

Kvalita digitálneho modelu povrchu vytvoreného algoritmami počítačového videnia – komparatívna štúdia

QUALITY OF DIGITAL SURFACE MODEL GENERATED BY COMPUTER VISION
ALGORITHMS – COMPARATIVE STUDY

Marek Fraštia, Marián Marčiš, Ondrej Trhan
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Stavebná fakulta
Katedra geodézie

MOTIVÁCIA

- V súčasnosti registrujeme obrovský rozvoj v automatickej tvorbe 3D modelov a ortofoto z obrazu – množstvo (desiatky) SW systémov
- Rôzne SW používajú rôzne algoritmy počítačového videnia a rekonštrukcie povrchu
- Rôzne možnosti nastavení pri spracovaní snímok
- Používajú sa aj „neprofesionálne“ kamery (RPAS fotogrametria), čo môže generovať problémy s deformáciami modelov.
- Aké je teda využitie pre tvorbu digitálnych výškových modelov povrchu?

CIELE:

- Určenie dosiahnuteľnej výškovej presnosti
- Porovnanie špičkových SW (PhotoScan, RealityCapture, ContextCapture) navzájom
- Detekcia problémov
- Porovnanie s leteckým laserovým skenovaním

FOTOGRAMETRICKÉ SKENOVANIE WORKFLOW

COMPUTER VISION

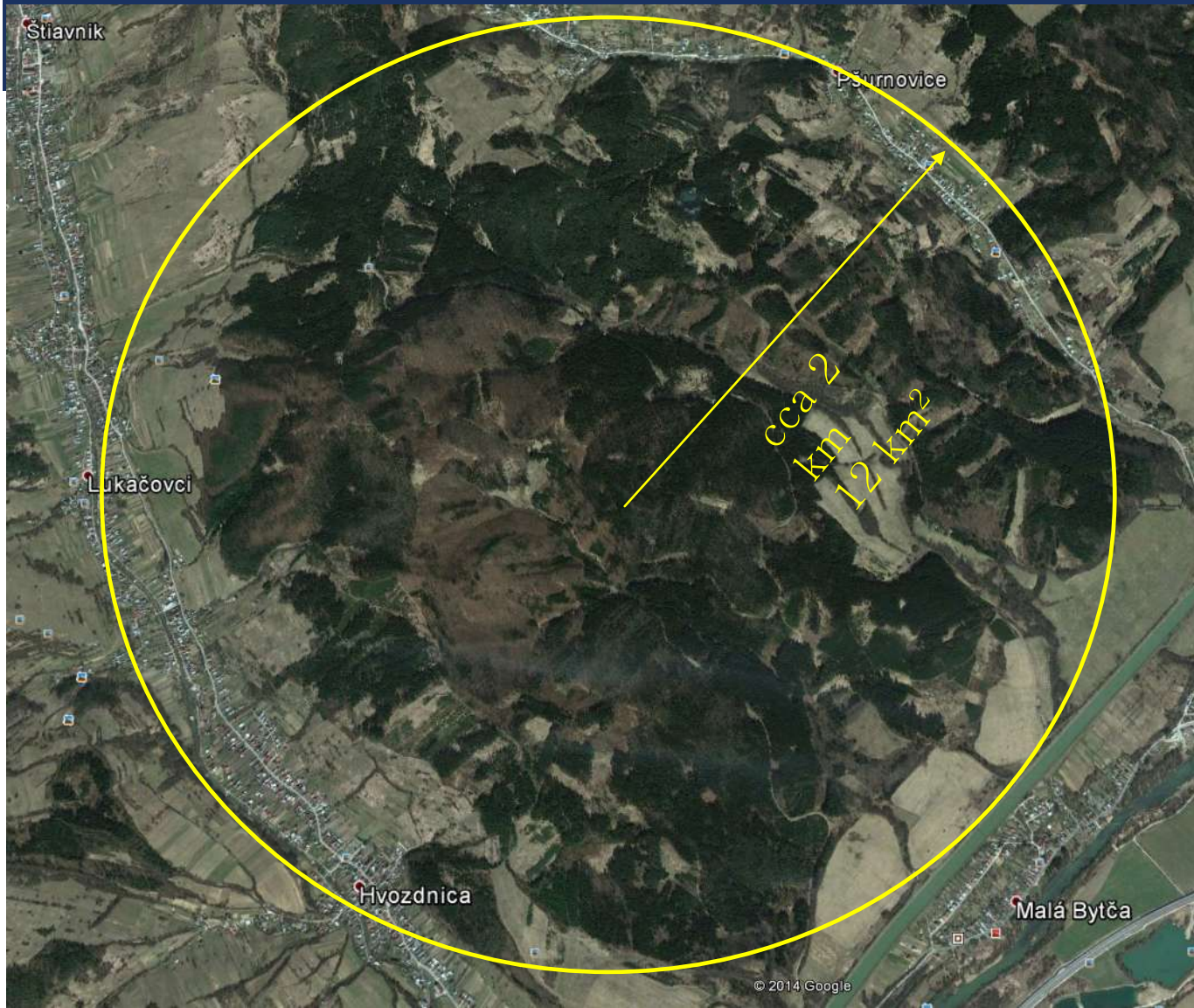
- ❑ automatické vyhľadanie charakteristických bodov na snímkach (SFM, SIFT, SURF)



ibráciou

zlišením (max.

ZDROJOVÉ ÚDAJE LOKALITA



Súradnicový a
projekčný
systém:
WGS84/UTM
34N

ZDROJOVÉ ÚDAJE

KAMERA

PhaseOne P65+



$f = 51 \text{ mm}$

$H(\text{rel}) = 650 \text{ m}$

$\text{GSD} = 0,08\text{m}$

$p = 60 \%$

$q = 40 \%$

a priori:

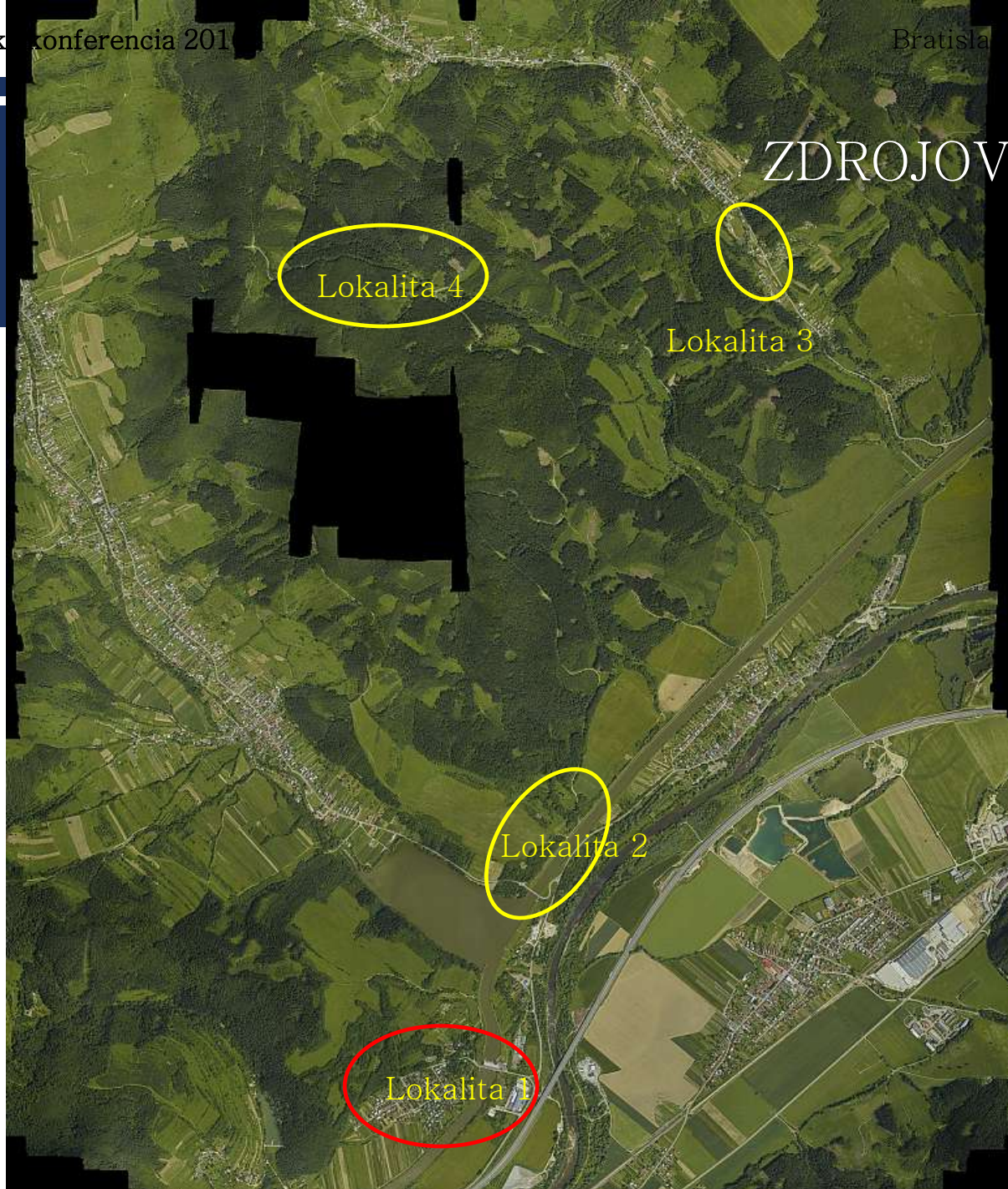
$m_{XY} = 0,10 - 0,15 \text{ m}$

$m_Z = 0,20 - 0,30 \text{ m}$

60 megapixel – P65+	CCD-chip, 53.9 mm x 40.4 mm
	8924 pixel x 6732 pixel
Pixel size	6.0 μm
Color depth	16 bit per color

