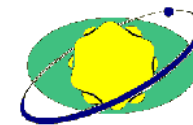


Analýza viacrozmerných časových radov meraní permanentných staníc GNSS

Ľubomíra Gerhátová
Katedra geodetických základov, Stavebná fakulta
Slovenská technická univerzita v Bratislave



Družicové metódy v geodézii a katastru
VUT Brno, 30.1.2020

Permanentné stanice GNSS a ich poloha

- výsledok spracovania meraní permanentných staníc GNSS: pravouhlé priestorové súradnice (X, Y, Z) v geocentrickom súradnicovom systéme (v príslušnom časovom okamihu a príslušnom referenčnom rámci daného systému),
- denné/subdenné riešenia, kombinácia v rámci týždňa,
- lepšia geometrická reprezentácia a interpretácia: forma pravouhlých súradníc (n, e, u) v horizontálnom topocentrickom súradnicovom systéme

Permanentné stanice GNSS a ich poloha

- v **zmene polohy bodu** v čase je obsiahnutá informácia:
 - o vlastnom správaní sa bodu,
 - o kvalite stabilizácie,
 - o neistotách merania, ktorými sa tieto zmeny monitorujú,
- **faktory** ovplyvňujúce určenie polohy bodov:
 - dlhodobé zmeny polohy spôsobené variáciami globálnej a vnútroplatňovej tektoniky,
 - periodické sezónne a krátkodobé zmeny spôsobené rušivými environmentálnymi vplyvmi (napr. ročná a denná variácia teplôt, atmosférického tlaku a vlhkosti, priame slnečné žiarenie, rýchlosť a smer vetra, variabilita hladiny spodnej vody...),
 - krátkodobé zmeny spôsobené geodynamickými javmi (napr. slapy),
 - náhle a nepravidelné zmeny spôsobené seizmickou aktivitou,
 - ...

Modelovanie časových radov

- klasický prístup:
 - každá súradnica (n, e) predstavuje **jednorozmerný časový rad**
- spracovanie: **aditívna dekompozícia** (trend T , sezónna/cyklická zložka S/C a reziduálna zložka R)

