

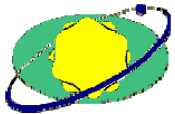
Analysis tool for multi- GNSS precise point positioning

Ján Hefty, Ľubomíra Gerháťová

Katedra geodetických základov, SvF STU Bratislava

IX. Slovenská geofyzikálna konferencia

22. – 23. 6. 2011





Úvod

- Metóda presného určovania absolútnej polohy: Precise Point Positioning – PPP
- Využitie meraní pseudovzdialeností pomocou kódov a fázových nediferencovaných meraní s využitím presných polôh a hodín družíc
- Vhodná alternatíva k relatívnemu určovaniu polohy (diferencované fázové merania) bez potreby referenčných staníc
- Existujúce softvérové riešenia: BERNESE, online webové služby (Kanada, USA)
- Katedra geodetických základov: softvérový balík ABSOLUTE
- Odlišnosť: okrem spracovania meraní GPS aj spracovanie meraní GLONASS, resp. Galileo



Princíp presného určovania absolútnej polohy

- Kombinácia meraní pseudovzdialeností pomocou kódov a fázových nediferencovaných meraní

$$R_A^j(t) = \rho_A^j(t) + c[\delta^j(t) - \delta_A(t)] + I_A^j(t)$$
$$\lambda \Psi_A^j(t) = \rho_A^j(t) + c[\delta^j(t) - \delta_A(t)] + \lambda N_A^j - I_A^j(t)$$

- Pseudovzdialenosť zbavená vplyvu ionosféry

$$P_A^j(t) = \rho_A^j(t) + c[\delta^j(t) - \delta_A(t)]$$

- Linearizovaná observačná rovnica

$$\Delta P_A^j(t) = P_A^j(t) - \rho_{A0}^j(t) - c\delta^j(t) = a_{XA}^j \Delta X_A(t) + a_{YA}^j \Delta Y_A(t) + a_{ZA}^j \Delta Z_A(t) +$$
$$- c\delta_A(t) + \varepsilon_A^j$$

Modelované korekcie na dosiahnutie subcentimetrovej presnosti

- *Exc* – poloha fázového centra antény,
- *Cod* – vplyv systematického rozdielu medzi vysielanými kódmi,
- *Win* – efekt stáčania sa fázy,
- *Rel* – korekcie zo špeciálnej teórie relativity,
- *Sag* – Sagnacov efekt vyvolaný rotáciou Zeme,
- *Tid* – slapy pevnej Zeme a oceánske slapy,
- *Tro* – troposférické oneskorenie: Saastamoinenov model troposféry, Nilove mapovacie funkcie suchej a vlhkej zložky,
- *Dpm* – efekt denného pohybu pólu a variácií rotácie Zeme

$$\begin{aligned}\Delta P_A^j(t) &= P_A^j(t) - \rho_{A0}^j(t) - c\delta^j(t) + \Delta\rho_{Exc}^j + \Delta\rho_{Cod}^j + \Delta\rho_{Win}^j(t) + \\ &\quad + \Delta\rho_{Rel}^j(t) + \Delta\rho_{Sag}^j(t) + \Delta\rho_{Tid}^j(t) + \Delta\rho_{Tro}^j(t) + \Delta\rho_{Dpm}^j(t) \\ &= a_{XA}^j \Delta X_A(t) + a_{YA}^j \Delta Y_A(t) + a_{ZA}^j \Delta Z_A(t) - c\delta_A(t) + \varepsilon_A^j\end{aligned}$$



Softvér ABSOLUTE

- Vývoj na Katedre geodetických základov
- Rozvoj matematického modelu, algoritmizácia a spracovanie v programovom prostredí Matlab
- Tvorba aplikácie (prostredníctvom programovacieho jazyka C# v prostredí Sharp Develop): príprava vstupných údajov

