

VYHODNOTENIE DLHODOBÉHU BEHU REFERENČNÝCH STANÍC GNSS

Juraj CIRBUS

Geoinformatika
VŠB – Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15
708 33 Ostrava - Poruba
E-mail: jcirbus@gmail.com

Abstrakt

Práca je zameraná na vyhodnotenie dlhodobého behu referenčných staníc GNSS. Dôležitým aspektom pre riešenie je navrhnutie metodiky vyhodnotenia dlhodobého behu staníc GNSS, s čím súvisí i navrhnutie metodiky pre vyhodnotenie vonkajších vplyvov na zistené odchýlky v observáciách. Súčasťou práce je získanie a spracovanie dát, ktorými sú súbory RINEX pochádzajúce z referenčných staníc s názvom VSBO a LYSH a údaje vonkajších vplyvov z meteorologickej stanice. Vypočítaním rezíduí je možné previesť koreláciu odchýlok s vonkajšími vplyvmi. Teoretická časť práce sa vo všeobecnosti venuje problematike vysoko presných observácií s využitím systémov GNSS. V praktickej časti sú popísané zvolené konkrétne kroky a postupy vedúce k výslednému vyhodnoteniu.

Kľúčové slová: GPS, GNSS, GIS, RINEX, referenčná stanica

Abstract

Important aspect for solving is to suggest a methodology for evaluation of GNSS stations long-time run, what is related with suggesting a methodology for evaluation of outside influences, which affect divergences found in the observations. Part of the thesis is obtaining and processing of data files, which are RINEX files obtained from references stations called VSBO and LYSH and data files from meteorological stations about outside influents. With calculated residues it is possible to deal with correlations of divergences which involve outside influences. Theoretical part of the thesis is generally focused on the area of high precision observations at GNSS. In the practical part there are described chosen specific steps and procedures leading to final evaluation.

Keywords: GPS, GNSS, GIS, RINEX, reference station

1 Úvod

Už v dobe pred našim letopočtom ľudia pre svoju orientáciu v priestore využívali oblohu a vesmír. Pred cca 10 000 rokmi p. n. l. boli postavené tri pyramídy v Gíze, ktoré sú svojou polohou presnou pozemskou mapou troch hviezd z Oriónovho pásu. Moderná spoločnosť svoju polohu v priestore už neurčuje podľa hviezd, ale jedno ostalo zachované a to obracanie sa na vesmír. Okolo Zeme sú rozmiestnené družice a prijímaním ich signálu využitím GPS prijímačov je možné zistiť svoju polohu na zemskom povrchu i vo vzduchu.

Okrem vynášania družíc do vesmíru dochádza k budovaniu pevných referenčných staníc, umiestnených na zemskom povrchu o známych súradniciach. Tieto stanice stále zaznamenávajú údaje z družíc, zisťujú svoju polohu a porovnávajú ju s polohou, na ktorej sú postavené. Výstupy z takýchto staníc sú nápomocné pre skvalitnenie a spresnenie určenia polohy v oboroch ako geoinformatika alebo geodézia. Z údajov je možné sledovať napríklad každoročné pohyby kontinentálnych dosiek i geodynamické vplyvy na záujmovom území.

Surčitosťou možno povedať, že vybudovanie referenčných sietí na území jednotlivých štátov je nápomocné pre zlepšenie určenia polohy využívajúc GPS prístroje. Diplomová práca bude zameraná práve na chod referenčných staníc z ich dlhodobého hľadiska a zistenia možnosti ovplyvnenia presnosti polohy vonkajšími meteorologickými vplyvmi.

