



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

**REAMBULACE A DOMĚŘENÍ ÚČELOVÉ MAPY
POVRCHOVÉ SITUACE**

REVISION AND SURVEY OF LARGE SCALE THEMATIC MAP OF THE SURFACE
SITUATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jaromír Prokop

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR KALVODA, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jaromír Prokop
Název	Reambulace a doměření účelové mapy povrchové situace
Vedoucí práce	Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Uživatelské příručky programu GeoStore V6, jeho modulů, nadstavěb a utilit.

Metodický pokyn GRID_MP_G11_12_04 - Zaměření plynárenského zařízení a vyhotovení digitální technické mapy v jeho okolí, GasNet, s.r.o.

Metodika ČEZd_ME_0088r01 - Projektová dokumentace, dokumentace skutečného provedení stavby a geodetické zaměření DSPS, ČEZ Distribuce, a. s.

Metodický pokyn pro aktualizaci účelové mapy povrchové situace východních Čech, GEOVAP, spol. s.r.o.

http://www.vugtk.cz/euradin/TB02CUZK002/DOC/Z-OT_TB02CUZK002_MapOO.pdf

VÚGTK. Odborný slovník. Vugtk.cz [online]. © 2005-2012 [cit. 2012-1-16]. Dostupné

z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>

Citační manažer Citace PRO dostupný z: <https://citace.lib.vutbr.cz/>

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V lokalitě Staré Hradiště 3 proveďte reambulaci souborného mapového díla kombinací vyhodnocení mračna bodů z mobilního skenovacího zařízení, pochůzky s doměřením polární metodou a GNSS. Ke zpracování použijte systém GeoStore V6. Využijte databázových informací o původu dat. Porovnejte výhody a nevýhody pořizování a údržby mapy klasickými metodami a mobilním mapováním. Výslednou přesnost otestujte dle ČSN 01 3410.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jaromír Prokop *Reambulace a doměření účelové mapy povrchové situace*. Brno, 2020. 50 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce je reambulace účelové mapy povrchové situace v obci Staré Hradiště. Aktualizace mapy byla provedena kombinací vyhodnocení dat z mobilního mapovacího systému a doměření v terénu polární metodou a GNSS. Přesnost aktualizované mapy byla testována dle ČSN 01 3410. Byly porovnány výhody a nevýhody aktualizace map mobilním mapováním a klasickými metodami.

KLÍČOVÁ SLOVA

digitální technická mapa, účelová mapa povrchové situace, reambulace mapy, mobilní mapovací systém, mračno bodů

ABSTRACT

The subject of this bachelor thesis is the revision of the large scale thematic map of the surface situation in the village Staré Hradiště. The map was updated by combining data from a mobile mapping system and a field survey using polar method and GNSS. Accuracy of the updated map was tested according to ČSN 01 3410. The advantages and disadvantages of map updating by mobile mapping and classic methods were compared.

KEYWORDS

digital technical map, thematic map of the surface situation, map revision, mobile mapping system, point cloud

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Reambulace a doměření účelové mapy povrchové situace* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 20. 5. 2020

Jaromír Prokop
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Reambulace a doměření účelové mapy povrchové situace* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 5. 2020

Jaromír Prokop
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych zde poděkoval firmě GEOVAP, spol. s r.o. za zadání bakalářské práce a poskytnutí softwarového vybavení. Dále děkuji vedoucímu práce Ing. Petru Kalvodovi, Ph.D. za konzultace a rady při psaní textové části práce. Děkuji také své rodině za podporu při studiu.

