

Moderní mapovací metody pro tvorbu DTM kraje

Ing. Ondřej Váňa ^a

^a ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra geomatiky, Thákurova 7, 166 29, Praha 6

ABSTRAKT

Práce se věnuje digitální technické mapě kraje a moderním metodám, které lze použít pro tvorbu této mapy. Hlavní náplní je vyhotovení dokumentace digitální technické mapy kraje podle aktuálně platné vyhlášky č. 393/2020 Sb., o digitální technické mapě kraje. Výsledkem je porovnání měřických metod dle jejich přesnosti a surových dat, které lze z nich získat. Práce má sloužit jako možný podklad pro rozhodování zeměměřické metody pro sběr dat digitální technické mapy kraje.

KLÍČOVÁ SLOVA

DTM kraje, polární metoda, fotogrammetrie, LiDAR, laserové skenování, mračno bodů, eGovernment, ČÚZK

ÚVOD

Historie mapování ve světě je velmi obsáhlá a je jednou z nejstarších vědeckých disciplín. Technické mapování naopak zas tak velkou historii nemá, protože vznikalo za účelem – jsou to účelové mapy, které vznikaly a vznikají na základě nějakého klíče, např. norma, vyhláška, či dle potřeby objednatele mapy. Jsou to mapy, jež jsou datovým podkladem pro celou řadu odborných činností ve veřejné správě i v soukromém sektoru.

Této článek pojednává o digitální technické mapě kraje (dále jen DTM kraje) a o tom, jaká z metod je pro něj nevhodnější. Zajímavostí je i současný stav a ten je takový, že obec, město nebo i kraj si takovéto mapy vytvářely na dobrovolné bázi a na základě vlastních vyhlášek a předpisů. Příkladem mohou být DTM-ky Zlínského, Karlovarského, Plzeňského kraje a hlavní město Praha. Aktuální stav obsahu dat je ve zmíněných krajích rozdílný, protože každý má jiné požadavky na evidenci dat. Není ani stanoven sjednocený postup aktualizace a podmínky podle kterých se budou data poskytovat třetím stranám. Účinností novela zákony o zeměměřictví a také účinností prováděcí vyhlášky o digitální technické mapě začne fungovat informační systém digitální mapy veřejné správy, která je tvořená kompozicemi ortofotomapy, katastrální mapy a DTM kraje. Zároveň tato vyhláška jasně vymezuje obsah, aktualizaci a předávání dat třetím osobám.

Úkolem je zaměřit určenou lokalitu několika různými měřickými metodami, a to jak klasickou geodézií, jako je měření pomocí totální stanice a GNSS, tak i s využitím UAV s fotogrammetrickou kamerou nebo LiDARem. Dále bylo měření provedené statistickým a mobilním skenerem a metodou videogrammetrie.

METODY

GNSS



Obrázek 1: GNSS SOKKIA GRX3

První použitou metodou byla GNSS SOKKIA GRX3. Tato technologie GNSS umožňuje díky korekčním službám L-band měření i v obtížných podmínkách, jako byly ty na místě měření. Zachycuje také signály z družic, jako jsou GPS Navstar, GLONASS, Galileo a BeiDou. Technologie GNSS byla také použita i pro zaměření vlíčovacích bodů pro další měřické metody. Zároveň byla provedena kontrola na stávající bodové pole, které vytvořila Správa železnic a Zeměměřický úřad čistě pro kontrolu měření GNSS v dané lokalitě, a to nejenom z kontrolního mechanismu umístění do S-JTSK a Bpv.

POLÁRNÍ METODA



Obrázek 2: SOKKIA iX1203.

Použitá totální stanice od japonského výrobce SOKKIA s označením iX1203 - 3" byla vybrána proto, že je robotická a umožňuje tak měřit systémem ONEMAN. Jeho výhodou jsou motory, které jsou ultrazvukové a podle výrobce nepotřebují údržbu. Jeho zajímavostí je hmotnost kolem 5 kg. Totální stanice má fázový dálkoměr s přesností 1mm+2ppm a měří až do vzdálenosti 6000m na hranol.