$$X_t = T_t + S_t + C_t + R_t$$

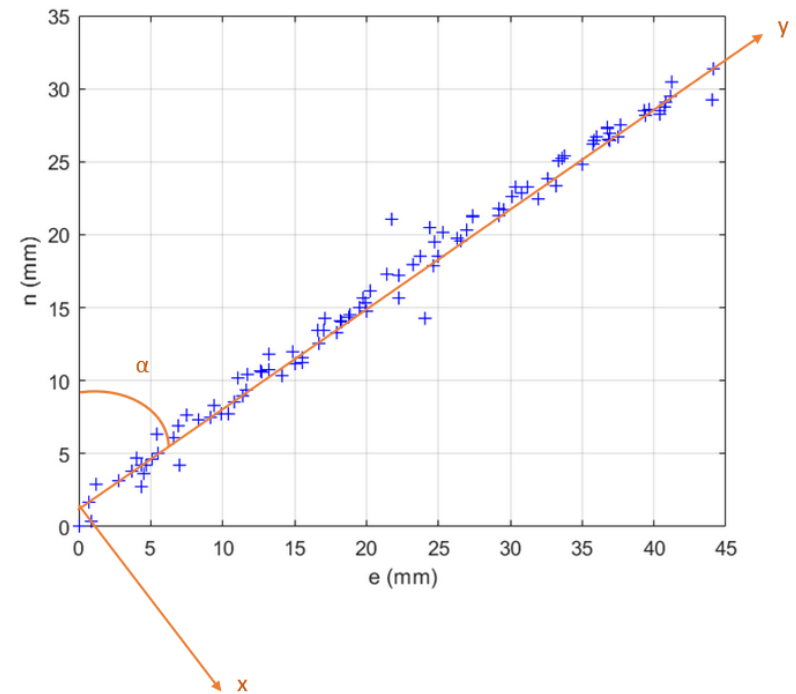
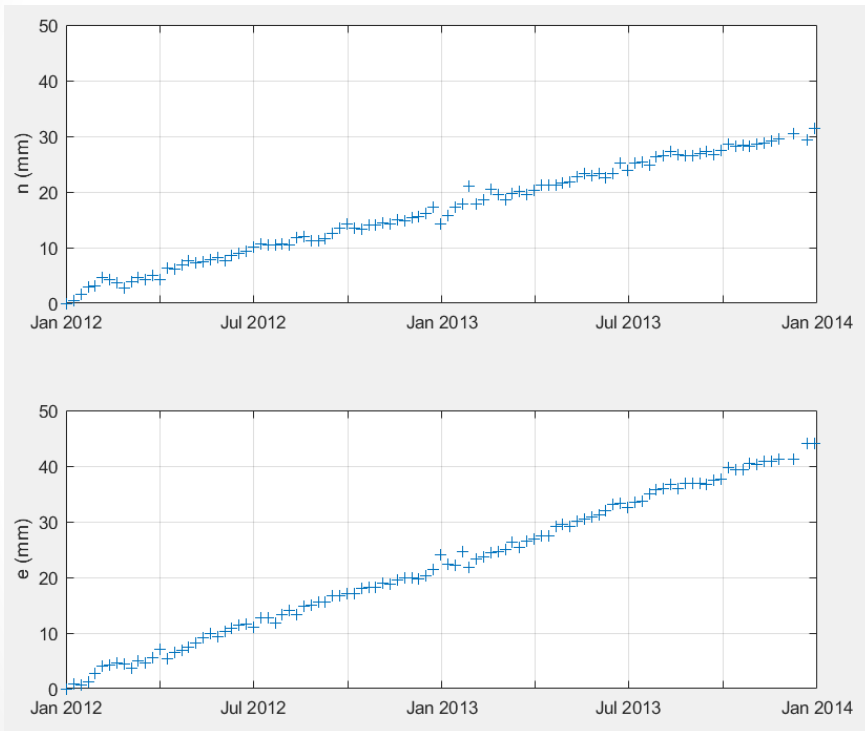
- odhad lineárneho trendu (v súradnici n , resp. e) a cyklickej zložky C (spolu so sezónnou zložkou) s amplitúdou A

Modelovanie časových radov

- alternatívny prístup:
 - modelovanie dvojrozmerného časového radu – **kointegrácia**
- predpoklad: horizontálne zložky polohy (n, e) vykazujú podobné správanie, môžeme odhadnúť **spoločný trend a spoločnú cyklickú zložku**
- princíp **kointegrácie**:
 - transformácia súradníc (n, e) na súradnicu y v smere spoločného trendu a súradnicu x v smere nulového trendu:
$$y_t = n_t \cos \alpha + e_t \sin \alpha \quad x_t = -n_t \sin \alpha + e_t \cos \alpha$$
 - odhad spoločného trendu v súradnici y , odhad spoločných cyklických zložiek v oboch súradniciach,
 - prípadne spätná transformácia na súradnice (n, e)

Modelovanie časových radov

- geometrická interpretácia kointegrácie:



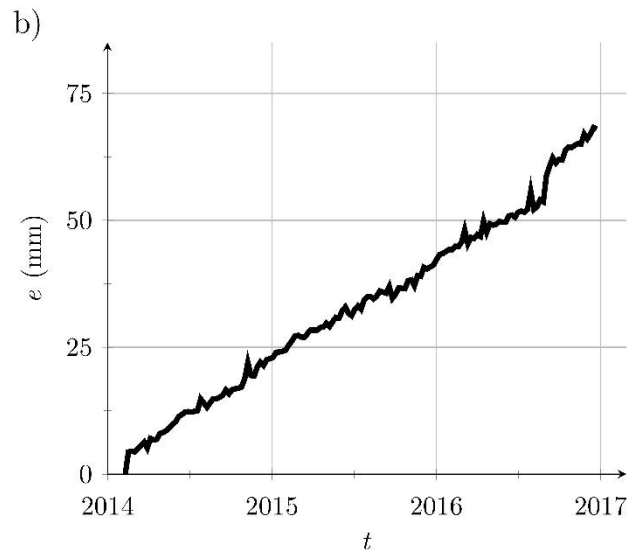
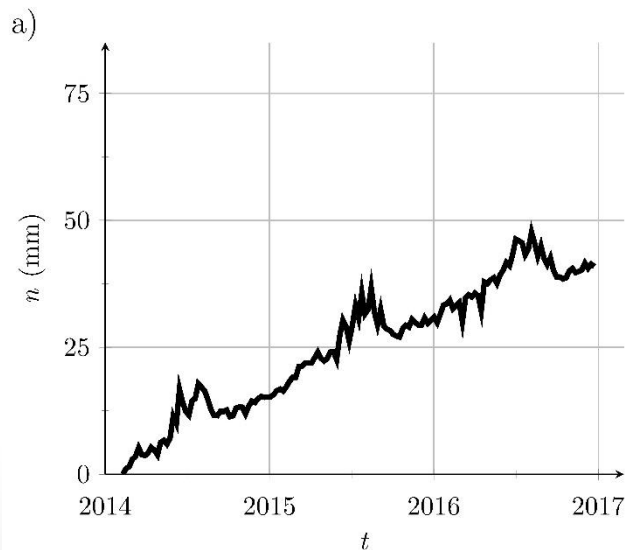
Modelovanie časových radov – experiment SUT1

- permanentná stanica SUT1:
 - lokalita Bratislava
 - stabilizácia: betónový pilier, umiestnenie na streche budovy, výška 1.21 m, priemer 0.4 m,
 - súčasť permanentných sietí CEPER a experimentálnych sietí...
- metóda spracovania v rámci siete CEPER podľa odporúčaní EPN (minimum odlišností),
- dáta z obdobia január 2014 – január 2017

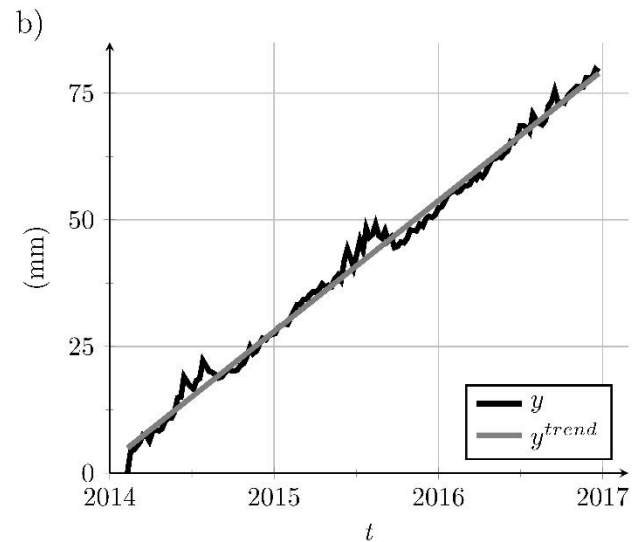
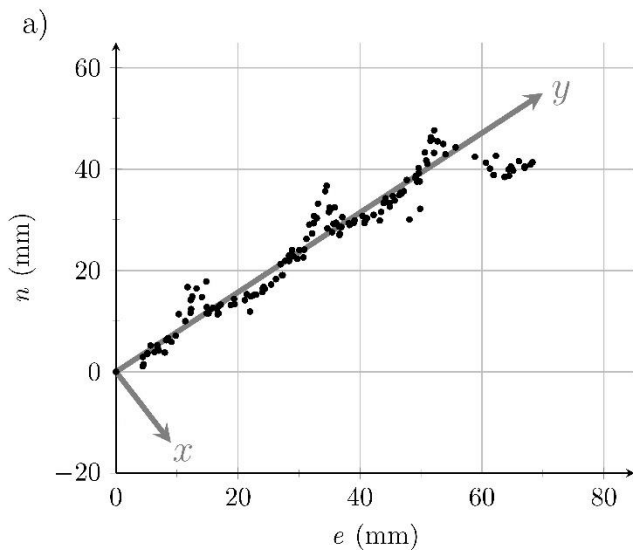