V Brně dne 20. 5. 2020

Jaromír Prokop
autor práce

Obsah

Úvod.....	9
1 Základní informace	10
1.1 GEOVAP, spol. s r.o.	10
1.2 Software GeoStore V6.....	10
1.3 Technická mapa.....	10
1.3.1 Účelová mapa povrchové situace	10
1.3.2 Mapa inženýrských sítí.....	10
1.4 Budoucnost digitálních technických map v ČR	11
1.4.1 Digitální technická mapa kraje.....	11
1.4.2 Digitální technická mapa obce.....	12
1.4.3 Digitální mapa veřejné správy	12
1.4.4 Přínosy celého projektu DMVS	12
1.5 Reambulace mapy.....	13
1.5.1 Reambulace klasickou metodou	13
1.5.2 Reambulace pomocí MMS.....	13
2 Outdoorové mobilní mapovací systémy.....	14
2.1 Hardware mobilních mapovacích systémů	14
2.2 Princip metody	15
2.3 Sběr dat v terénu.....	16
2.4 Využití MMS v praxi.....	18
3 Vyhotovení aktualizací výkresu	19
3.1 Nadstavba softwaru pro práci ve 3D.....	19
3.1.1 Připojení mračen bodů	20
3.1.2 2D zobrazení mračen bodů v grafických oknech	21
3.1.3 3D zobrazení mračen bodů	22
3.1.4 Uživatelská nastavení aplikace V6_3D.....	23
3.2 Podpůrné nástroje pro šetření změn v mapě	26
3.2.1 Snímky pořízené MMS	26
3.2.2 Prohlížeč služby a internetové aplikace	27
3.3 Vlastní vektorizace mračen bodů.....	27
3.3.1 Tvorba čárové kresby.....	28
3.3.2 Určení podrobného bodu z mračna.....	28
3.3.3 Návaznost aktualizací výkresu na okolí	31
3.3.4 Identifikace slepých míst a příprava k doměření.....	31

3.4	Terénní měření.....	31
3.5	Zpracování naměřených dat	32
3.5.1	Nastavení aplikace GV a zpracování záznamů měření	32
3.5.2	Výpočty v aplikaci GV	35
3.6	Finalizace aktualizacího výkresu	37
4	Testování přesnosti	40
4.1	Testování přesnosti souřadnic X, Y	40
4.2	Testování přesnosti výšek H	41
5	Porovnání metod reambulace mapy	43
	Závěr	45
	Bibliografie	46
	Seznam obrázků	47
	Seznam tabulek.....	47
	Seznam použitých zkratk	48
	Seznam digitálních příloh.....	50

Úvod

Cílem této bakalářské práce je reambulace účelové mapy povrchové situace (ÚMPS) spravované firmou GEOVAP, spol. s r.o. v obci Staré Hradiště kombinací vyhodnocení z mračen bodů pořízeného mobilním mapovacím systémem (MMS) a doměření v terénu polární metodou a technologií globálních navigačních satelitních systémů (GNSS). Dále je cílem porovnání výhod a nevýhod těchto metod.

Obec Staré Hradiště leží na sever od krajského města Pardubice. Firma GEOVAP, spol. s r.o. vymezila na území této obce celkem tři lokality k reambulaci. Mně byla přidělena lokalita č. 3, která se nachází v západní části této obce. Tvoří ji asi 2,4 km uliční čáry a na východní straně přiléhá k lokalitě č. 2, kterou stejným způsobem zpracovával můj spolužák.

Reambulace ÚMPS byla provedena pomocí vyhodnocení z mračen bodů pořízených MMS. Vyhodnocoval jsem z 18 předem začištěných mračen. Firma GEOVAP, spol. s r.o. mi ke zpracování bezplatně poskytla software GeoStore V6 (GSV6). V celé lokalitě jsem porovnal nový stav terénních objektů v mračnách s dosavadním stavem mapy z dříve vyhotovených zakázek. Díky tomuto porovnání jsem byl schopný kresbu doplnit a aktualizovat.

Po tomto vyhodnocení mi zůstalo v lokalitě asi deset míst, ve kterých jsem nemohl mapu aktualizovat kvůli absenci dat ze skenovací jednotky. Hlavním faktorem zde bylo zastínění zájmových objektů jinými předměty. Musel jsem tedy přistoupit i k reambulaci klasickými metodami. Měřickou síť jsem vybudoval pomocí technologie GNSS. Z této sítě jsem polární metodou zaměřil podrobné body v zastíněných místech. Provedl jsem testování přesnosti na 370 jednoznačně identifikovatelných bodech dle ČSN 01 3410. Reambulovaná mapa je vyhotovena ve 2. třídě přesnosti.