MOBILNÍ LASEROVÉ SKENOVÁNÍ



Obrázek 3: GeoSLAM ZEB Horizon + Vision camera.

Technologie GeoSLAM vstupují na český trh již v roce 2013, kdy byla představena technologie ZEB 1. Při vlastním měření však byla použita technologie z roku 2018 s kamerou z roku 2022. Mobilní skenování umožňuje při splnění základních podmínek zaměřit konkrétní místo v mnohem kratším čase než například statické skenery, nebo dokonce totální stanice. SLAM - Simultaneous Localisation and Mapping se překládá jako současná lokalizace a mapování (někdy také synchronizovaná lokalizace a mapování). Jedná se o proces mapování oblasti synchronně se sledováním polohy.

STATICKÉ LASEROVÉ SKENOVÁNÍ



Obrázek 4: FARO Focus S 70.

Pro vlastní měření byla použita technologie FARO Focus S70, která byla vyrobena v roce 2017. Nevýhodou při porovnání tohoto statického skeneru například s výše uvedeným mobilním skenerem je skutečnost, že dosah skeneru S 70 je pouze 70 m. Jediné, co rozhodně nelze srovnávat, je doba strávená měřičem v terénu. Obrovskou nevýhodou je, že přístroj měří příliš přesně na účely DTM kraje, a to jsou mm. Také přesouvání mezi stanovisky a následný post-processing vše časově prodlouží.

LETECKÁ FOTOGRAMMETRIE



Obrázek 5: DJI P1 fotogrammetrická kamera

Fotogrammetrická komora DJI Zenmuse P1 byla vybrána ani ne tak kvůli svým vlastnostem, protože v té době již existovaly podobně dobré kamery jako DJI Mavic 3E, ale spíše kvůli typu dronu, který ji může nést DJI Matrice 300. Fotogrammetrie byla pro měření v této práci jasnou volbou, protože zaměří za krátký čas velký rozsah. Velikost pixelu je pak 4,4 μm . Oproti ostatním metodám má však nevýhodu, a to omezení dané tím, že pro let je nutné získat povolení minimálně od Úřadu pro civilní letectví ČR a poté od vlastníků apod.

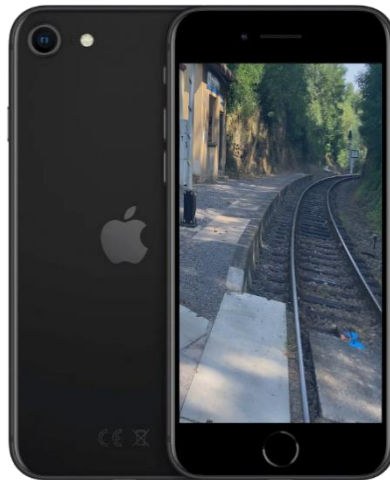
LETECKÝ LiDAR



Obrázek 6: LiDAR DJI L1

I při výběru LiDARu bylo jasné, že bude zvolen ten od DJI a ten, který unese již zmíněný DJI Matrice 300. Na trhu jsou i jiné LiDARy, např. od společnosti GreenValley - LiAIR V70, ale základním mezníkem pro rozhodnutí o L1 byla jeho dostupnost. Koneckonců DJI udělalo s LiDARem velký pokrok a s cenou a dostupností se velmi přiblížilo leteckým LiDARům. DJI sice již představila novinku v podobě L2, ale v době měření ještě nebyla k dispozici. LiDAR má oproti ostatním metodám výhodu v rozsahu zaměřované oblasti včetně míst, kde je vegetace.

