



K INTERPRETACI ROZDÍLŮ DVOJIC GNSS-RTK MĚŘENÍ

To interpretation The differences of pairs
GNSS-RTK measurements





Normativní dokumenty

- VYHLÁŠKA č. 31/1995 Sb. Českého úřadu zeměměřického a katastrálního ze dne 1. února 1995, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením ve znění vyhlášek č. 212/1995 Sb., č. 365/2001 Sb., č. 92/2005 Sb., č. 311/2009 Sb., č. 383/2015 Sb. A č. 214/2017 Sb.
- VYHLÁŠKA č. 357/2013 Sb. Českého úřadu zeměměřického a katastrálního ze dne 1. listopadu 2013 o katastru nemovitostí (katastrální vyhláška) ve znění vyhlášky č. 87/2017 Sb.
- NÁVOD PRO SPRÁVU GEODETICKÝCH ZÁKLADŮ ČESKÉ REPUBLIKY, č.j. ČÚZK-10867/2015-22 - z roku 2015. In <https://www.cuzk.cz/Predpisy/Resortni-predpisy-a-opatreni/Navody-CUZK.aspx> (platné k 8. 11. 2018). ISBN 978-80-86918-86-0.
- Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod, č.j. ČÚZK-01500/2015-22 - účinnost od 1. 2. 2015. In <https://www.cuzk.cz/Predpisy/Resortni-predpisy-a-opatreni/Navody-CUZK.aspx> (platné k 8. 11. 2018).
- ČÚZK-00488/2014-22 (08.01.2014). Odpovědi na dotazy k používání technologie GNSS. In <https://www.cuzk.cz/Predpisy/Stanoviska-k-aplikaci-katastralni-vyhlascky/vyhlascka-c-357-2013.aspx> (platné k 8. 11. 2018)





Přesnost bodů polohových bodových polí

Mezní (souřadnicová?) odchylka U_{xy} se stanoví jako κ násobek základní střední souřadnicové chyby m_{xy} .

$$U_{xy} = \kappa \cdot m_{xy},$$

$\kappa = 2,5$ (ZPBP, ZhB) nebo

$\kappa = 2$ (PPBP a podrobné body).

Určení polohy (souřadnic x, y) je třeba kontrolovat nezávisle.

Pro kontrolu stejně jako nové určení polohy platí stejné mezní odchylky (nepřímo vyplývá z norm. dokumentace)





GNSS-RTK měření – kontrola (něco s teorie)

Nové určení (stejně jako kontrolu) souřadnic ZhB a bodů nižší přesnosti lze provést opakovaným měřením GNSS-RTK.

Je-li požadavek na mezní odchylku kontroly a nového určení stejný, potom lze použít vzorec

$$q = m_{xy} \sqrt{-2 \cdot \ln(1 - P)},$$

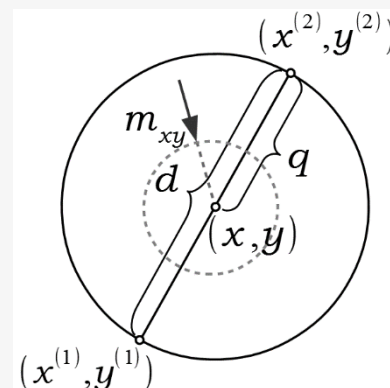
P ... pravděpodobnost, že skutečná chyba polohy nepřekročí velikost q (obr.),

m_{xy} ... požadovaná střední souřadnicová chyba.

Pro $P = 0,95$ vyjde: $q = 2,45 \cdot m_{xy} \sim 2,5 \cdot m_{xy}$

Pro $P = 0,86$ vyjde: $q = 2 \cdot m_{xy}$

Veličina q tedy vyjadřuje **polohovou** chybu, nikoliv souřadnicovou chybu.





Popis experimentu

Kontrolní bodové pole:

Stabilizované body rozmístěny v areálu rozlohy 12 ha. Umístění bodů primárně podřízeno terestrickým měřením.

Souřadnice ETRS 89 (UTM 33) určeny připojením na body TUBO (CZEPOS) a CZ Brno 2 (VRS NOW)

Průměrná střední souřadnicová chyba určena z vyrovnání MNČ: $m_{xy} = 0,009$ m.

Přístroje:

Použity přístroje Trimble GeoXR s externí anténou Zephyr 2 a Trimble R4, Model 3
Elevační maska 12° (13°), interval záznamů 2 sekundy, PDOP maska 6. Doba měření 30 až 50 sekund. Centrace pomocí teleskopické tyče opatřené bipodem.