1 Základní informace

1.1 GEOVAP, spol. s r.o.

Firma GEOVAP, spol. s r.o. byla založena v roce 1991 a sídlí v Pardubicích. Zabývá se vývojem geoinformačních systémů a softwarů pro tvorbu, aktualizaci a publikaci rozsáhlých prostorových dat. Podílí se na správě jednotných digitálních technických map a účelových map povrchových situací v různých částech České republiky (ČR). Data jsou publikována na geoportálech pro platící uživatele, hlavně města, obce a geodetické a projekční firmy. Dále firma nabízí geodetické služby ve středních a východních Čechách jako jsou například vyhotovení geometrických plánů, zaměřování a vytyčování staveb, vyhotovení geodetických podkladů pro projektovou činnost nebo mapování pomocí laserového skenování. Pohybuje se také v oblasti projekční činnosti pozemkových úprav, vodních staveb a komunikací. Mezi hlavní produkty firmy patří CAD systém Geostore V6 s úzkou vazbou na mapový server Marushka. Tento mapový server je používán například pro prezentaci dat při nahlížení do katastru nemovitostí (KN) na stránkách Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK).

1.2 Software GeoStore V6

GSV6 je plně vybavený grafický CAD editor a pokročilý GIS systém pro práci s geografickými daty. GSV6 dokáže pracovat s nejpoužívanějšími datovými formáty současnosti jako jsou DGN verze 7 a 8, SHP, DXF, DWG, GML a LAS. Velkou výhodou systému je ukládání negrafických databázových atributů k prvkům grafickým. Všechny nástroje mají veřejně přístupné definiční soubory, které si sám uživatel může dle vlastního uvážení editovat a konfigurovat. Zákazník si při koupi může vybrat z široké nabídky balíčků aplikačních modulů a tím si zajistit všechny potřebné nástroje pro konkrétní typ práce.

1.3 Technická mapa

„Technická mapa je, dle zákona č. 200/1994 Sb. (Zeměměřický zákon, § 2 písm. m), mapovým dílem velkého měřítka vedeným na prostředcích výpočetní techniky s podrobným zákresem přírodních a technických objektů a zařízení vyjadřujícím jejich skutečný stav. Technická mapa se dělí na účelovou mapu povrchové situace („ÚMPS“) a inženýrské sítě („IS“).“ (Technická mapa, b.r.)

1.3.1 Účelová mapa povrchové situace

ÚMPS je tvořena polohopisem a výškopisem prvků, které se nachází na zemském povrchu. Patří sem například budovy, oplocení, dopravní komunikace, dopravní značky, hranice zpevněných a nezpevněných ploch a zeleň. Důležitou součástí jsou také povrchové znaky inženýrských sítí. Mezi ně patří vodovodní a plynová šoupata, kanalizační šachty, vpusti, hlavní uzávěry plynu (HUP), přípojkové skříně elektřiny (PRIS) a sloupy veřejného osvětlení.

1.3.2 Mapa inženýrských sítí

V této mapě nalezneme samotný průběh všech inženýrských sítí. Patří k nim elektrické, kanalizační, vodovodní a tepelné sítě. Řadí se sem i rozvody veřejného osvětlení a telekomunikační sítě jako jsou přípojky mobilních operátorů.

1.4 Budoucnost digitálních technických map v ČR

V současné době si v ČR technickou mapu na vlastní náklady zřizují hlavně obce a města. Obce si vedou digitální technické mapy obce (DTMO), města digitální technické mapy měst (DTMM). Opravňuje je k tomu vyhláška č. 233/2010 Sb., o základním obsahu technické mapy obce. Digitální technické mapy (DTM) ale vznikají i na úrovni krajů. Příkladem může být Jednotná digitální technická mapa Zlínského kraje (JDTM ZK).