- Spracovanie meraní GLONASS, Galileo



Softvér ABSOLUTE: algoritmus spracovania

- Získanie všetkých potrebných súborov (merania vo formáte RINEX, presné polohy a hodiny družíc z IGS, resp. ESOC, poloha fázových centier antén družíc, DCB...)
- Spracovanie kontinuálnych dvojfrekvenčných kódových a nediferencovaných fázových meraní pre každú družicu, výsledok: pseudovzdialenosti neovplyvnenej ionosférou a približné reálne hodnoty ambiguit
- Interpolácia presných polôh a hodín družíc Lagrangeovými polynómami
- Redukcia observovaných vzdialeností o systematické korekcie, výpočet reziduí (observovaná mínus meraná hodnota)
- Formovanie modelu spracovania a odhad neznámych parametrov separátne pre GPS a GLONASS: súradnice bodu, parametre hodín prijímača, korekcie k približným hodnotám ambiguit, troposférické oneskorenia a prípadné ďalšie relevantné parametre
- Kombinované riešenie GPS + GLONASS



Analýza PPP

- Rozdiely medzi GPS a GLONASS:
 - Obežná doba, sklon dráh, konfigurácia družíc
 - Rozdielna modulácia signálov: GPS CDMA, GLONASS FDMA, neznalosť rozdielu v prijímači
 - Dostupnosť kódu P na L1 družíc GLONASS, dostupnosť L2C v novej generácii družíc GPS
 - Aktuálny stav v počte družíc: 30 – 32 GPS, 16 – 24 GLONASS

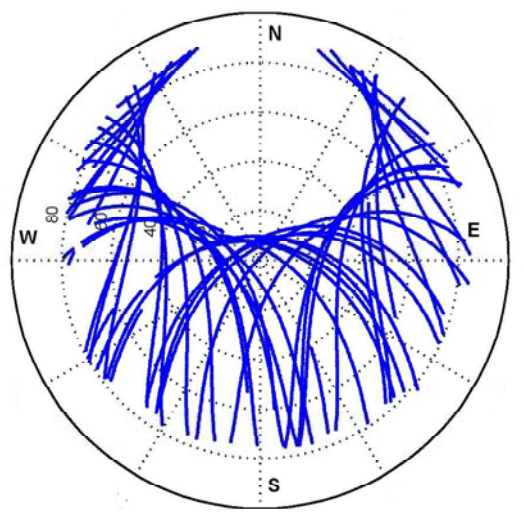


Experiment: GANP, MOP2, JOZ2, DRES

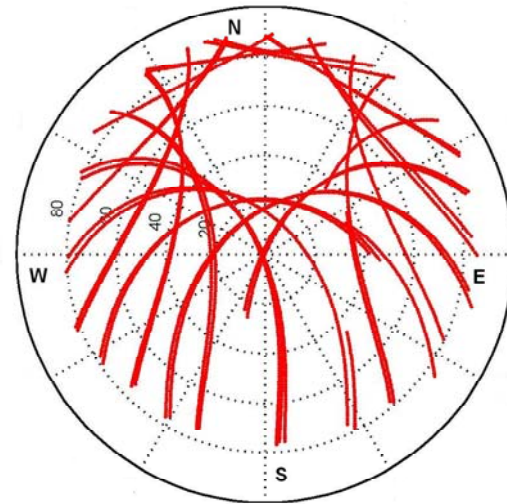
- Spracovanie meraní na bodoch Permanentnej siete EUREF GANP, MOP2, JOZ2 a DRES
- Prístroj / anténa:
 - GANP: Trimble NetR8 / Zephyr TRM55971.00 NONE
 - MOP2: Trimble NetR5 / Zephyr TRM55971.00 TZGD
 - JOZ2: Leica GRX1200GGPRO / LEIAT504GG NONE
 - DRES: JPS LEGACY / TPSCR3_GGD CONE
- Merania: GPS (C1, P2, L2C), GLONASS (C1, P1, P2)
- Obdobie: apríl 2009, december 2009, január 2010, apríl 2010, január 2011