VIDEOGRAMMETRIE

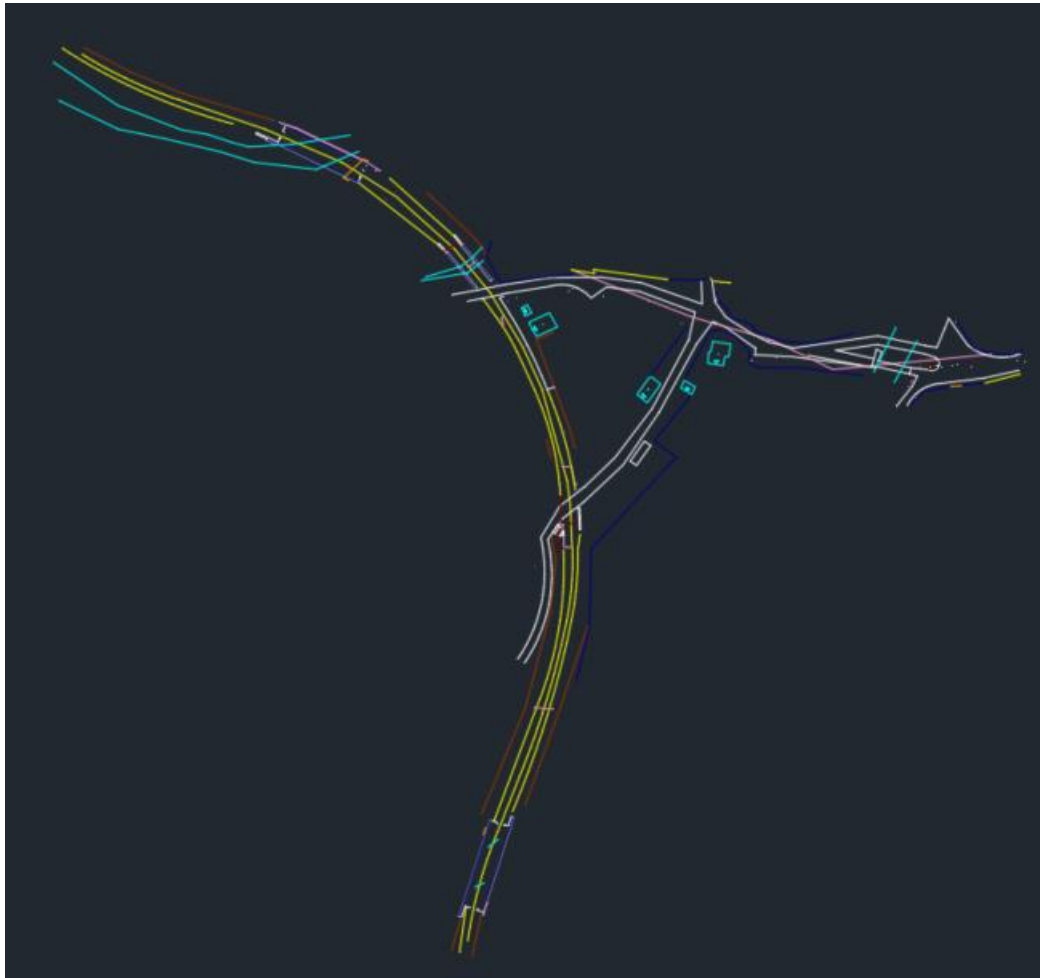


Obrázek 7: iPhone SE 2020.