Tyto mapy ovšem nemají všechny kraje a obce, hlavně kvůli vysokým finančním nákladům. Jsou to tedy oddělené projekty, které mnohdy obsahují zastaralá, nepřesná nebo neúplná data. To by se mělo v budoucnu změnit díky projektu Digitální mapy veřejné správy (DMVS). Projekt by měl zajistit plošné zavedení DTM, a to s jednotnou koncepcí pro celé území ČR. O tomto záměru se mluví již od roku 2004, kdy se připravoval nový stavební zákon. Už tehdy se přikládá význam DTM v možném urychlení procesů při přípravě a povolování staveb v ČR.

Projekt DMVS uvádí do praxe zákon č. 47/2020 Sb. platný od února letošního roku. S účinností od roku 2023 tento zákon změní některé části zeměměřického zákona č. 200/1994 Sb. a části dalších souvisejících zákonů, jako je například stavební zákon č. 183/2006 Sb. Schválení tohoto zákona znamená zásadní krok vpřed v celé problematice DTM v ČR. V následujících kapitolách se zmíním o tom, co tento zákon přináší a s jakými přípravnými činnostmi v následujících třech letech počítá.

1.4.1 Digitální technická mapa kraje

Zákon č. 47/2020 Sb. v platném znění definuje digitální technickou mapu následovně: „*Digitální technická mapa je vedena pro území kraje. Správcem digitální technické mapy kraje je krajský úřad v přenesené působnosti. Digitální technická mapa kraje je zdrojem informací, které slouží zejména pro účely územního plánování, přípravy, umístování, povolování a provádění staveb, poskytování informací o životním prostředí podle zákona o právu na informace o životním prostředí a poskytování údajů o fyzické infrastruktuře podle zákona o opatřeních ke snížení nákladů na zavádění vysokorychlostních sítí elektronických komunikací.*“ (Zákon č. 47/2020 Sb., 2020)

Digitální technická mapa kraje (DTMK) je základní pilíř této právní úpravy. Všech 14 krajů zpřístupní svou DTMK nejpozději do 30. 6. 2023. K prvotnímu naplnění údajů bude přednostně použito již existujících DTM. Tyto údaje obce a vlastníci nebo správci sítí poskytnou na základě výzvy kraje.

Věcně bude obsah DTMK dělen na dvě části. První část budou tvořit údaje o technické infrastruktuře. V důvodové zprávě k zákonu č. 47/2020 Sb. je uvedeno: „*Údaje o technické infrastruktuře budou tvořit zejména údaje o zařízeních přenosové soustavy, přepravní soustavy, distribuční soustavy v elektřině a distribuční soustavy v plynu, o výrobnách plynu, zásobnících plynu, těžebních plynovodech, rozvodných tepelných zařízeních, produktovodech, ropovodech a skladovacích zařízeních, podzemních sítích elektronických komunikací a kabelových nadzemních komunikačních vedeních sítí elektronických komunikací, vodovodech a kanalizacích, vedeních veřejného osvětlení, zařízeních na odstraňování nebezpečného odpadu, skládkách, spalovnách, zařízeních zpracovávajících biologicky rozložitelné odpady, stavebách ke snižování ohrožení území živelními nebo jinými pohromami, vodních dílech, potrubní poště, a dalších objektech*

a zařízeních významných z hlediska účelu vedení digitální technické mapy.“ (Důvodová zpráva k zákonu č. 47/2020 Sb., 2019)

Aktualizaci údajů v DTMK budou mít na starosti tzv. editoři. Editoři zodpovídají za to, že jimi vkládané údaje jsou aktuální, úplné a správné. Editory pro tuto část obsahu budou vlastníci technické a dopravní infrastruktury. Tuto povinnost ale budou moci přenést na provozovatele nebo správce této infrastruktury. Do těchto aktualizací nebude moci kraj jakožto správce DTMK zasahovat.

Druhou částí obsahu budou i ostatní stavební a technické objekty a přírodní objekty na zemském povrchu, pod ním i nad ním. Tato část bude svým charakterem odpovídat ÚMPS. Editorem údajů bude správce DTMK, tedy kraj. Podklady pro aktualizaci budou kraji předávat jednotliví stavebníci prostřednictvím Informačního systému Digitální mapy veřejné správy (IS DMVS). Těmito aktualizacími podklady budou zejména geodetické části dokumentace skutečného provedení staveb (DSPS). Prováděcí předpis stanoví, jakou formu bude mít aktualizací podklad v případě, že se DSPS u stavby vyhotovovat nemusí.

