové rozdíly mezi středovým bodem a okrajem kuželové plochy spolu s poloměrem kruhové části spolu tvořily požadovaný úhel náklonu α . Plochy „trychtýřů“ se sklonem menším než 8° od nulového horizontu protínaly lesní porost na ploše celého území. Plocha dané oblasti má tvar mnohoúhelníku, bylo tedy nutné souřadnice Z spočítat pro každý lomový bod (uzel) jednotlivě.

Pro následné jednání s vlastníky pozemků by 3D model byl nic neříkající. Proto jsou půdorysné průměty kuželů zakresleny do katastrální mapy.

7 Závěr

Výsledkem této diplomové práce je vytvoření 3D modelu Hvězdárny a Planetária Johanna Palisy v Ostravě – Krásném Poli včetně modelu přirozeného horizontu. Měřické a výpočetní práce probíhaly v souladu s danými předpisy pro mapování. S vyhláškou č. 26/2007 Sb.[8], která stanovuje povolenou odchylku pro mapování a normou ČSN 73 0415 [1], která udává povolené odchylky pro body bodového pole. Měřické práce byly voleny tak, aby se co nejvíce omezilo působení hrubých a nahodilých chyb, ale zároveň bylo měřeno co nejefektivněji. Systematické chyby, např. vliv atmosférických podmínek, byly při měření délek redukovány na minimum. Toho se docílilo použitím totální stanice, která tyto chyby eliminuje. Přesnost určení souřadnic podrobných bodů spadá do kódu kvality 3 [8], je to přesnost běžná pro měření podrobných bodů.

Tvorba modelu probíhala v této posloupnosti:

- Stabilizace bodů podrobného bodového pole v lokalitě HaP.
- Určení souřadnic 4001 a 4011 metodou GPS.
- Určení souřadnic podrobného bodového pole polygonovým pořadem a metodou rajónů.
- Určení souřadnic podrobných bodů, včetně vegetace, polární metodou.
- Určení kontrolních oměrných na budovách, z důvodu přesnější modelace objektů.
- Zpracování digitálního modelu terénu a digitálního modelu přirozeného horizontu v dané lokalitě.
- Schéma observačních podmínek kopulí, jako podklad byla využita katastrální mapa uvedeného oblasti.

Prostorový model lokality HaP byl tvořen z údajů a hodnot získaných v terénu. Práce představuje reálnou scénu zájmového území. Vizualizace HaP včetně modelu přirozeného horizontu a spolu se schématem observačních podmínek kopulí bude mimojiné sloužit jako podklad pro úpravu lesního porostu. Stav výšek stromů je uveden k měsíci prosinec 2006.

Reference

1. *ČSN 73 0415 : Geodetické body*. 1980. vyd. Praha : ÚNM Praha, 1980. 16 s
2. *Google SketchUp Pro 6* [online]. 2007 , 2007 [cit. 2007-04-09]. Anglický. Dostupný z WWW: <www.sketchup.com>.
3. *IMPULSE LR : User's Manual*. LASER TECHNOLOGY. 1998th edition. [s.l.] : LASER TECHNOLOGY, 1998. 88 s.
4. KUSÝ, Pavel. *Příprava animací a vizualizací VŠB-TUO a jejího okolí, pro účely propagace oboru*. [s.l.], 2006. 54 s. Semestrální práce.

5. RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Ostrava : [s.n.], 2002. 202 s.
6. RATIBORSKÝ, Jan. *GEODÉZIE : Měření*. Praha : ČVUT, 1998. 209.
7. SCHENK, Jan. *Globální polohové systémy v geodézii : učební text*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2003. 9 s.
8. *Vyhláška č. 26/2007 Sb.*. Praha : ČUZK, 2007. 89 s.