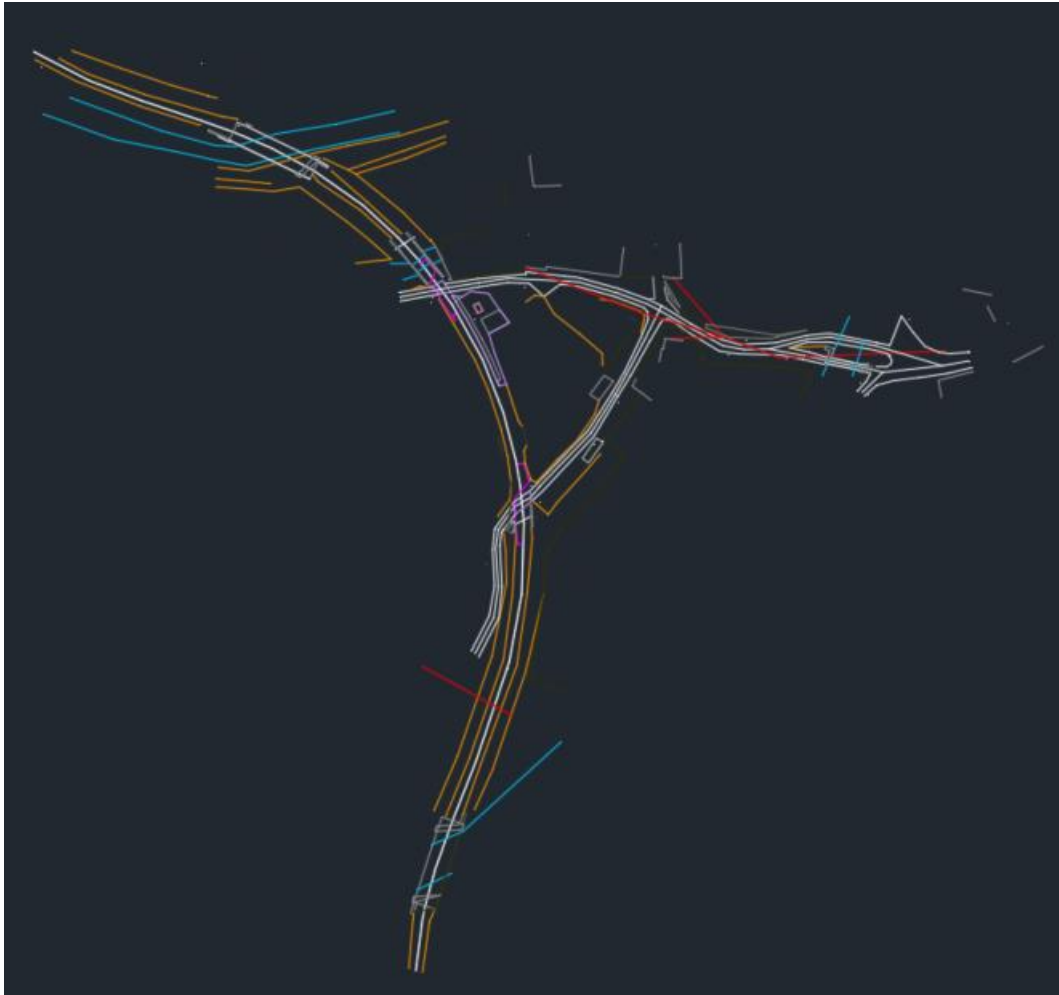
iPhone SE 2020, netradiční měřičský nástroj, ve spojení s videogrammetrií. V podstatě u této metody nejde ani tak o technologii, jako spíše o její použití. Stačí si pořídit mobilní telefon, který má dostatečně kvalitní objektiv pro pořizování videa. V tomto případě byl k dispozici mobilní telefon iPhone SE 2020, který společnost Apple představila v dubnu 2020. Principem videogrammetrie je vlastně běžná pozemní průseková fotogrammetrie, pouze s tím rozdílem, že snímky jsou z videa automaticky nebo manuálně vytvářeny softwarem (např. 3Dsurvey).