Modelovanie časových radov – experiment SUT1

- výrazný sezónny charakteristický pohyb spôsobený zohrievaním celej budovy v letných mesiacoch,
- potvrdenie: spracovanie a analýza meraní realizovaných presným snímačom naklonení (marec 2015 – marec 2016),
- problém spracovania časového radu: komplikované modelovanie cyklických zložiek, cyklické zložky zároveň ovplyvňujú odhad trendu

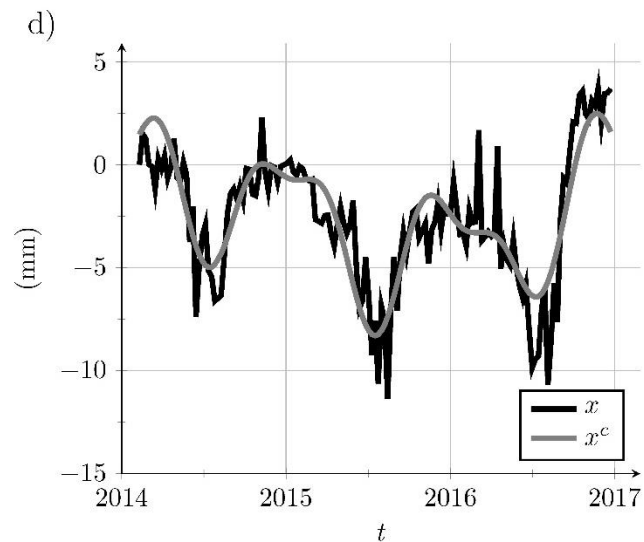
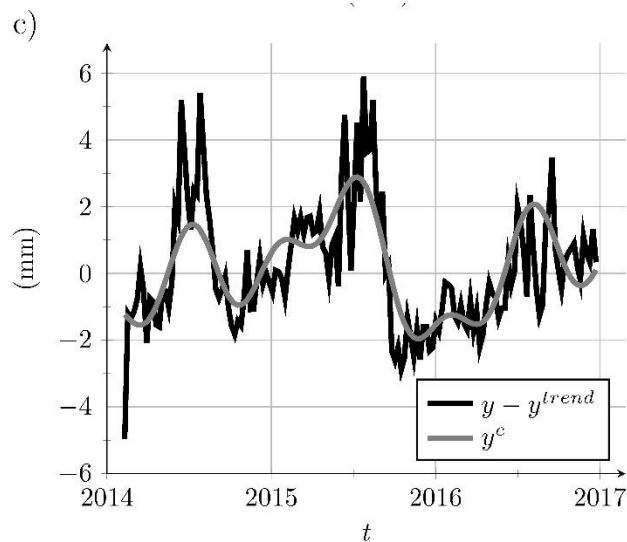