ZDROJOVÉ ÚDAJE

LOKALITY



Fotogrametrické skenovanie:

PhotoSca

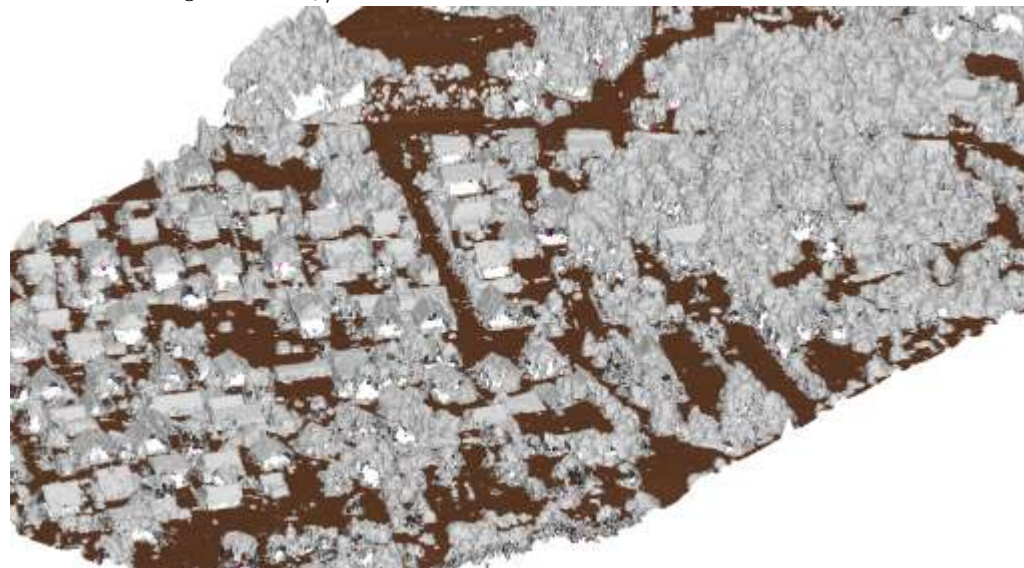
ZDROJOVÉ ÚDAJE

SPRACOVANIE SNÍMOK

Fotogrametrické skenovanie:

- Systém: PhotoScan
- automatická orientácia 1590 snímok
- 853 000 spojovacích bodov, 19 vĺčovacích a 8 kontrolných bodov
- Blokové vyrovnanie zväzku lúčov (AAT)
- Generovanie mračien bodov vo vybraných oblastiach (maska 4x4, CV stereoview) s hustotou cca 50 bodov/m² (krok cca 0,07m)

vĺčovacie body			
RMS [m]	0,007	0,004	0,004
priemer [m]	0,004	-0,001	0,000
max [m]	0,024	0,013	0,009
kontrolné body			
RMS [m]	0,147	0,058	0,086
priemer [m]	0,136	0,043	0,010
max [m]	0,242	0,091	0,201
projekčné centrá			
RMS [m]	0,323	0,201	0,221
priemer [m]	0,289	0,080	-0,052
max [m]	1,099	-0,721	1,091



Fotogrametrické skenovanie: RealityCapture

ZDROJOVÉ ÚDAJE

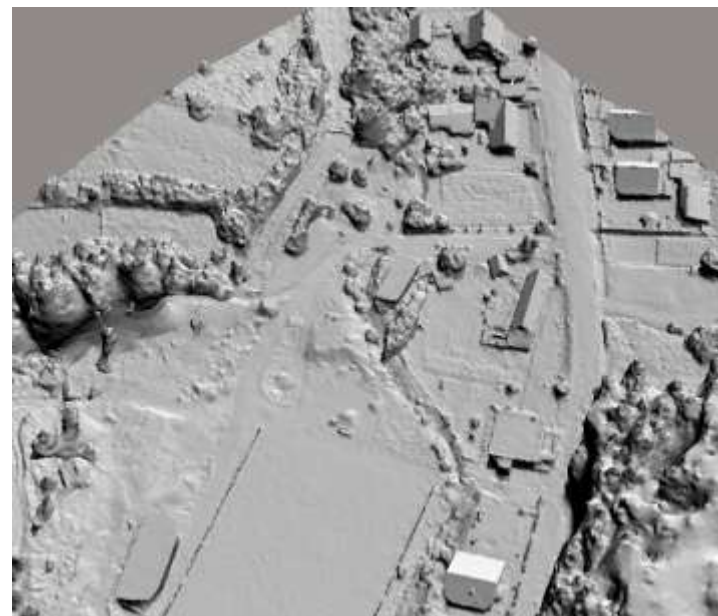
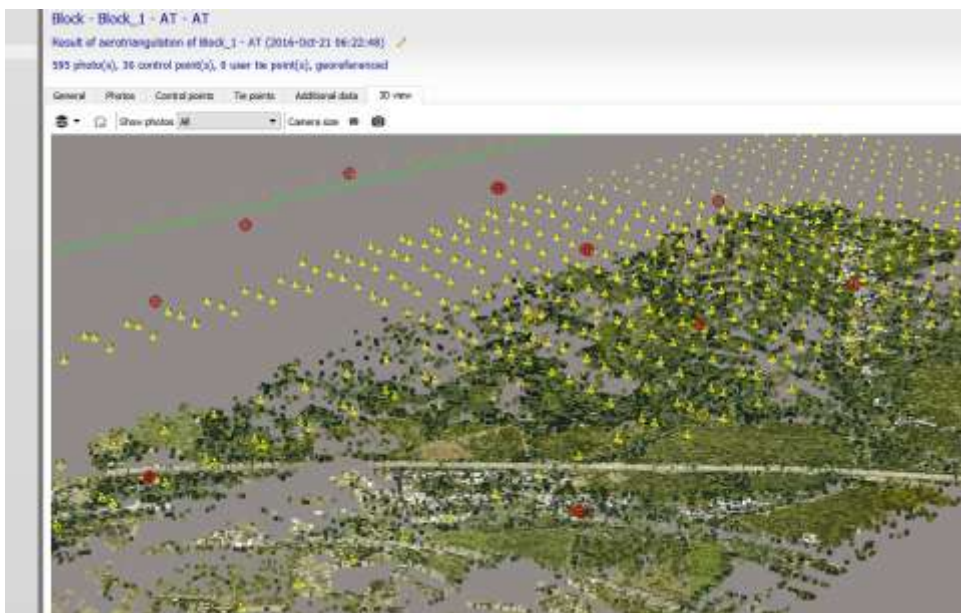
SPRACOVANIE SNÍMOK



Fotogrametrické skenovanie: ContextCapture

ZDROJOVÉ ÚDAJE

SPRACOVANIE SNÍMOK

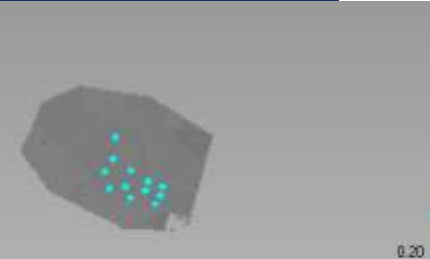
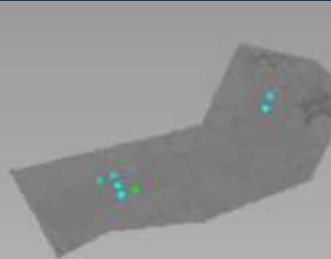


Name	Category	Check point	Given X	Given Y	Given Ellipsoidal height	Horizontal accuracy [m]	Vertical accuracy [m]	Estimated X	Estimated Y	Estimated Ellipsoidal height	RMS of reproj. error [px]	RMS of dist. to rays [m]	3D error [m]
1	Full	<input type="checkbox"/>	317249.717	5451453.742	323.677	0.010	0.010						
10	Full	<input type="checkbox"/>	320068.878	5455034.402	344.094	0.010	0.010	320068.879	5455034.402	344.094	0.02	0.001	0.001
11	Full	<input type="checkbox"/>	319367.560	5455840.210	348.711	0.010	0.010						
11.1	Full	<input type="checkbox"/>	319345.773	5455816.928	345.794	0.010	0.010	319345.772	5455816.930	345.794	0.03	0.002	0.002
12	Full	<input type="checkbox"/>	318188.803	5456210.416	379.199	0.010	0.010						
12.1	Full	<input type="checkbox"/>	318176.756	5456194.647	380.281	0.010	0.010						
13	Full	<input type="checkbox"/>	320095.364	5456188.774	330.422	0.010	0.010	320095.366	5456188.771	330.422	0.04	0.003	0.003
14	Full	<input type="checkbox"/>	319567.813	5456938.016	350.409	0.010	0.010	319567.812	5456938.014	350.409	0.03	0.002	0.002
14.1	Full	<input type="checkbox"/>	319565.188	5456939.435	350.452	0.010	0.010						