Experiment: GANP

- o Znáznornenie polohy družíc nad horizontom počas dňa – opakovanie konfigurácie družíc GPS (23h 56m – jeden hviezdny deň), GLONASS (8 hviezdnych dní)



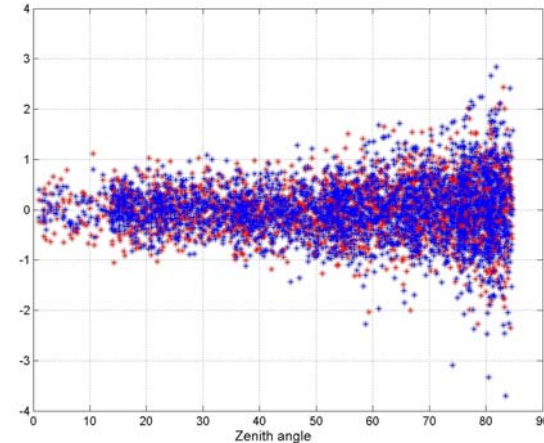
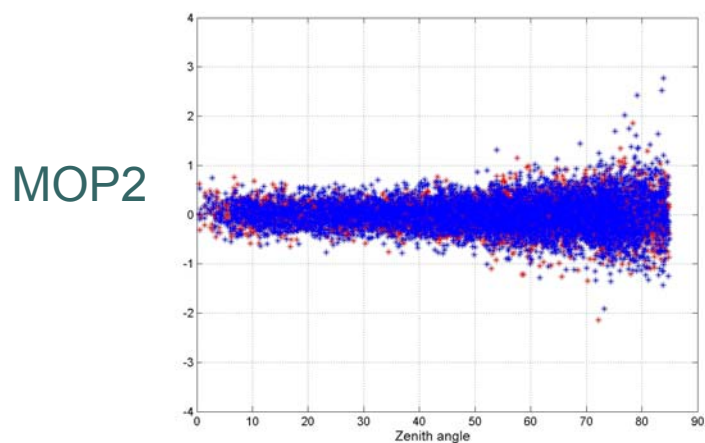
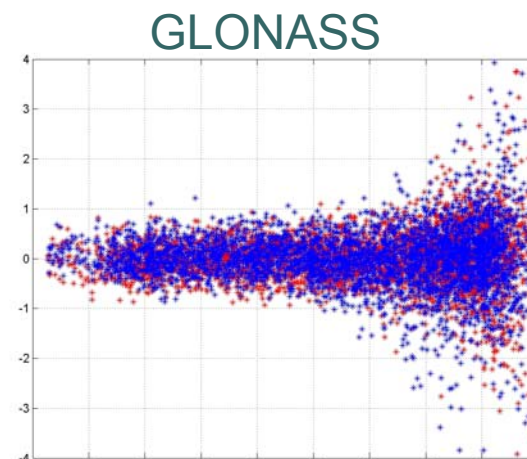
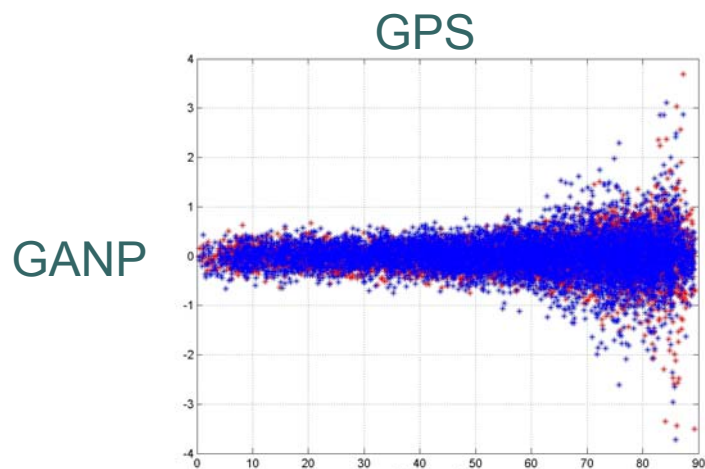
GPS