Modelovanie časových radov – experiment SUT1



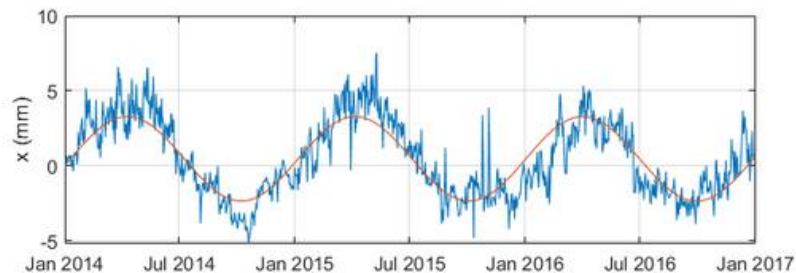
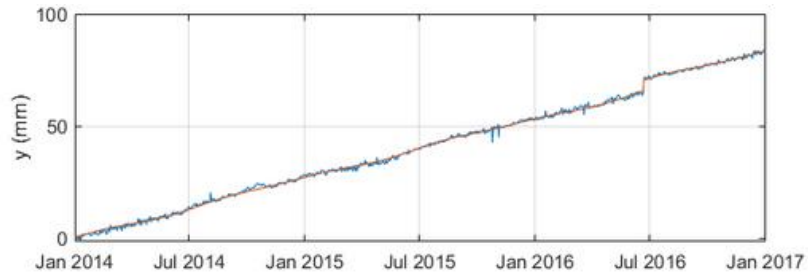
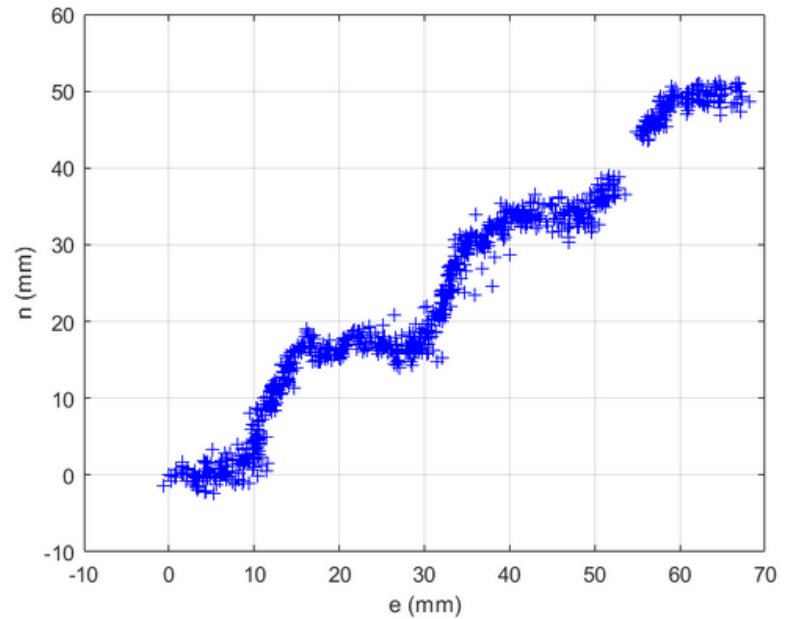
- a) Zobrazenie zložiek v smere sever – juh a východ – západ v horizontálnej rovine a ich transformácia do smeru spoločného trendu y
- b) Časový rad hodnôt y spolu s odhadnutým lineárnym trendom y^{trend}

Modelovanie časových radov – experiment SUT1



- c) Rezíduá v zložke y po odstránení lineárneho trendu a znázornenie odhadu cyklickej zložky y^c
- d) Znázornenie zložky x v smere nulového trendu a odhadu cyklickej zložky x^c

Modelovanie časových radov – experiment PADO



Záver

- klasický prístup: analýza jednorozmerných časových radov,
- analýza dvojrozmerných časových radov metódou kointegrácie: odhad spoločného trendu a spoločných cyklických zložiek,
- aplikácia metódy kointegrácie v geodézii: určenie horizontálnej zložky lineárnych ročných rýchlostí (spoločný trend) a určenie azimutu pohybu permanentných staníc,
- iné možnosti modelovania a odhadu závislostí medzi jednotlivými zložkami viacrozmerného časového radu,
- analýza šumu,
- ...

Ďakujem za Vašu pozornosť!