Fotogrametrické skenovanie:

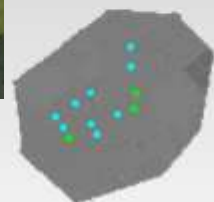
Photoscan

Etalón: bodové meranie GNSS v SKPos mH = 0.05 m



FTG – bodové
porovnanie s
GNSS

Směrová odchylka, D_{xy} : (0.000, 0.000, 1.000)
Max. +/-: 0.00 / -0.16 m
Průměr +/-: 0.00 / -0.09 m
Standardní odchylka: 0.03 m
Odhadovaná efektivní hodnota (RMS): 0.09 m



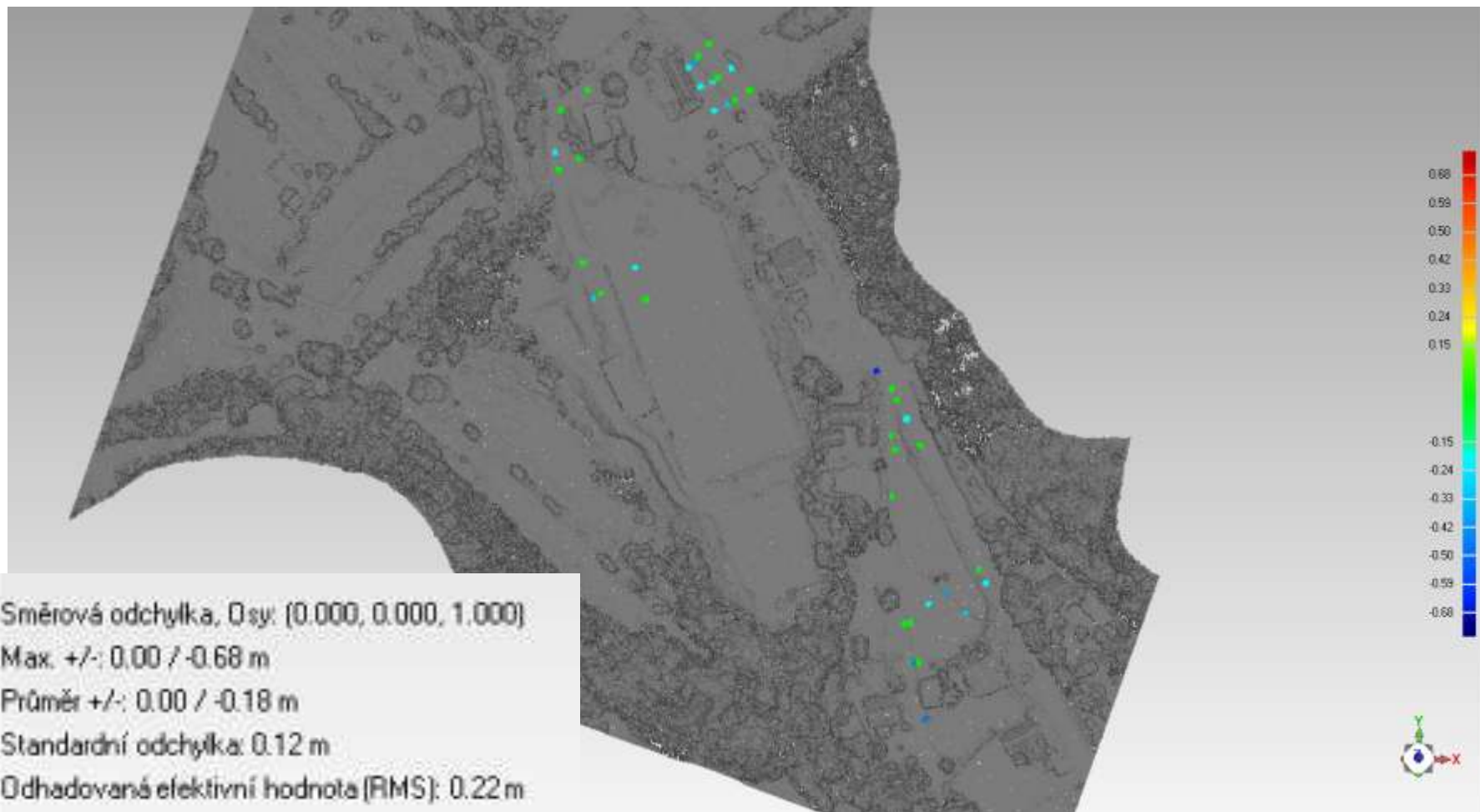
Směrová odchylka, D_{xy} : (0.000, 0.000, 1.000)
Max. +/-: 0.00 / -0.16 m
Průměr +/-: 0.00 / -0.09 m
Standardní odchylka: 0.03 m
Odhadovaná efektivní hodnota (RMS): 0.09 m



Fotogrametrické skenovanie:

- Systém: Photoscan

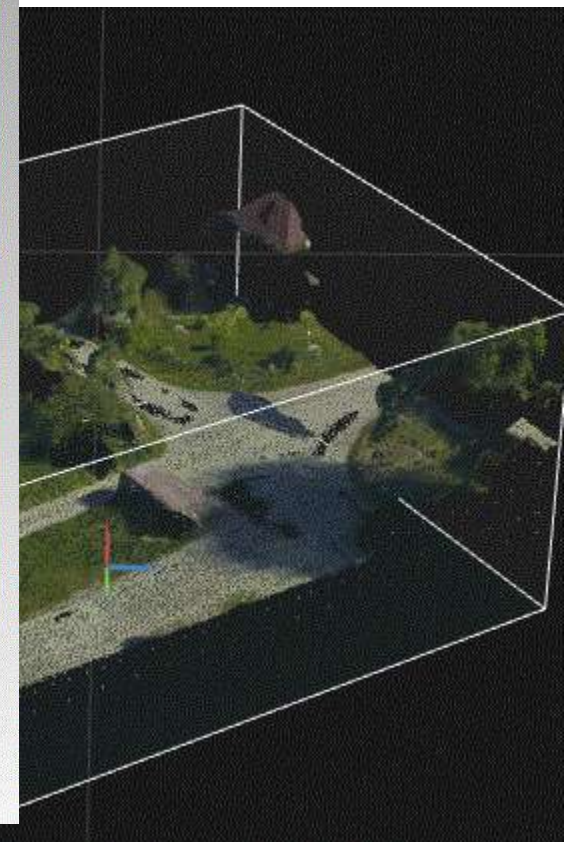
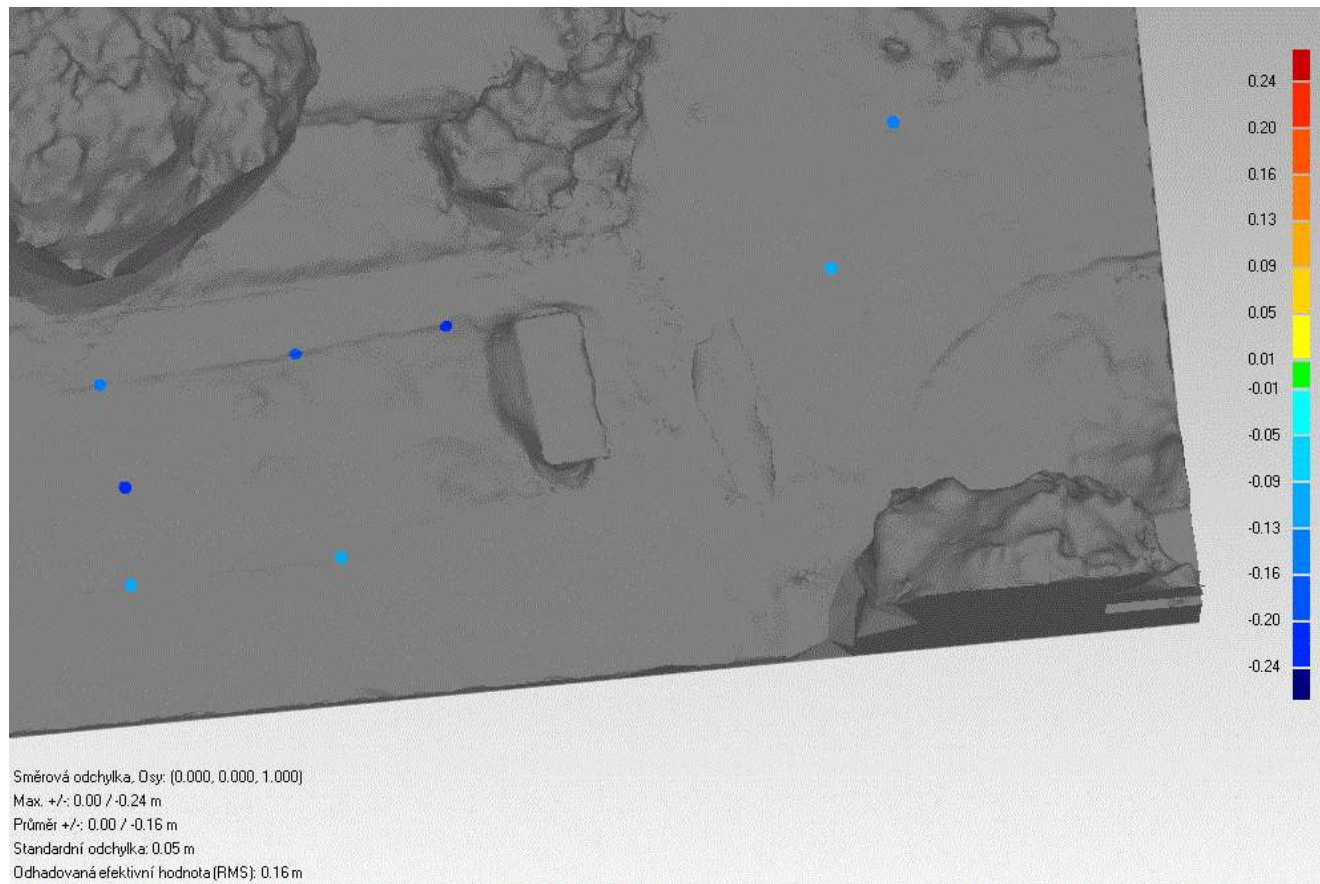
Etalón: bodové meranie GNSS v SKPos mH = 0.05 m