GLONASS

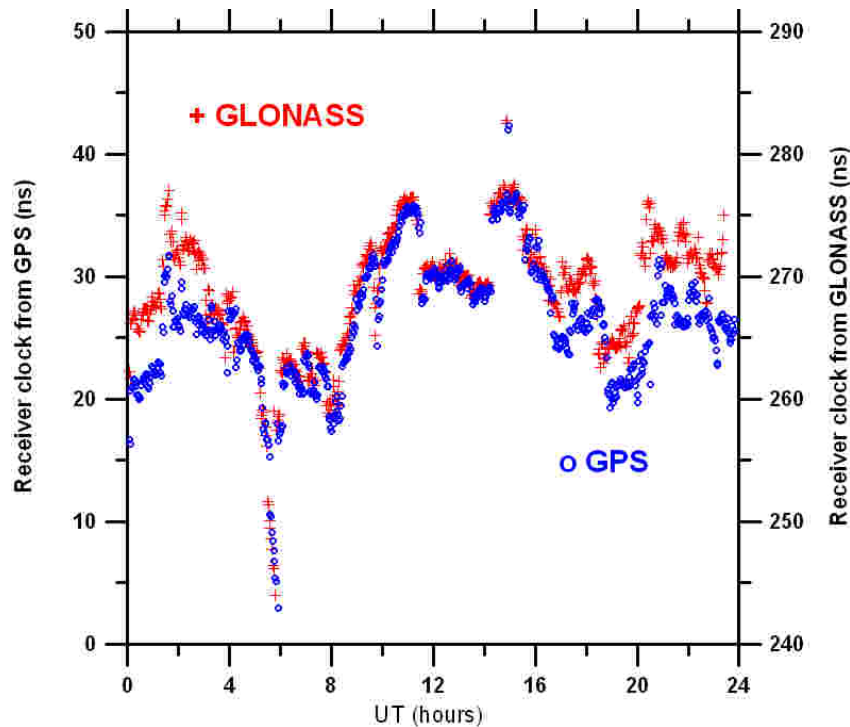
Experiment: GANP, MOP2

- o Efekt multipath na frekvenci L1 (červená) a L2 (modrá)