Služby:

Použity služby virtuálních referenčních stanic s formátem korekcí CMR+, v případě CZEPOS byla použita služba VRS.iMax-CZEPOS-GG_CM+





Umístění kontrolních bodů (výřez snímků)



(Podkladový snímek a rozmístění bodů byly vytvořeny a zobrazeny pomocí Google Earth)



Umístění bodu 2020



Východiska empirického ověření

„Rozdíl měřické dvojice a chyba jejich aritmetického průměru jsou nekorelované“ (podle Böhm a kol. Teorie chyb a vyrovnávací počet, Kartografie, Praha 1989).

Hrubá chyba v jednom měření z dvojice se projeví v průměru svojí poloviční velikostí => korelace bude významná.

Dokud bude korelační koeficient neprůkazný, potom jsou výsledky zatíženy pouze náhodnými chybami, které vyjadřují např. požadovanou přesnost.





Vývoj korelačního koeficientu r v závislosti na filtru d_{Hz} (celkem $n = 225$ dvojic)

$m_{xy} = 0,01$ m, $n = 225$, $N = 100\ 000$, $\alpha = 0,05$

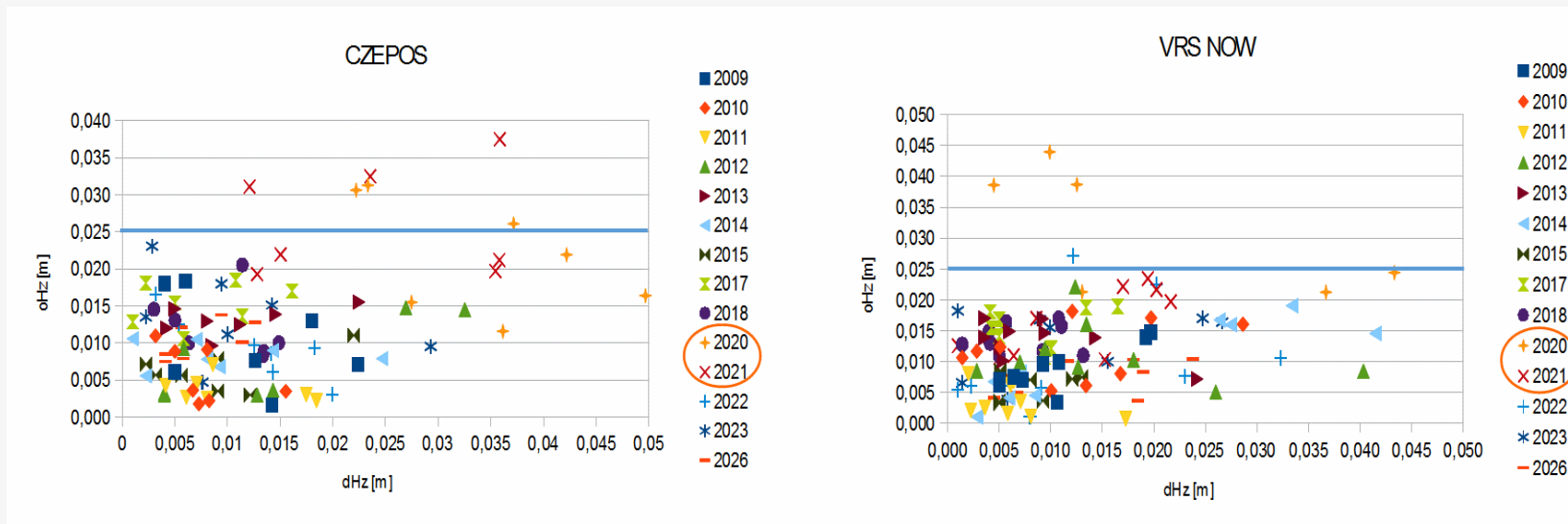
1	<i>filtr(dHz) [m]</i>	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,30
2	<i>r(model)</i>	0,0013	-0,0014	-0,003	-0,007	-0,008	-0,008	-0,008	-0,008
3	<i>r(měření)</i>	-0,009	0,010	0,210	0,307	0,318	0,318	0,366	0,842
4	<i>r(min)</i>	-0,193	-0,127	0,072	0,177	0,191	0,191	0,246	0,799
5	<i>r(max)</i>	0,175	0,146	0,340	0,426	0,435	0,435	0,475	0,846
6	<i>N(model) [%]</i>	22,2	63,5	89,6	98,2	99,8	99,99	100	100
7	<i>n(měření)[%]</i>	52,9	81,3	91,1	95,1	97,3	97,8	98,7	99,6

Dolní (min) a horní (max) hranice korelačního koeficientu r byly počítány podle vzorce, který lze nalézt na stránkách <http://portal.matematickabiologie.cz/> pro hladinu významnosti $\alpha = 0,05$.