Fotogrametrické skenovanie:

REALITY CAPTURE (area1)

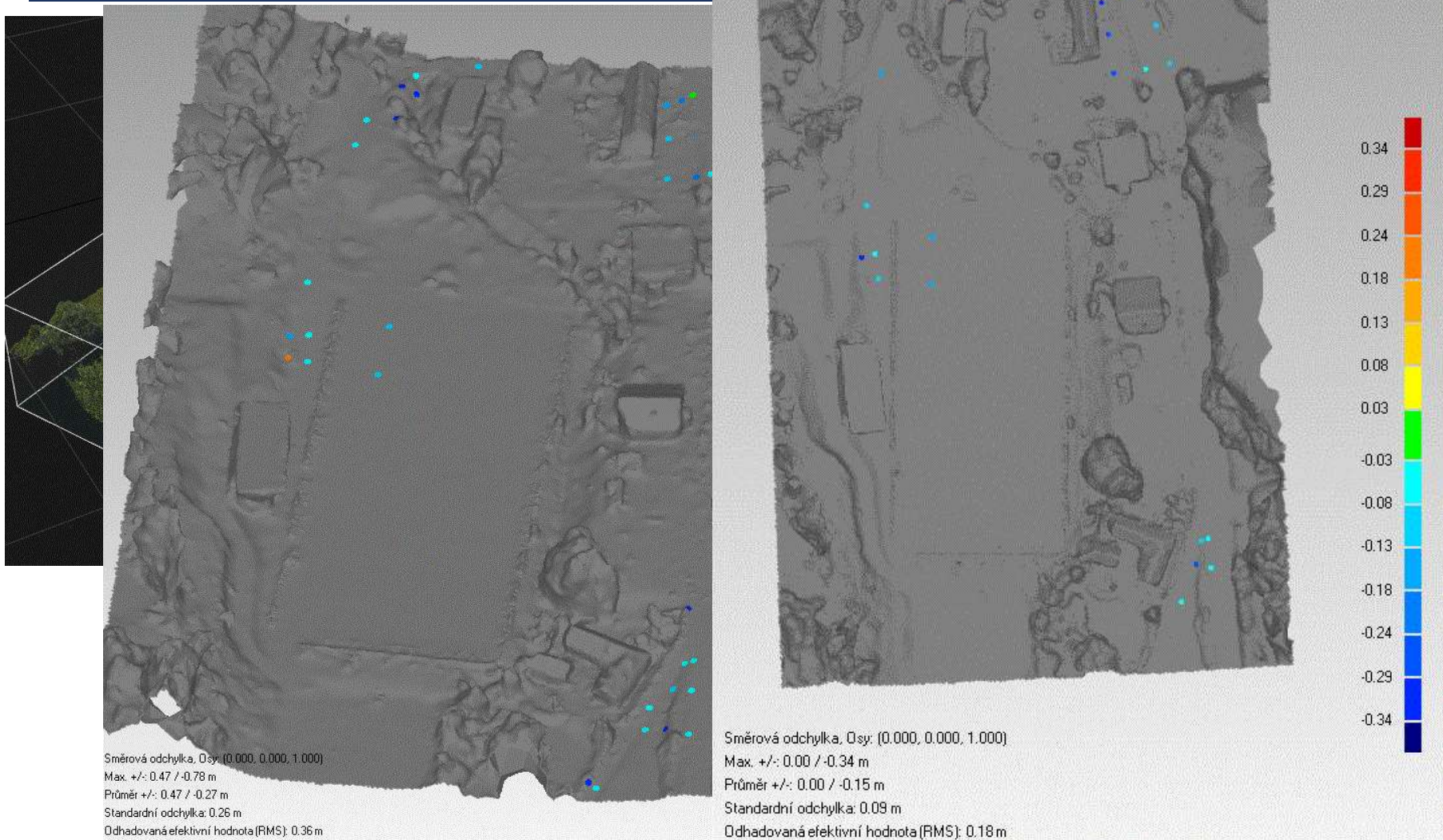
Etalón: bodové meranie GNSS v SKPos mH =
0.05 m



Fotogrametrické skenovanie:

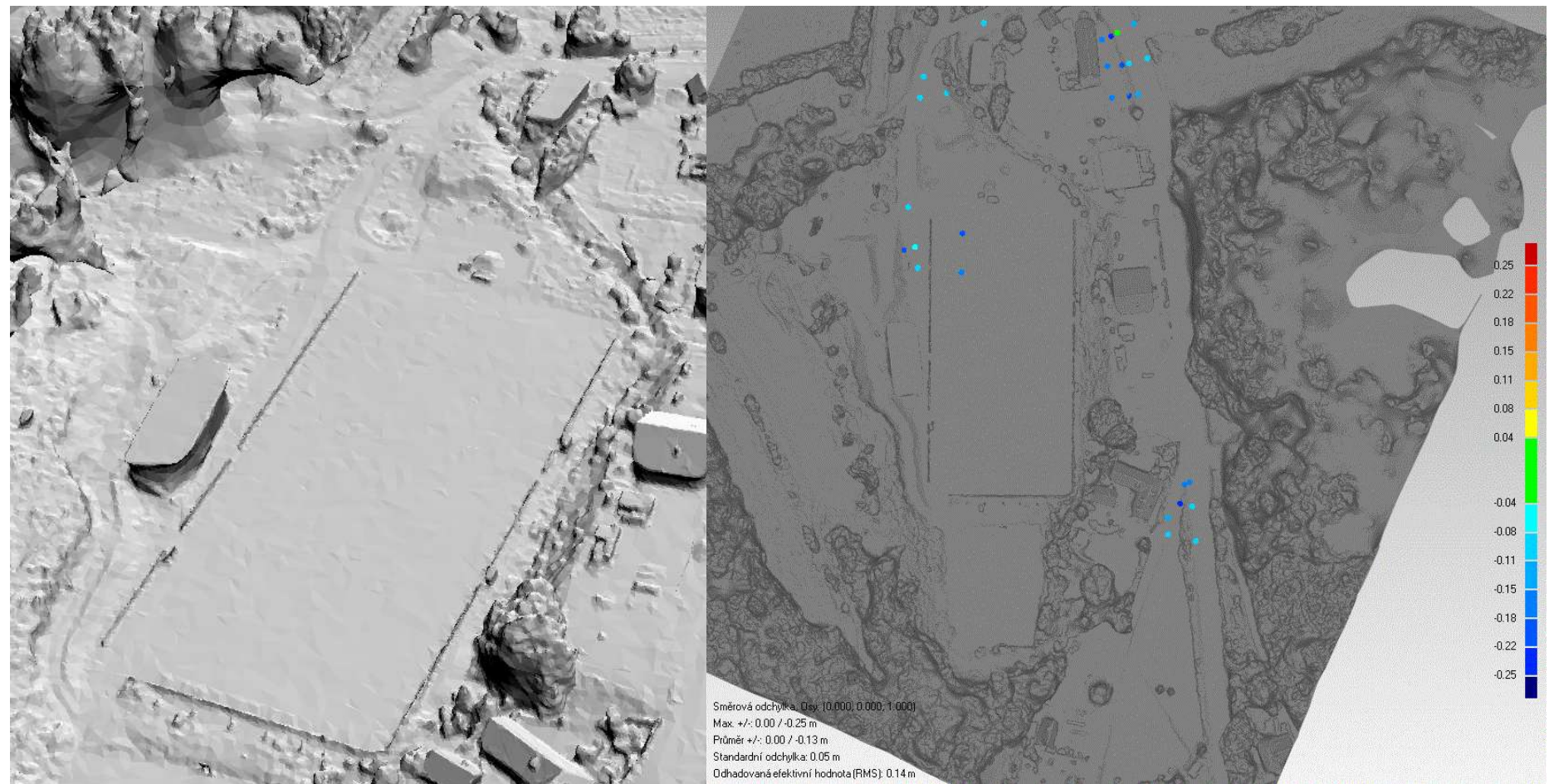
REALITY CAPTURE (area2)