ZÁVĚR

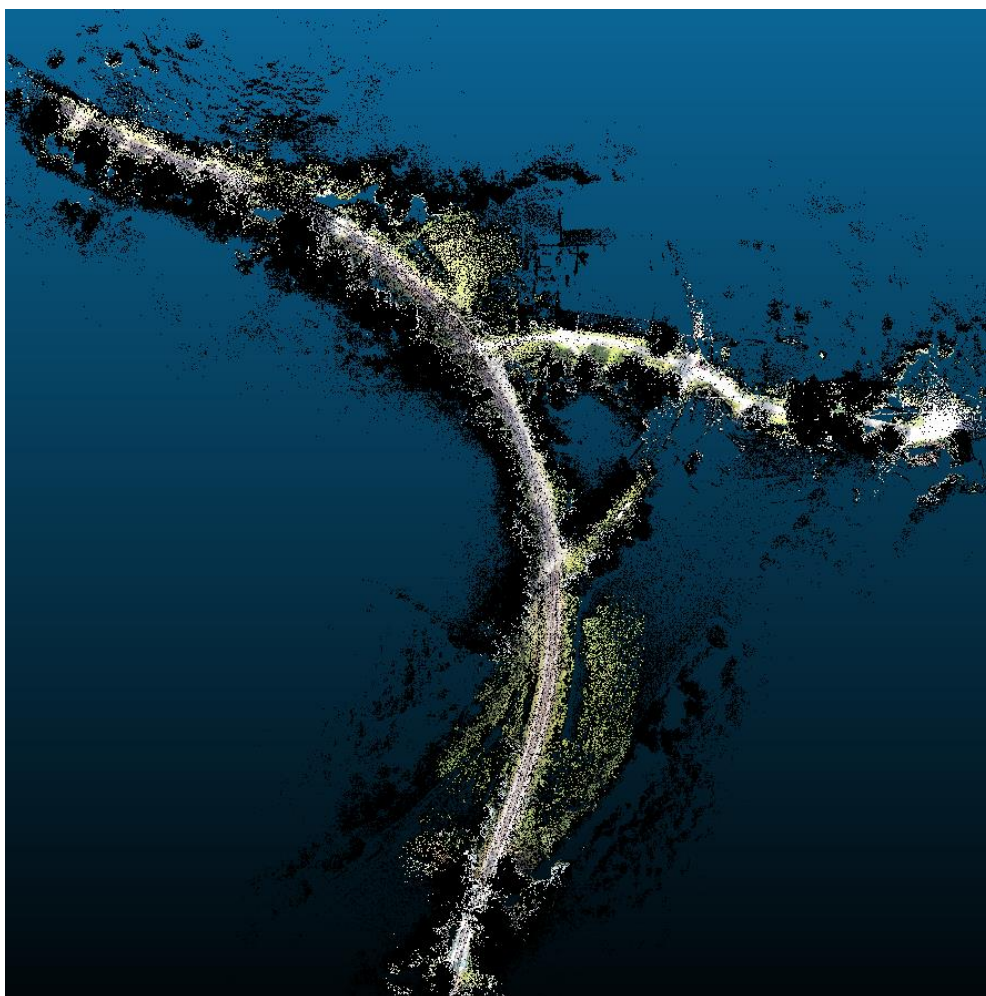
Většina zpracovaných dat byla provedena pomocí softwaru 3Dsurvey, který vytvořili slovinští geodeti pro geodety z celého světa. Jeho výhodou je zpracování fotogrammetrických snímků, videogrammetrie a samotných laserových dat. Software kromě výpočtu mračen bodů, sítí a ortofot umí také počítat vrstevnice, kubatury, profily a obsahuje CAD nástavbu, pomocí které byla provedena veškerá vektorizace dat podle přílohy vyhlášky č. 393/2020 Sb. o digitální technické mapě.