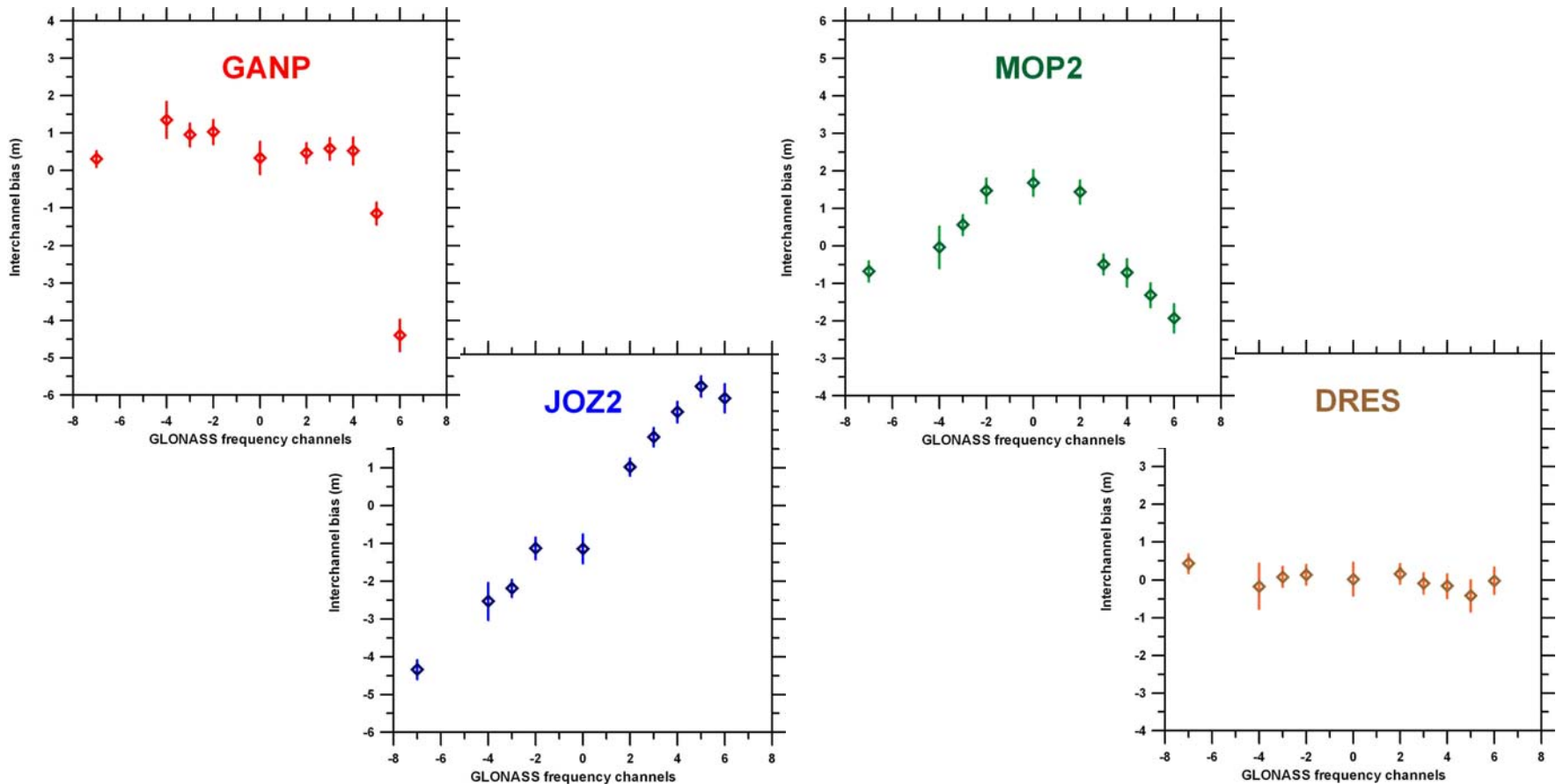
Experiment: GANP

- Odhad parametrov hodín prijímača z meraní GPS a GLONASS
 - Konštantný posun cca 240 ns