Etalón: bodové meranie GNSS v SKPos mH =
0.05 m



Fotogrametrické skenovanie:

- Systém: Context Capture (area2) Etalón: bodové meranie GNSS v SKPos mH = 0.05 m

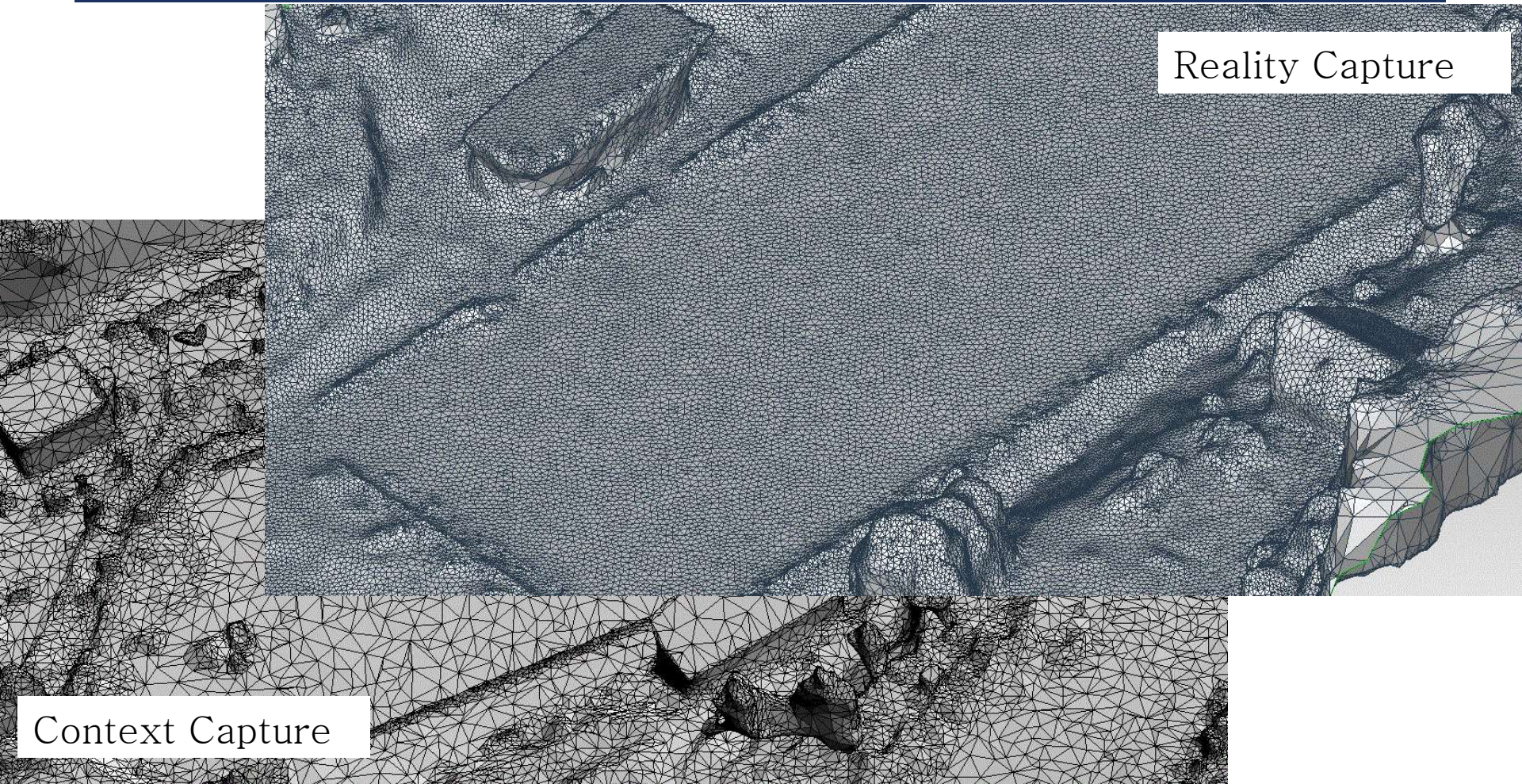


Fotogrametrické skenovanie:

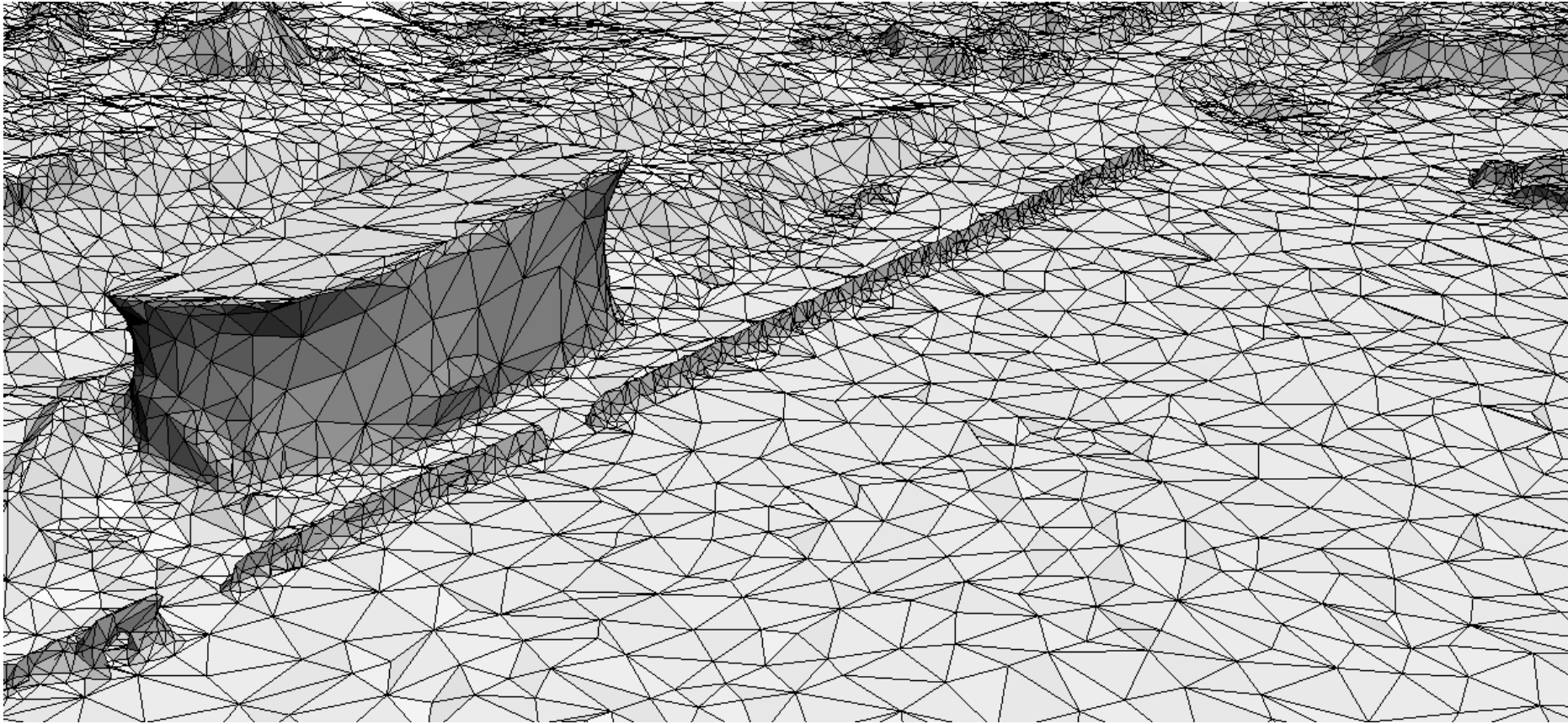
Tvorba TIN

Reality Capture

Context Capture

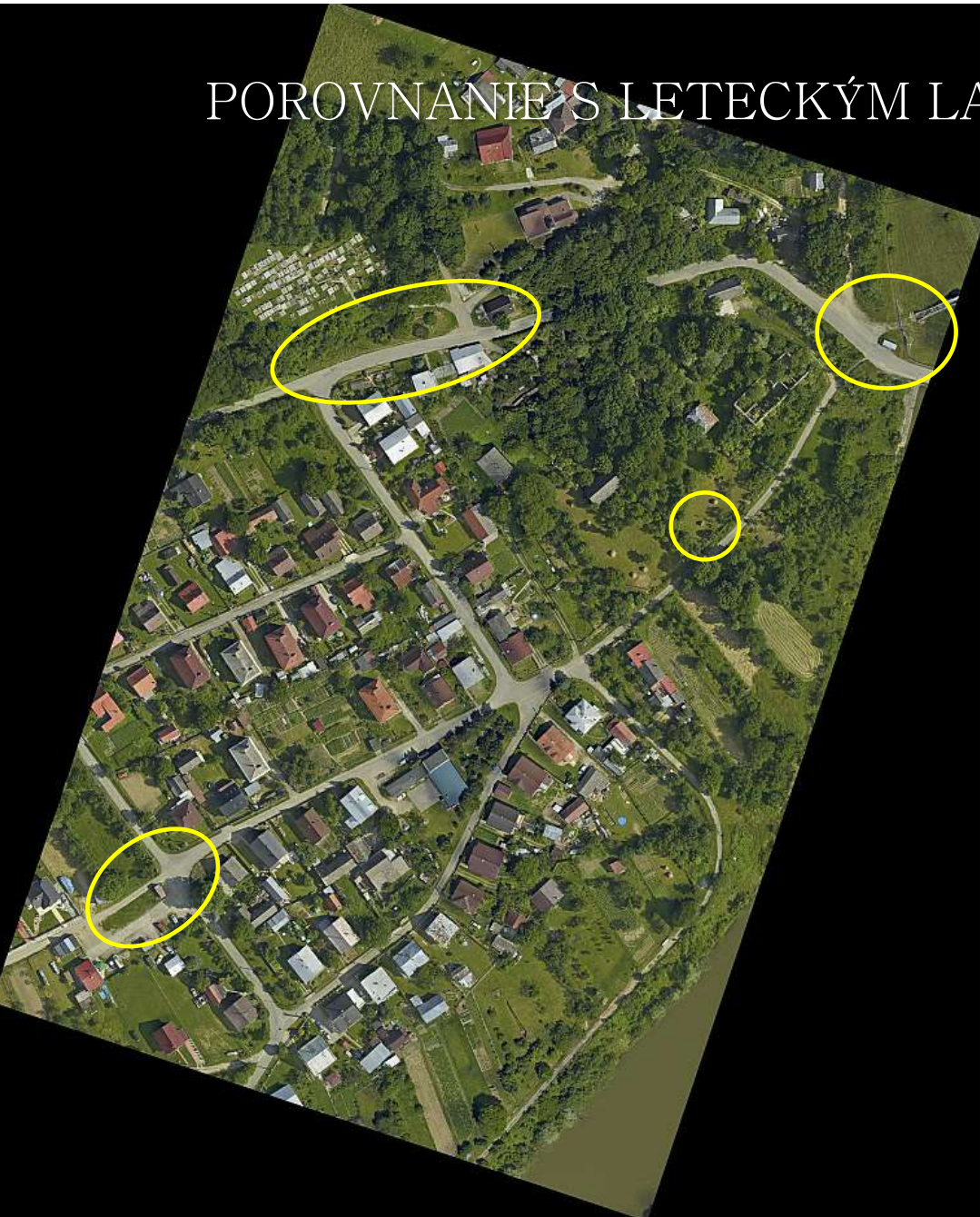


CONTEXT CAPTURE



POROVNANIE S LETECKÝM LASEROVÝM SKENOVANÍM

LOKALITA 1 – KONTROLNÉ MERANIA



hustota(FTG) = 50
bodov/m²
hustota(LS) = 35
bodov/m²

ZDROJOVÉ ÚDAJE

LASER SCAN TRIMBLE HARRIER 68I
LASER SCAN RIEGEL LMS Q680I

zber

- Up to 400 kHz laser pulse rate
- Scan speed up to 200 Hz
- Full waveform digitization
- 45 – 60 degree field of view
- Roll compensation (software based)
- LiDAR operating altitude up to 1600 m AGL
- Integrated flight management system
- Portable storage system
- Integrated medium-format digital frame camera with fully integrated forward motion compensation (FMC)



Sensor Head Specifications

Beam deflection	Rotating polygon
Pulse repetition rate	80 kHz–400 kHz
Field of view	45 degrees to 60 degrees (max)
Measurement rate	266 kHz @ 60 degree 200 kHz @ 40 degree
Operating altitude	30 m AGL–1 600 m AGL
Beam divergence	≤ 0.5 mrad
Range capture	Full waveform digitization
Intensity capture	16 bit dynamic range for each echo
Scan frequency	10 Hz to 200 Hz
Eye safety class	Class 3R
Swath width	83% of op. altitude (45 degrees)
Range resolution	0.020 m
Vertical accuracy	<0.15 m (absolute)
Horizontal accuracy	<0.25 m (absolute)
Scan pattern	Parallel lines
Temperature	0 °C to +40 °C (operation) –10 °C to +50 °C (storage)
Humidity	0% to 85% non-condensing
Weight	42 kg
Dimensions	30 W × 64 L × 48 H cm

ZDROJOVÉ ÚDAJE

Laserové skenovanie

PRÍPRAVA A SPRACOVANIE ÚDAJOV

- Vyrovnanie letovej dráhy – využitím údajov z referenčnej stanice (pomocou aplikácie POSPac MMS) a údajov zaznamenaných pomocou GPS a IMU jednotky na palube lietadla.
- Extrakcia bodov zo surového laserového signálu použitím gaussovej dekompozície signálu (použitá aplikácia RIANALYZE)
- Horizontálne a vertikálne vyrovnanie údajov (pomocou aplikácie LP Master). Vyrovnanie sa robí v dvoch krokoch. V prvom kroku sa jedná o **relatívne vyrovnanie**, kde sa vyrovnávajú jednotlivé letové línie/pásky (strip) voči sebe. V druhom kroku (globálne vyrovnanie) dochádza už k vyrovnaniu voči referenčným údajom. Výsledky tohto vyrovnania boli nasledovné:

Vertikálne vyrovnanie mračna bodov (globálne):

Number of reference points: 13 (inside tiles)