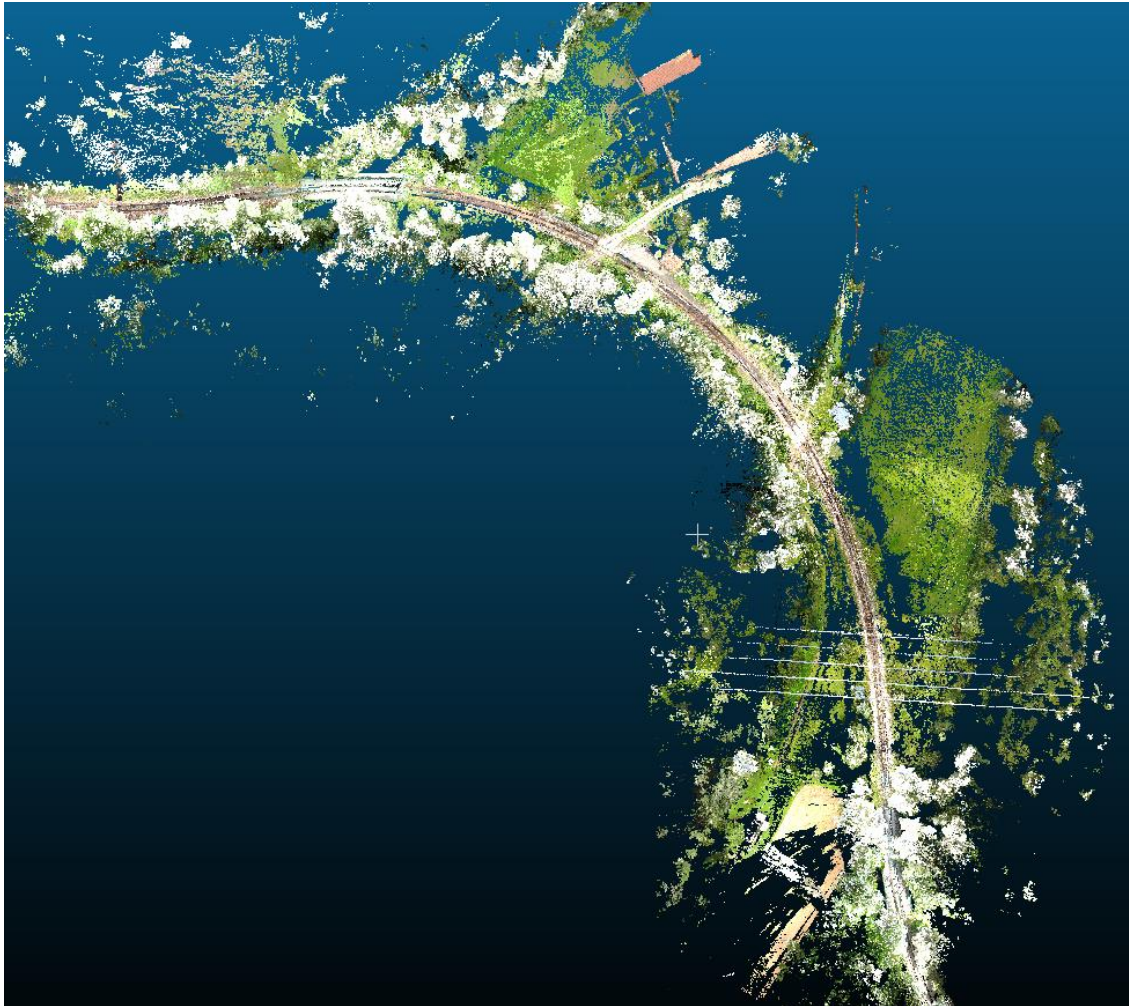
Obrázek 8: Ukázka surových dat zaměřených technologií GNSS



Obrázek 9: Příklad surových dat zaměřených pomocí totální stanice iX1203



Obrázek 10: Ukázka surových mračen bodů pořízených pomocí programu ZEB Horizon



Obrázek 11: Příklad sloučených mračen bodů pořízených FARO Focus S 70



Obrázek 12: Ukázka surových mračen bodů pořízených přístrojem DJI Zenmuse P1



Obrázek 13: Ukázka surových mračen bodů pořízených přístrojem DJI Zenmuse L1



Obrázek 14: Ukázka surových mračen bodů pořízených iPhonem SE 2020

Z hlediska měřicích technologií se zdá, že nejrychleji měří a zpracovává dokumentaci bezpilotní letoun DJI Zenmuse P1. Pokud se však podíváme na bohatost vytvářené dokumentace, je lepší použít UAV DJI Zenmuse L1. Obě metody však mají jeden velký problém, a tím je zastavěnost území, do jisté míry vegetace, nelze s jistotou určit, kde je roh objektu (pokud nelétáme šikmé snímky) a v některých případech inženýrské sítě nebo nutnost povolení k letu. Ale dovolím si udělat ideální balíček, který by byl pro vlastní měření nejvhodnější. Prioritně bych si vybral UAV DJI Zenmuse L1, který by dokázal v krátkém čase uletět velký rozsah a s GNSS SOKKIA GRX3 pro zaměření vlícovacích bodů. Určitě však budou oblasti, kde UAV nelze použít. Tam by tedy bylo vhodné použít GeoSLAM Horizon s kamerou Vision, a to v obydlenějších a hustěji zalesněných oblastech. A jako doplněk k tomu všemu by se použila videogrammetrie. Metody GNSS a totální stanice s řešením Fusion jsou skutečně klasické metody, ale v poměru kvality dokumentace a kvantity (času stráveného měřením/zpracováním) oproti výše uvedeným zaostávají, protože jejich hlavní součástí je sběr dat v terénu a ten je velmi ovlivněn subjektivním myšlením geodeta v terénu. Lze poznamenat, že videogrammetrie má také svá omezení - viz tabulka 5. Pokud bychom provedli další výpočty a vyrovnání, byly by výsledky lepší, ale ve shodě s odborníky se tak nestalo, protože je vhodné upozornit na limity technologie a upozornit tak na možné chyby ve zpracování. Níže jsou uvedeny tabulky zkoumaných vložených bodů, které byly následně vzájemně porovnány s využitím technologie GNSS jako výchozího bodu.