Vztah polohové difference a polohové chyby po zavedení $d_{HZ}(filtr) = 0,05$ m



Z obrázků je zřejmé, že polohové chyby o_{HZ} (resp. souřadnicové chyby o_{xy}) na Bodech 2020 a 2021 překračují mezní souřadnicovou chybu U_{xy} .

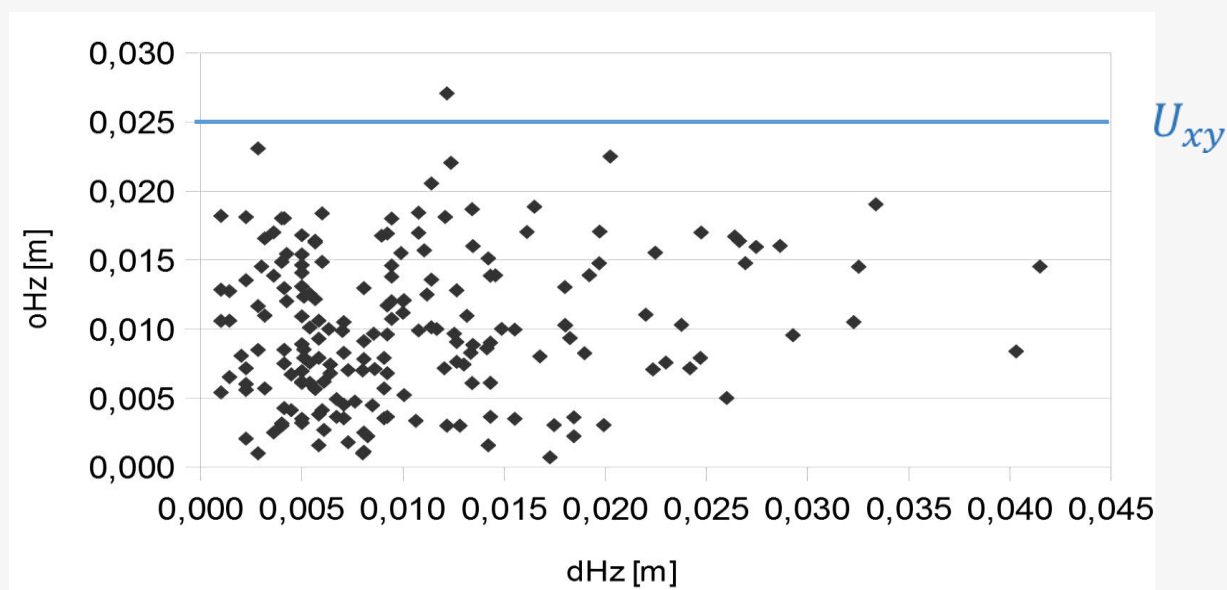
Možná příčina: *multipath*.

Řešení: vyřazení bodů 2020 a 2021 ze souboru dvojic.





Po vyřazení bodů 2020 a 2021

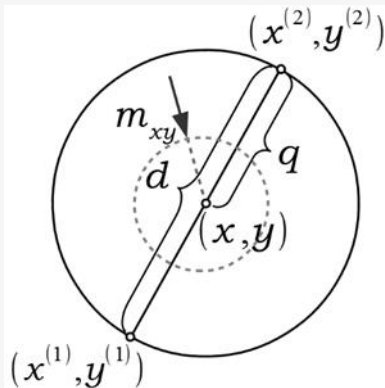


Korelační koeficient $r = 0,150$, ($\min r = 0,008$, $\max r = 0,286$).



Využití teorie

Vztah polohové difference $d_{HZ} \equiv d$, mezní souřadnicové chyby $U_{xy} = \kappa \cdot m_{xy} \equiv q$, polohové chyby průměru o_{HZ} a souřadnicové chyby jednotlivých měření o_{xy}



Z obrázku vyplývá, že $d = 2q$.

Z rovnic pro střední chyby jednotlivých měření a střední chyby aritmetického průměru měřických dvojic vyplývá:
 o_{HZ} (průměru) = o_{xy} (jednoho měření).