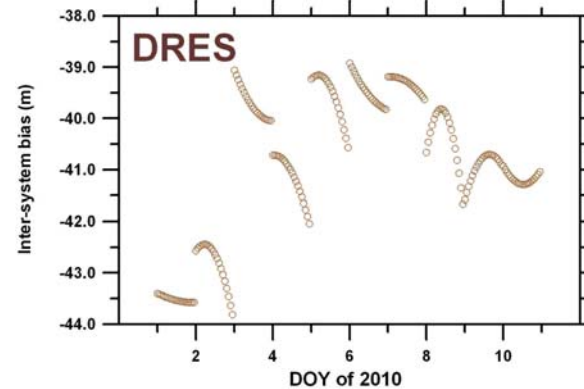
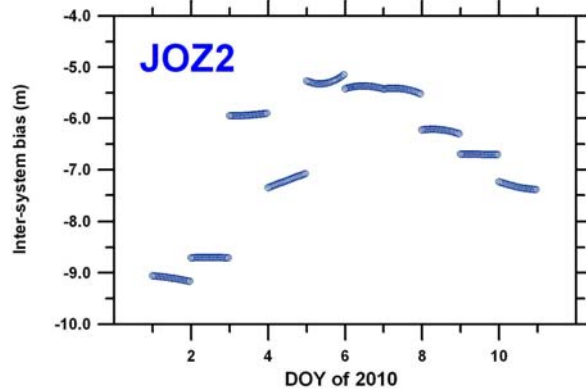
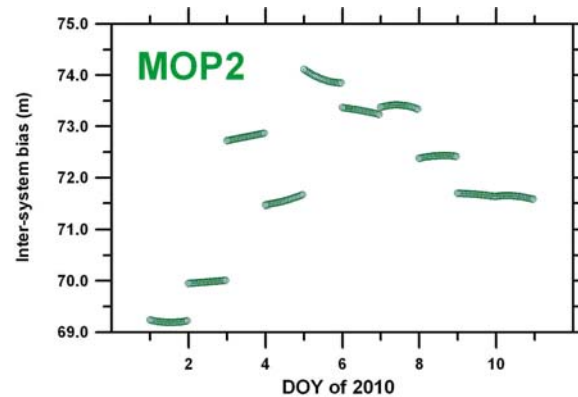
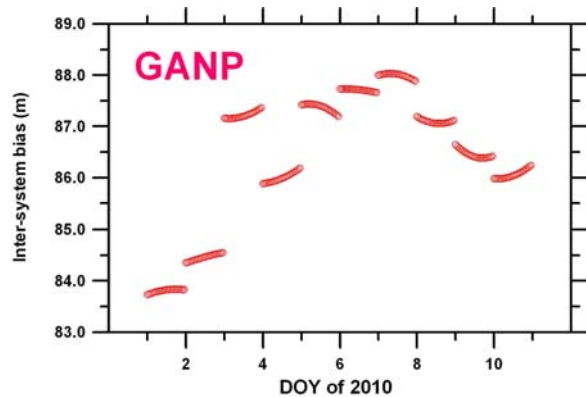
Experiment: všetky body

- Systematický posun medzi kanálmi v prijímači GNSS pri prijímaní signálov družíc GLONASS (code inter-channel bias)