Statický skener – FARO (tab. 1)			
dY [cm]	dX [cm]	dH [cm]	dP [cm]
5,8	-2,9	0,1	<u>6.5</u>
0,0	0,0	1,0	<u>0.0</u>
1,2	0,3	-2,7	<u>1.2</u>
-11,2	5,5	0,1	<u>12.5</u>
-5,9	2,9	1,0	<u>6.6</u>
1,6	13,6	-6,1	<u>13.7</u>
5,9	-2,5	9,2	<u>6.4</u>
6,1	10,8	-3,2	<u>12.4</u>
-5,4	2,6	0,0	<u>6.0</u>

Fotogrammetrie – DJI Zenmuse P1 (tab. 2)			
dY [cm]	dX [cm]	dH [cm]	dP [cm]
0,0	-0,3	-1,6	<u>0.3</u>
-0,6	0,3	-3,8	<u>0.7</u>
0,7	1,0	-9,2	<u>1.2</u>
-0,5	0,1	1,9	<u>0.5</u>
-0,1	0,3	1,1	<u>0.3</u>
-0,7	-0,5	-4,5	<u>0.9</u>
0,6	-0,4	-1,3	<u>0.7</u>
0,6	-1,5	0,8	<u>1.6</u>
-0,6	-0,1	1,9	<u>0.6</u>

Mobilní skener – GeoSLAM ZEB Horizon (tab. 3)			
dY [cm]	dX [cm]	dH [cm]	dP [cm]
-4,2	-11,6	-3,0	<u>12.3</u>
5,7	-4,8	-4,3	<u>7.5</u>
-0,2	-0,1	-0,7	<u>0.2</u>
3,9	0,8	1,8	<u>4.0</u>
2,7	2,7	1,3	<u>3.8</u>
10,3	7,0	-3,8	<u>12.5</u>
-6,2	19,8	2,1	<u>20.7</u>
30,0	0,8	1,7	<u>30.0</u>
-5,8	12,1	-4,1	<u>13.4</u>

LiDAR – DJI Zenmuse L1 (tab. 4)			
dY [cm]	dX [cm]	dH [cm]	dP [cm]
7,0	6,7	-5,5	<u>9.7</u>
1,0	4,1	-4,1	<u>4.2</u>
-8,3	9,4	2,3	<u>12.5</u>
6,4	2,6	-0,8	<u>6.9</u>
6,1	0,6	-3,1	<u>6.1</u>
4,8	-11,0	-2,3	<u>12.0</u>
10,1	1,2	1,5	<u>10.2</u>
-9,8	5,9	-2,0	<u>11.4</u>
-4,2	6,1	2,1	<u>7.4</u>

Videogrammetrie – iPhone SE 2020 (tab.5)			
dY [cm]	dX [cm]	dH [cm]	dP [cm]
0,9	-9,1	-2,8	<u>9.1</u>
0,9	1,8	1,9	<u>2.0</u>
-2,2	-0,4	0,1	<u>2.2</u>
0,1	-4,2	-1,0	<u>4.2</u>
0,4	3,5	3,6	<u>3.5</u>
-2,7	-1,8	1,0	<u>3.2</u>
4,0	-6,6	-1,6	<u>7.7</u>
13,6	-14,9	-5,5	<u>20.2</u>
-6203,5	2965,8	1740,6	<u>6876.0</u>

totální stanice – SOKKIA iX1203 (tab. 6)			
dY [cm]	dX [cm]	dH [cm]	dP [cm]
0,7	0,6	-2,4	<u>0.9</u>
0,8	1,0	-1,9	<u>1.3</u>
0,6	0,2	-2,3	<u>0.6</u>
0,3	-0,8	-1,3	<u>0.9</u>
1,0	0,8	-1,2	<u>1.3</u>
0,6	-0,6	-0,9	<u>0.8</u>
0,0	-0,3	-1,0	<u>0.3</u>
0,2	0,8	0,4	<u>0.8</u>
-0,2	-0,3	-0,8	<u>0.4</u>