Middle deviation [m]: -0.037

Min deviation : -0.206

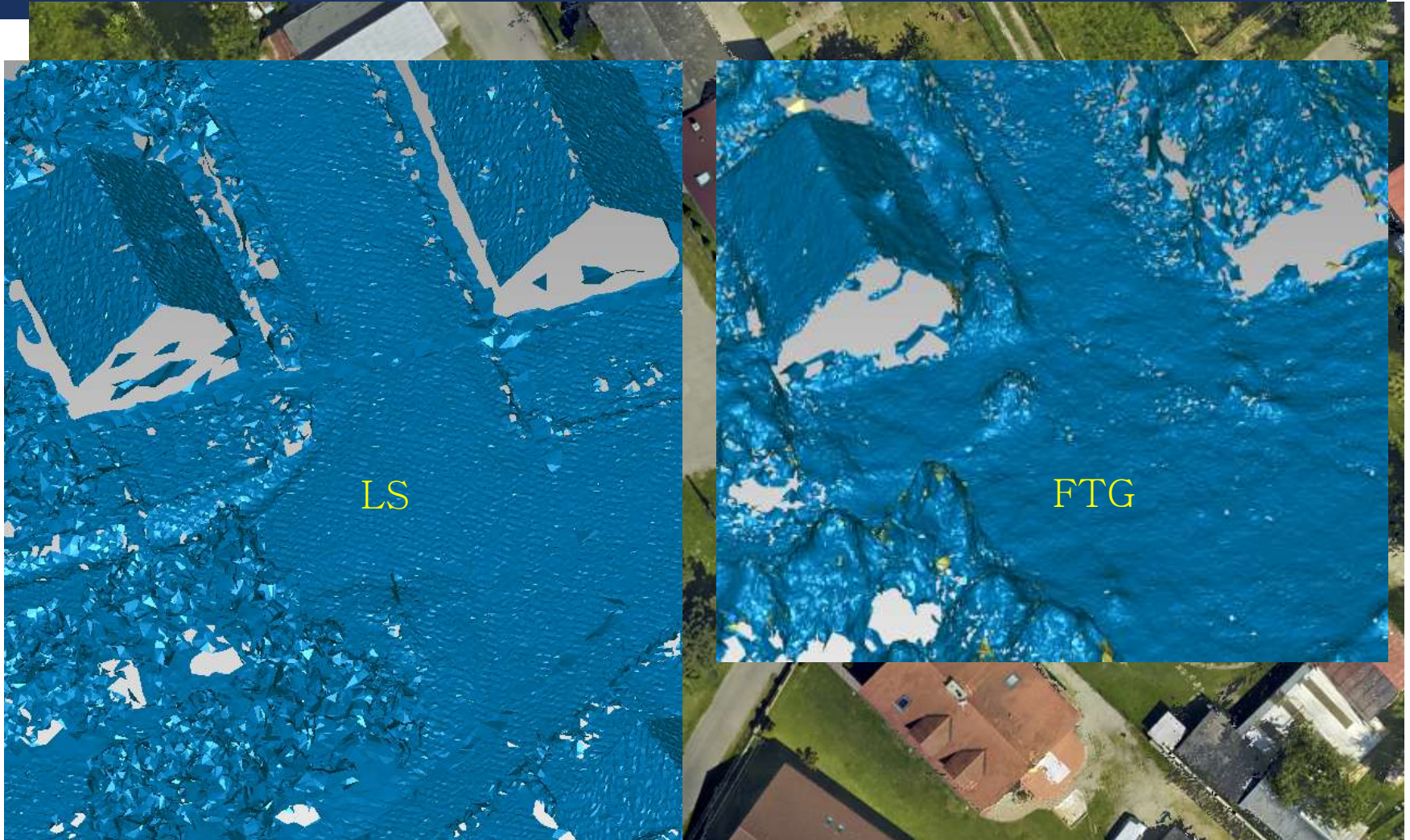
Max deviation : 0.005

Sum of Δ^2 : 0.062

Mid err / rms [m] + -: 0.072

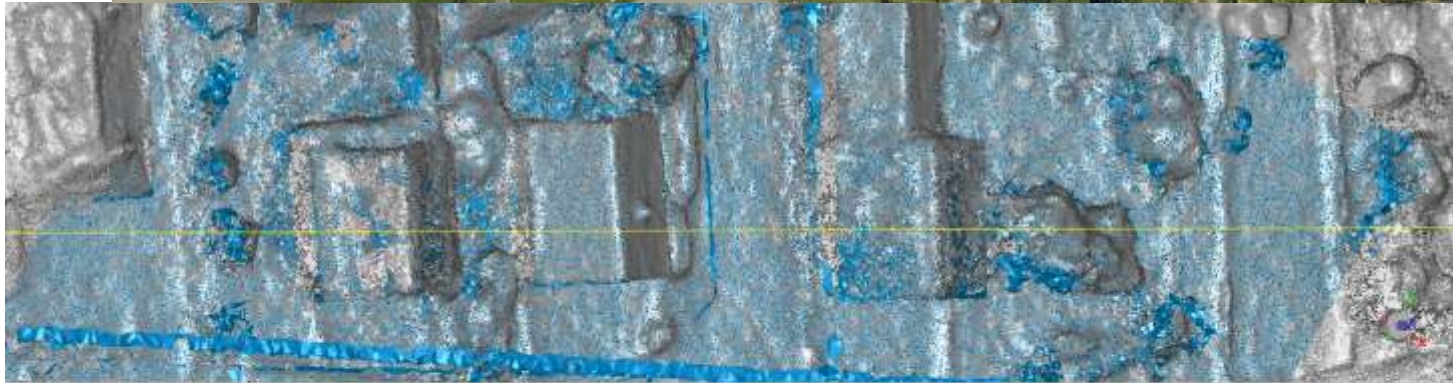
Neupravený TIN

POROVNANIE LS vs. FTG (PHOTOSCAN)



POROVNANIE

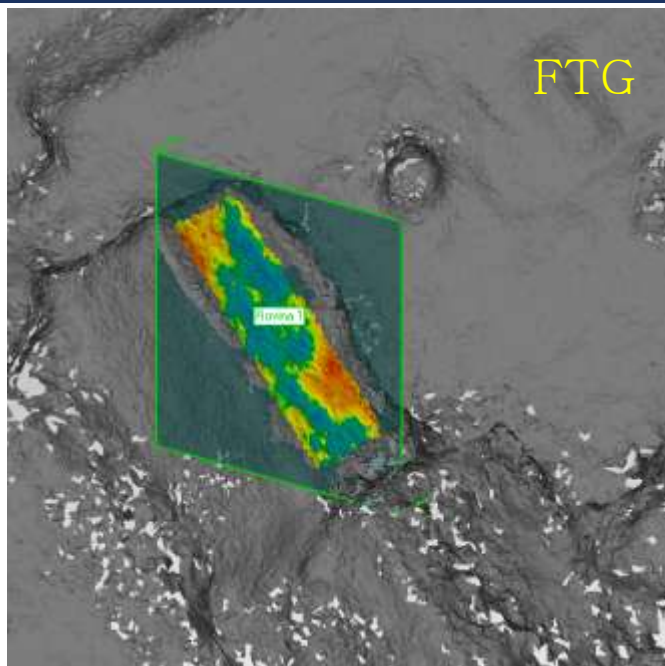
PROFIL CEZ TIN (LS) A MRAČNO (FTG)



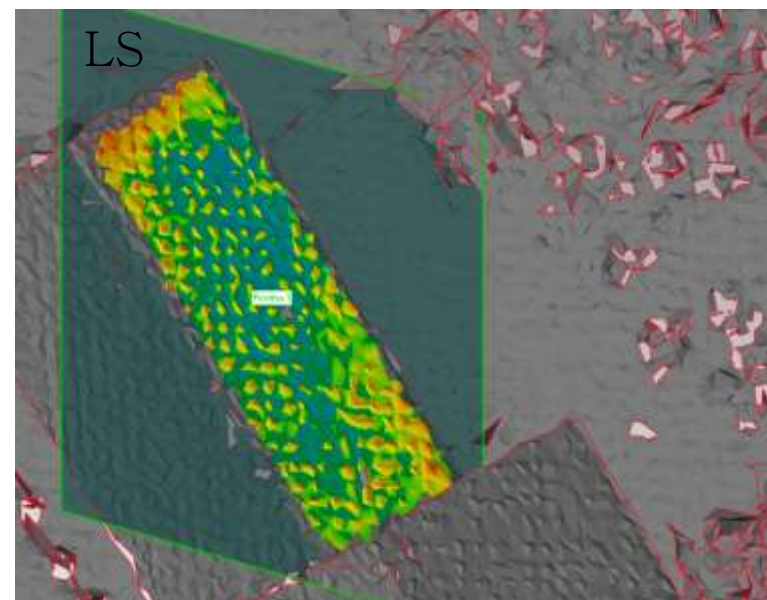
ŠUM na rovných plochách (strechy)

POROVNANIE

LS vs. FTG



Maximální vzdálenost:
 Kladná: 0.142690 m
 záporná: -0.069609 m
 Průměrná vzdálenost: 0.009445 m
 Kladná: 0.043200 m
 záporná: -0.024656 m
 Standardní odchylka: 0.042555 m

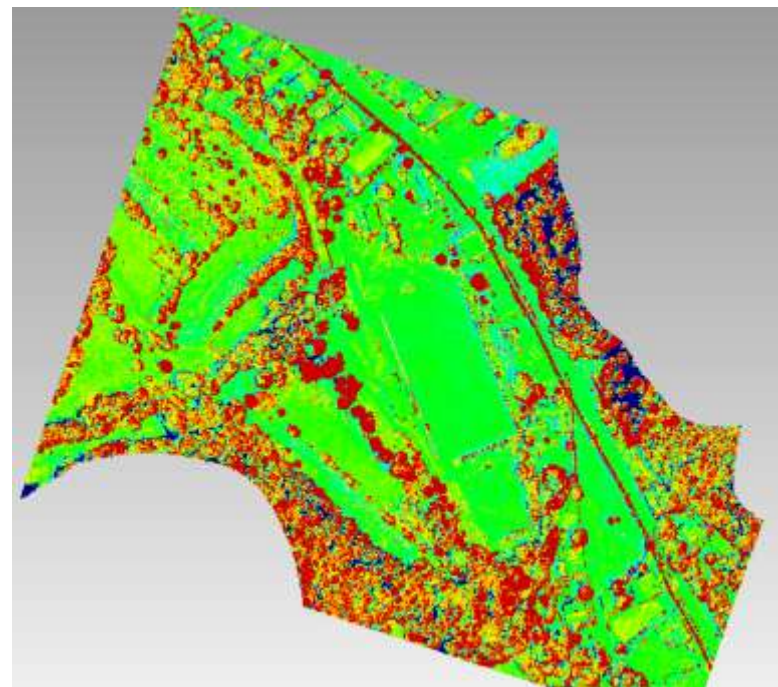


Maximální vzdálenost:
 Kladná: 0.137066 m
 záporná: -0.049473 m
 Průměrná vzdálenost: 0.007451 m
 Kladná: 0.032747 m
 záporná: -0.016621 m
 Standardní odchylka: 0.032110 m