2 Ciele práce

- zoznámenie sa s problematikou vysoko presných observácií s využitím systémov GNSS
- metodika vyhodnotenia dlhodobého behu staníc GNSS
- metodika vyhodnotenia vonkajších vplyvov na zistené odchýlky observácií, vrátane vytipovania a posúdenia relevantných faktorov
- získanie a spracovanie potrebných dát – RINEX
- získanie a spracovanie potrebných dát – vonkajšie vplyvy
- spracovanie výsledkov a posúdenie dlhodobého behu
- korelácia odchýliek s vonkajšími vplyvmi

3 Referenčné stanice VSBO a LYSH

Odchýlky polohy, ktoré sa v diplomovej práci spracovávali pochádzajú z dvoch referenčných staníc. Jedná sa o referenčnú stanicu s názvom VSBO umiestnenú na budove A, VŠB-TUO a referenčnú stanicu s názvom LYSH, ktorá sa nachádza na budove meteorologickej stanice na Lysej Hore. Dve referenčné stanice boli zvolené z dôvodu spresnenia výsledkov pri výpočte rezíduí. Taktiež pri výpočte rezíduí pre jednotlivé súradnice využitím dvoch referenčných staníc dochádza k eliminovaniu

vnútorných vplyvov, ktoré by mohli mať negatívny vplyv na samotný výsledok. Medzi vnútorný vplyv patrí chyba hodín na družiciach.

4 Spracovanie

Časť spracovanie bola venovaná vyhodnoteniu výstupných dátových súborov RINEX pochádzajúcich z referenčných staníc VSBO a LYSH. Pri vyhodnocovaní bol kladený dôraz na to, či je možné na týchto dátach niečo sledovať. Medzi vytypované faktory, ovplyvňujúce výsledné rezíduá pre referenčnú stanicu patrí napr. teplota alebo vietor, pôsobiaci v danom čase na budovu, na ktorej je referenčná stanica umiestnená.

Dôvodom zisťovania existencie vplyvu vonkajších meteorologických faktorov na vypočítané hodnoty rezíduí je umiestnenie referenčnej stanice a získanie informácií, či je možné takýto vplyv odhaliť. Referenčná stanica VSBO je umiestnená na streche budovy VŠB-TUO. Budova VŠB-TUO je výšková a konštrukčne postavená tak, že jej dĺžka je niekoľkokrát väčšia ako jej šírka. Okrem toho jej umiestnenie je situované na vyvýšenom mieste, ktoré nie je zo žiadnej strany chránené pred vplyvom vonkajších faktorov.

4.1 Návrh metodiky riešenia

Postup riešenia bol navrhnutý nasledujúcim spôsobom:

1. Zvoliť si programový produkt určený k spracovaniu a vyhodnoteniu RINEXov.
2. Spracovanie RINEXov:
 - a. určiť dni, pre ktoré sa budú počítať rezíduá
 - b. previesť dekompresiu dát z CRINEX do RINEX
3. V zvolenom programovom produkte previesť spracovanie a výpočet rezíduí.
4. Spracovanie vonkajších vplyvov (teplota, vietor, poprípade i iné).
5. Grafické porovnanie rezíduí s vonkajšími vplyvmi.
6. Zvoliť programový produkt a vhodnú štatistickú metódu pre vyhodnotenie získaných odchýlok.
7. Prevedenie štatistických výpočtov.
8. Korelácie vonkajších vplyvov a rezíduí.
9. Vyhodnotenie a záver nad výsledkami.

4.2 Program BERNESE

Pre spracovanie a vyhodnotenie dát vo formáte RINEX je použitý vedecký program s názvom Berenese. Jedná sa o akademický softvér, ktorý obsahuje viac ako 1 200 modulov. Menu programu umožňuje použitie takmer stovky programov. Jedná sa teda o kvalitný softvér, pre vyhodnotenie dát z GNSS. Práca v tomto programovom produkte nie je jednoduchá z dôvodu nie príliš prístupného užívateľského prostredia.