Zvolíme: $m_{xy} = 0,01$ m, $P = 0,95$, potom:

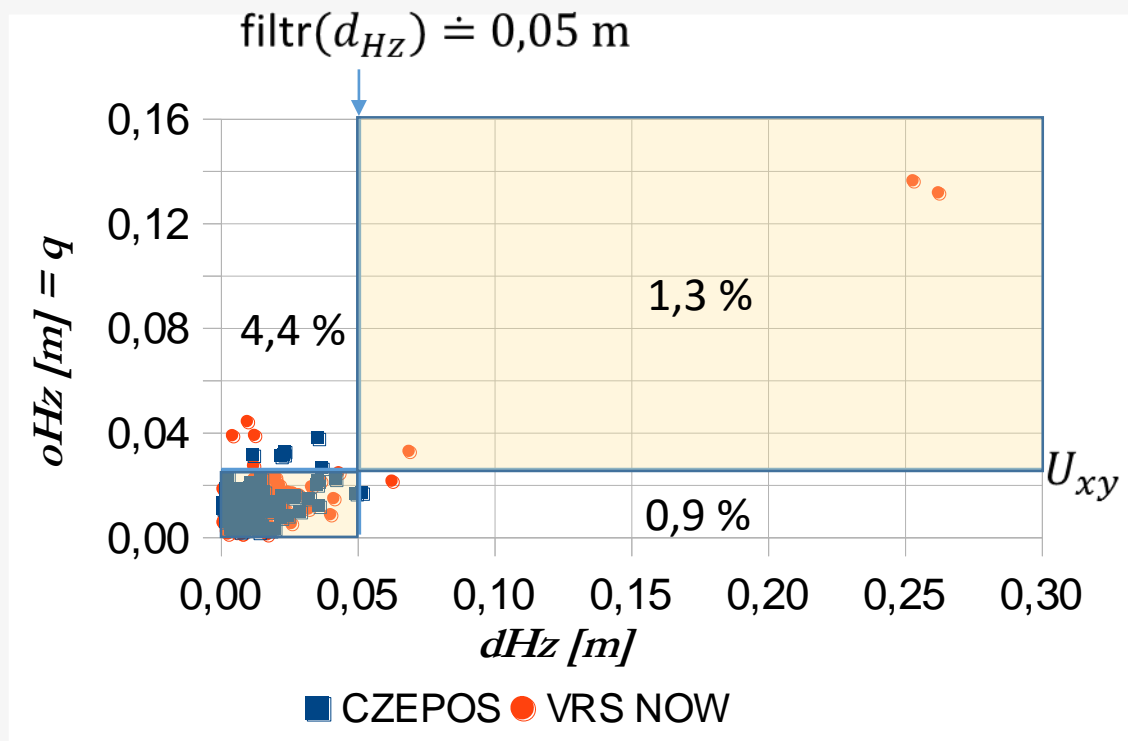
$$U_{xy} = q = 0,0245 \text{ m,}$$

$$d_{HZ} = 2 \cdot q = 0,049 \text{ m.}$$





Vztah mezi polohovou diferencí d_{HZ} a polohovou chybou jejich průměru o_{HZ} , respektive souřadnicovou chybou o_{xy} .



Hodnota $m_{xy} = 0,01$ m
převzata z rozboru přesnosti
služeb CZEPOS



Dílčí závěry

1. Důležitou podmínkou pro získání kvalitních výsledků GNSS-RTK měření je volba stanoviště antény přijímače GNSS. Zvláště nebezpečné jsou překážky v bezprostřední blízkosti stanoviště antény. Nestačí časová nezávislost, příznivé PDOP ani zdárně fixované ambiguity. Nebezpečí systematického vlivu multipath.
2. Polohové difference $d_{HZ} < (0,04 \text{ m až } 0,05 \text{ m})$ jsou s vysokou pravděpodobností ($\approx 98 \%$) způsobeny pouze náhodnými chybami. Lze tedy předpokládat, že jednotlivá měření i průměry dvojic budou mít odpovídající kvalitu.
3. Polohové difference $d_{HZ} > (\approx 0,07 \text{ m})$ vzbuzují podezření na přítomnost hrubé chyby způsobené multipath nebo nesprávně fixovanou ambiguity.
4. Lze připustit při pracích „nižší“ přesnosti ($m_{xy} = 0,06 \text{ m, nebo } 0,14 \text{ m}$) polohovou diferencí dvojice GNSS-RTK měření $d_{HZ} > (\approx 0,07 \text{ m})$?





Děkuji za pozornost

*Příspěvek je dílčím výsledkem výzkumného projektu DZRO K-210 NATURENVIR,
který je realizovaný na Univerzitě obrany v Brně*