POROVNANIE

Lokalita3 – rozdielový model

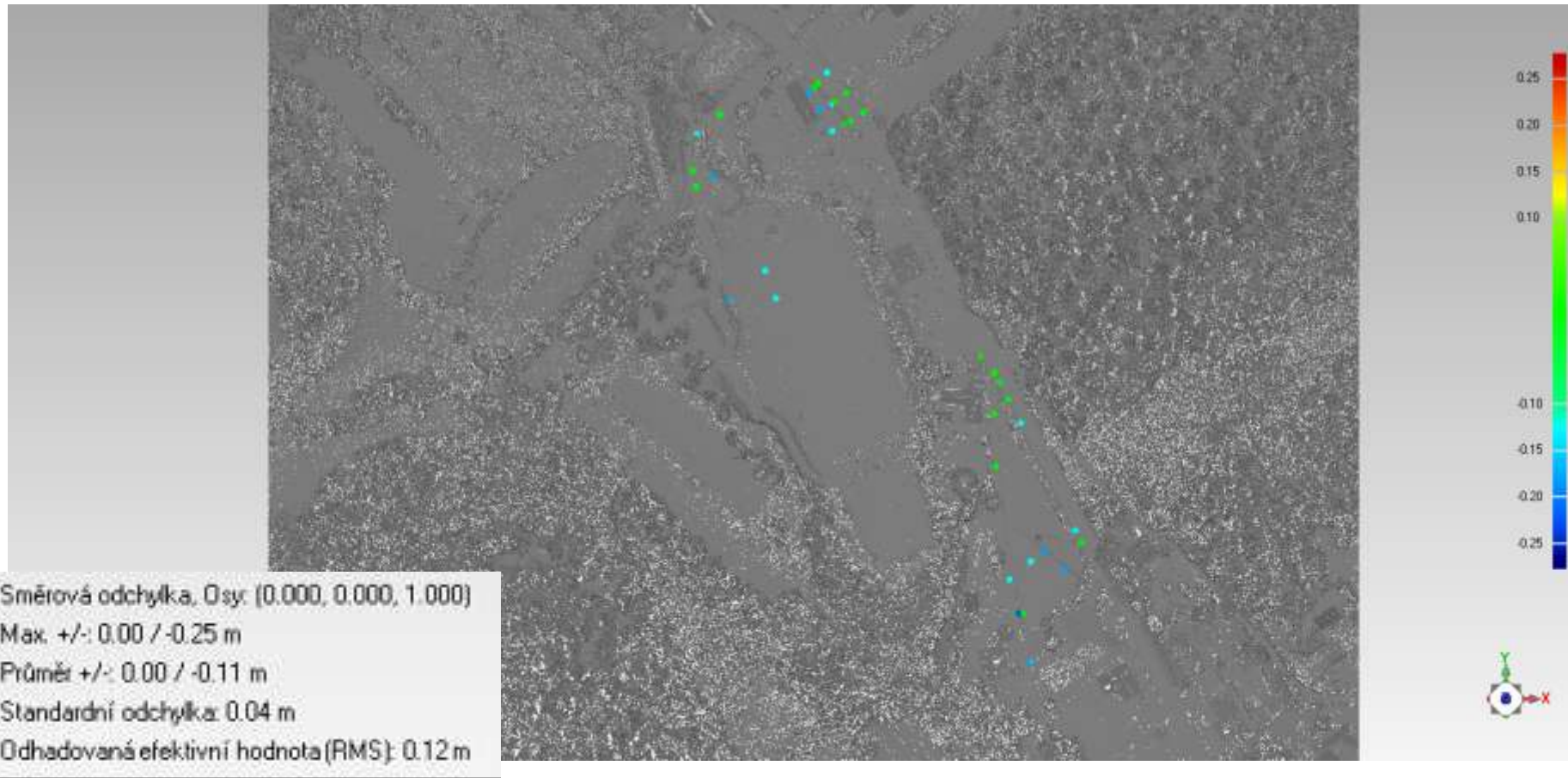
LS vs. FTG



POROVNANIE

LS vs. FTG

LS – bodové
porovnanie s
GNSS



POROVNANIE

LS vs. FTG

Lokalita 3 –
profil



POROVNANIE

LS vs. FTG

Lokalita 3 – futbalové
 ihriskoRozdiel od
GNSS:

LLS

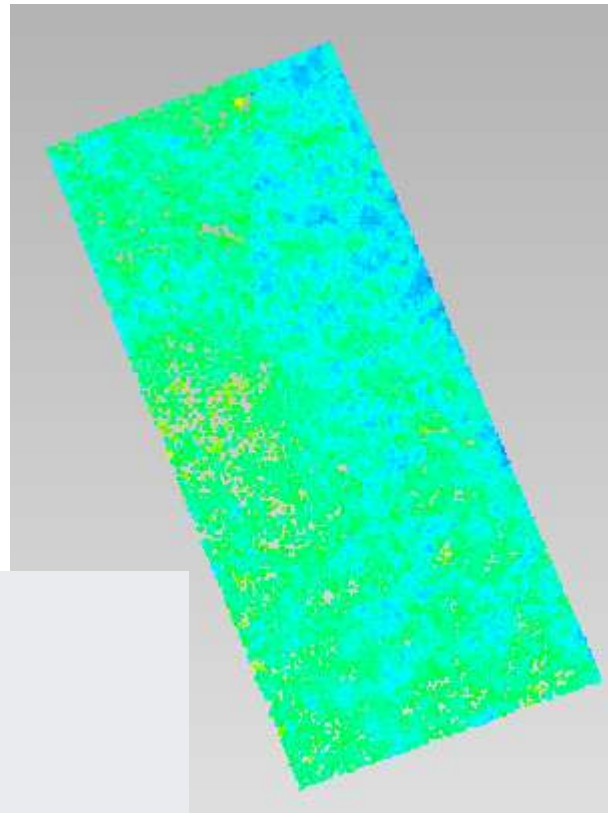
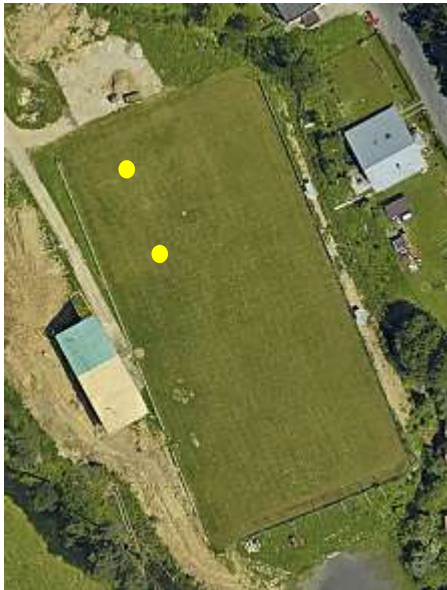
-0,12 m

-0,09 m

FTG

-0,22 m

-0,14 m



Maximální vzdálenost:

Kladná: 0.08 m

záporná: -0.20 m

Průměrná vzdálenost: -0.07 m

pozitivní: 0.03 m

záporná: -0.07 m

Standardní odchylka: 0.03 m

Odhadovaná efektivní hodnota (RMS): 0.08 m

ZÁVERY 1

- Všetky 3 systémy (PS, RC, CC) dosahujú podobnú výškovú presnosť (na spevnených plochách, pokosených trávnikoch):
Pri GSD = 0.07 m, mH (1 sigma) = 0.15 m, max. opravy 0.35 m

PhotoScan:

- ✓ Stabilná orientácia snímok (aj pri horších textúrach)
- ✓ Osvedčené výsledky
- ✓ intuitívne GUI
- ✓ Nízka cena
- **Zaoblené hrany a chyby na hranách**

RealityCapture:

- ✓ **Rýchlosť orientácie snímok (N.1)**
- ✓ Masívne dáta
- ✓ Integrácia laserových skenov
- **Nemá 3D view mesh (zatiaľ)**
- **Neintuitívne meranie VB**

ContextCapture:

- ✓ Hrany
- ✓ Hustota modelu podľa krivosti (menšie dáta)
- ✓ Kvalitné modelovanie plochých textúr
- **Výpočtový čas (potreba náročného HW)**

Problém nerovných hrán striech pre true ortofoto

ZÁVERY 2

- Všetky 3 systémy (PS, RC, CC) dosahujú podobnú výškovú presnosť (na spevnených plochách, pokosených trávnikoch):
Pri GSD = 0.07 m, mH (1 sigma) = 0.15 m, max. opravy 0.35 m
- Pri porovnávaní chyby na hranách z dôvodu polohovej neistoty, v blízkosti vegetácie – chyby TIN modelu
- Vyššia hustota bodov ako pri LLS/neexistujúce body pod vegetáciou
- LLS poskytuje mierne homogénnejšie a presnejšie výškové modely
- Fotogrametrické skenovanie – závislosť výsledkov od použitého SW a vnútorných nastavení

Kvalita digitálneho modelu povrchu vytvoreného algoritmami počítačového videnia – komparatívna štúdia

QUALITY OF DIGITAL SURFACE MODEL GENERATED BY COMPUTER VISION
ALGORITHMS – COMPARATIVE STUDY

Ďakujeme za pozornosť
Thank you for your attention

Marek Fraštia, Marián Marčiš, Ondrej Trhan
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Stavebná fakulta
Katedra geodézie