4.3 Vonkajšie vplyvy

Súbor s údajmi vonkajších vplyvov pochádzal z meteorologickej stanice nachádzajúcej sa pri referenčnej stanici VSBO, na streche budovy VŠB-TUO. Meteorologické čidlá zaznamenávajú údaje o vonkajšej teplote, rýchlosti, smere a pohybu vetra, tlaku, množstve zrážok a slnečnom žiarení počas dňa. Zo spomínaných údajov sú použité údaje o teplote, slnečnom žiarení, smere a rýchlosti vetra. Údaje sú zaznamenávané celoročne v 5 minútovom intervale.

Údaje o teplote, slnečnom žiarení, smere a rýchlosti vetra sú zvolené z dôvodu ich pôsobenia na konštrukčné prvky budovy VŠB-TUO. Teplota nie je v priebehu dňa v okolí budovy rovnaká, tzn. v prípade slnečného dňa je zahrievaná len jedna jej strana, pričom tá druhá sa nachádza v tieni a je chladnejšia. Rozlíšenia slnečného alebo zamračeného dňa je možné pomocou údajov o množstve slnečného žiarenia, ktoré bolo počas dňa. Rýchlosť a smer vetra pôsobia na celú plochu budovy.

Zo súboru sa vybrali údaje pre tie dni, pre ktoré sa počítali odchýlky v súradniciach. Každý deň sa v 5 minútovom intervale zaznamenávali vonkajšie meteorologické vplyvy, čo je 288 hodnôt za deň. Tieto hodnoty sa rozložili na dvojhodinové intervaly a za každý interval sa využitím aritmetického priemeru získala jedna hodnota. Týmto spôsobom sa ku každej vypočítanej odchýlke v súradnici získala priemerná hodnota z údajov o vonkajšej teplote, množstve slnečného žiarenia, smere a rýchlosti vetra.

5 Vyhodnotenie rezíduí, porovnanie s vonkajšími vplyvmi

Postup vyhodnotenia a porovnania bol nasledujúci:

- zapísanie jednotlivých dní do tabuliek,
- zapísanie príslušných rezíduí k jednotlivým dňom,
- zapísanie vonkajších faktorov, ktoré môžu vplývať na presnosť
 - vonkajšia teplota
 - rýchlosť vetra
 - slnečné žiarenie
 - smer vetra

5.1 Grafy rezíduí a vonkajších vplyvov

Pre jednotlivé dni zimnej i letnej etapy boli vyhotovené spojnicové grafy. Snahou bolo zistenie vplyvu pôsobenia vonkajších vplyvov na vypočítané rezíduá. V každom z grafov sú zobrazené rezíduá, teplota, rýchlosť a smer vetra. V doplňujúcom grafe k danému dňu, bolo graficky zobrazené množstvo slnečného žiarenia počas dňa.

5.2 Rezíduá X, Y – etapa zima/leto (spojnicový graf)

Hodnoty v tomto grafe sú vynesené za 24 hodín v 2 hodinovom intervale. Z grafov je možné vysledovať rozličné správanie sa hodnôt rezíduí pri jednotlivých dňoch. Hlavný záujem je sústredený pre dni, kde dochádza k najväčším odchýlkam, resp. dni, kde dochádzalo z vizuálneho grafického zobrazenia k najväčším extrémnym zmenám polohy voči iným dňom. V každom z grafov bolo možné vyčleniť dni, kde dochádzalo k rozličnému správaniu sa hodnôt pri porovnaní s ostatnými dňami. Pri ďalšom štatistickom spracovaní sa riešila otázka, ako na tieto zmeny pôsobia vonkajšie meteorologické vplyvy.

6 Štatistické porovnanie dní

Zobrazením rezíduí v grafoch za jednotlivé dni bolo možné vidieť, že sa hodnoty v priebehu dňa menia. V niektorých dňoch dochádzalo v určitej hodine ku anomálnemu správaniu, ku ktorému ale nedochádzalo vo všetkých dňoch. Daná kapitola rozoberala problém, či dni, v ktorých dochádzalo k anomálnym zmenám je možné voči ostatným vyselektovať. Taktiež sa tu prevádzala korelácia hodnôt a overenie možného pôsobenie vonkajších faktorov na vypočítané rezíduá.