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych panu řediteli odboru správy DMVS a RÚIAN ČÚZK Ing. Jiřímu Formánkovi, který byl po celou dobu mým odborným konzultantem. Dále děkuji řediteli firmy 3gon Positioning s.r.o. panu Ing. Pavlu Bozděchovi za zapůjčení technologií pro měření v terénu. Velké poděkování také patří všem dalším konzultantům, jako byla Správa železnic, oddělení hlavního geodeta dráhy, Ředitelství silnic a dálnic, oddělení technické podpory ÚV GŘ a Povodí Moravy a Labe.

REFERENCE

- [1] ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. Metodika pořizování, správy a způsobu poskytování dat digitální technické mapy [online]. B.m.: ČÚZK. 2021. Dostupné z: <https://www.agentura-api.org/wp-content/uploads/2021/01/metodika-porizovani-spravy-a-zpusobu-poskytovani-dat-digitalni-technicke-mapy-metodika-cuzk.pdf>
- [2] INFO@AION.CZ, AION CS-. 200/1994 Sb. Zákon o zeměměřictví. *Zákony pro lidi* [online]. [vid. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-200>
- [3] INFO@AION.CZ, AION CS-. 393/2020 Sb. Vyhláška o digitální technické mapě kraje. *Zákony pro lidi* [online]. [vid. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-393>
- [4] ČÚZK. Metodika/stanovení pravidel (pro workflow tvorbu a obsah) geodetického zaměření objektů základní prostorové situace digitální technické mapy kraje. B.m.: ČÚZK. 2023
- [5] O DTM. Digitální technická mapa hl. m. Prahy a Středočeského kraje [online]. [vid. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://www.dtm-praha-sck.cz/o-dtm>
- [6] GRX3 GNSS Receiver | SOKKIA Europe [online]. [vid. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://eu.sokkia.com/products/gnss-systems/rtk-systems/grx3-gnss-receiver>
- [7] TOTAL STATION iX-1200/600 series - Positioning | TOPCON. *Positioning / TOPCON* - [online]. 3. srpen 2021 [vid. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.topcon.co.jp/en/positioning/sokkia/products/product/ts/ix-1200-600-e/>
- [8] ZEB Horizon: The Ultimate Mobile Mapping Solution. *GeoSLAM* [online]. [vid. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://geoslam.com/solutions/zeb-horizon/>
- [9] ZEB Vision - The NEW camera for the ZEB Horizon. *GeoSLAM* [online]. [vid. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://geoslam.com/accessories/zeb-vision/>
- [10] About GeoSLAM: The smart way to map and understand spaces. *GeoSLAM* [online]. [vid. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://geoslam.com/about/>
- [11] FARO FOCUS S 70 - 3gon Slovakia s.r.o. [online]. [vid. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://sk.3gon.eu/produkt/faro-focus-s-70>

- [12] DJI MATRICE 300 RTK - 3gon Positioning [online]. [vid. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://cz.3gon.eu/produkt/dji-matrice-300-rtk>
- [13] DJI ZENMUSE P1 - Fullframe 45MP - 3gon Positioning [online]. [vid. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://cz.3gon.eu/produkt/dji-zenmuse-p1-fullframe-45mp>
- [14] DJI ZENMUSE L1 - Lidar - 3gon Positioning [online]. [vid. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://cz.3gon.eu/produkt/dji-zenmuse-l1-lidar>
- [15] What is LiDAR and How Does it Work? *GeoSLAM* [online]. [vid. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://geoslam.com/what-is-lidar/>
- [16] iPhone SE (2. generace) - Technické specifikace (CZ) [online]. [vid. 2023-04-02]. Dostupné z: https://support.apple.com/kb/SP820?locale=cs_CZ