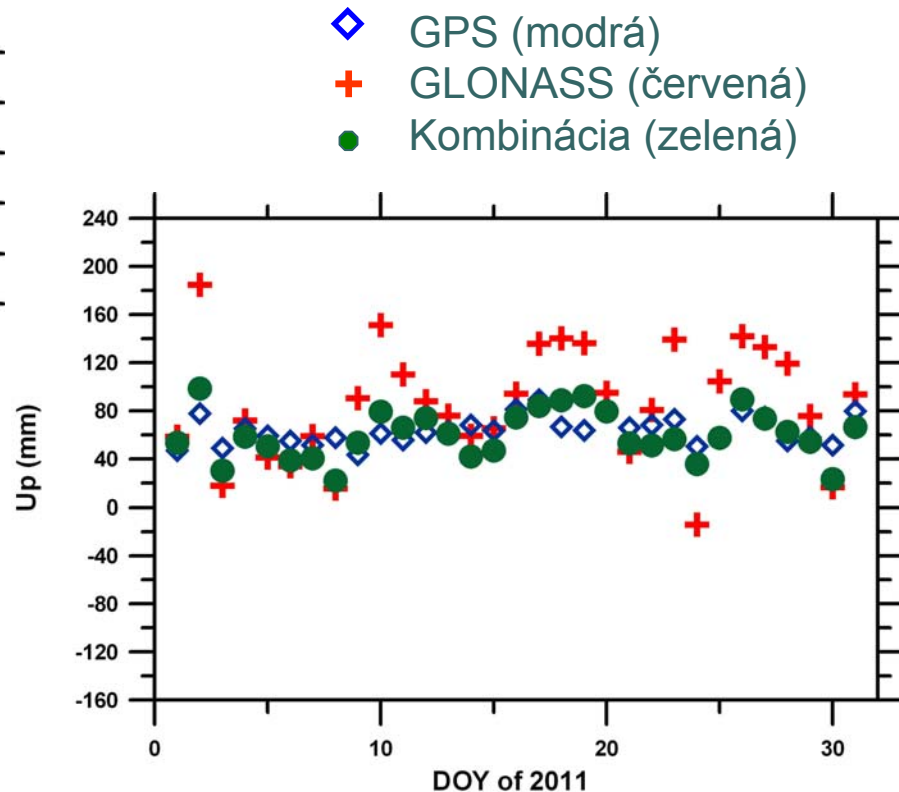
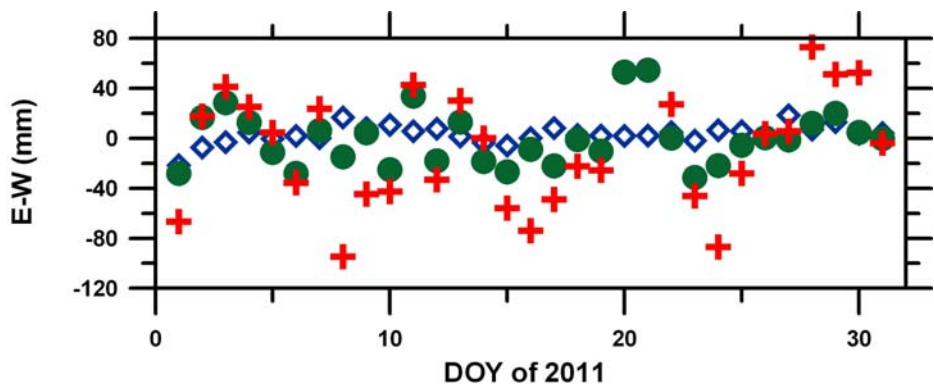
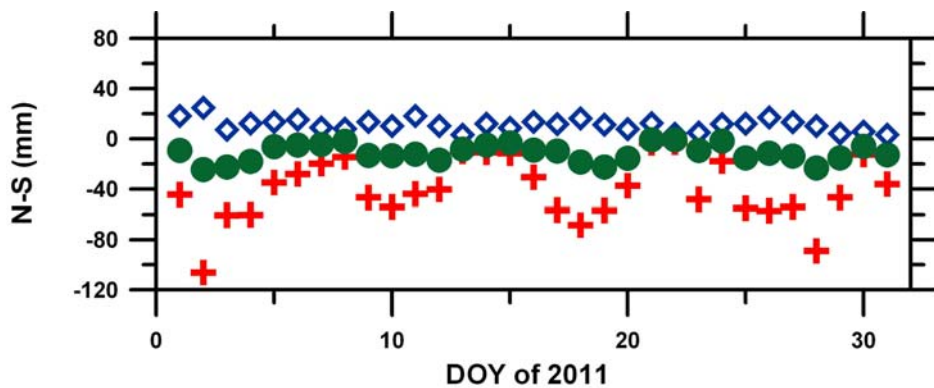
Experiment: všetky body

- Systematický posun medzi kódmi z riešenia GPS a GLONASS (code inter-system bias)



Experiment: MOP2

- o Časový rad odhadovaných súradníc z mesačného intervalu (január 2011) spracovania 24-hodinových observácií (separátne a kombinované riešenie)





Záver

- Možnosti a limity spracovania PPP: GPS, resp. kombinácia GPS+GLONASS
- Jeden prijímač, dlhšie meranie, nie je možná práca v eálnom čase
- Observácie GLONASS sú súčasťou GNSS
- Obmedzenia súvisiace s nižšou presnosťou kódových a fázových meraní GLONASS, neznalosť, resp. nedostatočná znalosť modelov niektorých systematických efektov
- Spracovanie a analýza meraní s použitím rozmanitých typov prijímačov
- Spracovanie meraní Galileo
- Spracovanie meraní s vyššou hustotou záznamu

● ● ● |

Ďakujem za pozornosť