Štatistický test ANOVA funguje na princípe porovnania stredných hodnôt. Dni, pre ktoré sa vypočítali rezíduá, sa medzi sebou porovnávali so snahou, či existuje medzi dňami taký deň, ktorý by zo štatistického hľadiska bol extrémnejší ako zvyšné. Stredné hodnoty, ktoré sa medzi sebou porovnávali, boli najprv pre hodnoty X a potom pre hodnoty Y. Po zistených výsledkov sa pristúpilo ku korelácii rezíduí s vonkajšími vplyvmi.

7 Záver

Metodikou vyhodnotenia dlhodobého behu a vyhodnotenia vonkajších vplyvov na zistené rezídua v observácií sa určil plán pracovného postupu. Budova, na ktorej je referenčná stanica umiestnená je svojím spôsobom špecifická, lebo konštrukčne sa jedná o výškovú budovu, pričom dĺžka budovy niekoľkokrát prekračuje jej šírku. Budova A VŠB-TUO sa taktiež nachádza na vyvýšenom mieste, ktoré nie je zo žiadanej strany chránené pred vonkajšími meteorologickými vplyvmi. S určitým nadľahčením by sa dalo povedať, že sa jedná o ideálne miesto pre sledovanie vplyvu

vonkajších meteorologických faktorov na presnosť rezíduí vypočítaných z referenčnej stanice. Výpočet rezíduí nemôže byť prevedený samostatne len pomocou jednej referenčnej stanice, z dôvodu presnosti, preto sa do výpočtu zapojila i referenčná stanica LYSH, umiestnená na streche meteorologickej budovy na vrchole Lysej Hory. Využitím i druhej referenčnej stanice došlo k spresneniu vypočítaných rezíduí. Výpočet odchýliek bol realizovaný v program Bernese 5.0, pričom sa zvolil určitý počet dní, rozdelený na 2 hodinové úseky, pre ktorý sa rezíduá počítali. Na týchto hodnotách sa využitím štatistických metód realizovalo pozorovanie vplyvu vonkajších faktorov. Záujmové faktory boli vybrané s ohľadom na umiestnenie referenčnej stanice VSBO. Medzi skúmané faktory patrila teplota, rýchlosť vetra a množstvo slnečného žiarenia. Grafické zobrazenie dát bolo pomocou programu Excel a štatistické spracovanie využitím programu STATGRAPHICS Centurion XV, ktorého funkcie plne postačovali pre prevedenie všetkých štatistických šetrení. Pomocou využitia bodových grafov bolo možné vidieť rozdiely medzi hodnotami rezíduí vypočítaných pre zimnú a pre letnú etapu. Prvou použitou štatistickou metódou bol test ANOVA, ktorého využitie bolo z dôvodu možného nájdenia dňa, ktorý by zo štatistického hľadiska bol iný ako ostatné dni. Testovanie bolo prevedené pre jednotlivé etapy ako i pre hodnoty rezíduí X a Y zvlášť. Výsledkom testu bolo, že zo štatistického hľadiska neexistuje deň, ktorý by sa javil voči iným ako významne extrémny. Po prevedení testu ANOVA sa pristúpilo ku korelácii hodnôt rezíduí s vonkajšími vplyvmi. Korelácia sa realizovala v troch krokoch a to zvlášť pre hodnoty zimnej a letnej etapy jednotlivo a nakoniec pre výsledky obidvoch etáp spoločne. Vykonaním korelácií sa nepodarilo preukázať štatisticky významnú lineárnu koreláciu medzi sledovanými veličinami. Na základe zvoleného spôsobu výpočtu nebol preukázaný vplyv vonkajších meteorologických faktorov na vypočítané odchýlky rezíduí.