DTMK bude mít veřejnou a neveřejnou část. K veřejné části se dostane každý. Data neveřejné části budou poskytována pouze třem skupinám uživatelů. Budou to orgány veřejné správy, vlastníci, provozovatelé a správci sítí a další osoby stanovené jiným právním předpisem.

1.4.2 Digitální technická mapa obce

Obce si budou moci z vlastní iniciativy vést a spravovat DTMO jako je tomu v současnosti. Základním obsahem této DTM budou kompletně přebírané údaje z DTMK. Obce tedy nebudou bezúčelně vynakládat finanční prostředky na aktualizaci většiny obsahu. Volnost v obsahu těchto map budou mít obce pouze v případě speciálních údajů, které budou stanoveny nad rámec závaznou obecní vyhláškou. Sběr a aktualizaci těchto údajů si budou obce zajišťovat samy.

1.4.3 Digitální mapa veřejné správy

DMVS vznikne propojením všech 14 DTMK, katastrální mapy a ortofotomapy ČR. Správcem bude ČÚZK. ČÚZK má za úkol nejpozději do 30. 6. 2023 zprovoznit IS DMVS. Skrze tento informační systém bude možné zobrazit celou DMVS, předat aktualizací údaje pro DTMK a provádět editorské zápisy do DTMK. Vznikne také seznam vlastníků, správců a provozovatelů technické infrastruktury, zároveň bude uvedena i jejich územní působnost. Poslední částí bude evidence všech editorů DTMK a osob, které budou editory zastupovat.

1.4.4 Přínosy celého projektu DMVS

Přínosy právní úpravy by měly pocítit všechny dotčené subjekty a uživatelé. Občanům a podnikatelům budou velice jednoduše, přehledně a rychle přístupné informace o zájmovém území. Aktuální údaje o tom, kteří vlastníci sítí mají svoji infrastrukturu v daném území, ocení také projektanti. Nebudou muset zbytečně žádat o poskytnutí výkresů průběhu sítí více vlastníků, než je nezbytně třeba. Správci sítí budou lépe chráněni před nechtěnými cizími zásahy do infrastruktury při výstavbě. Když už k nějakému poškození dojde, bude tu nástroj pro rychlý zásah. DTM výrazně zjednoduší obcím, městům, krajům i státní správě územní plánování a správu majetku.

1.5 Reambulace mapy

„Reambulace mapy je jednorázové vyšetření, zaměření a zobrazení změn předmětů měření a šetření do dané mapy.“ (Slovník VÚGTK, c2005-2020) K aktualizaci vytipovaných oblastí se přistupuje, protože není z ekonomického a praktického hlediska výhodné vyhotovit zcela nové geodetické zaměření. V mnoha případech by u nového zaměření bylo na překážku například vyjednání povolení vstupů na soukromé pozemky s vlastníky nebo nutnost vytyčení některých objektů. Výchozím podkladem pro aktualizaci je stávající obsah mapy.

Reambulaci lze provádět několika způsoby. Základní metodou je klasická metoda, v současné době se začíná stále více užívat metoda s použitím MMS.

1.5.1 Reambulace klasickou metodou

Nejdříve je nutné připravit výtisk stávající mapy ve vhodném měřítku. S těmito podklady se nakládá fakticky jako s měřickými náčrtky. Přímo v terénu se porovná jejich obsah se skutečností. Vyšetřené změny a chybějící objekty se zakreslí. Následuje jejich zaměření polární metodou nebo v současné době velmi rozšířenou metodou GNSS. V kanceláři se zpracují výsledky měření a s pomocí náčrtů se zjištěné změny zavedou do výkresu původní mapy.

1.5.2 Reambulace pomocí MMS

Prvním krokem při této metodě reambulace je sběr prostorových dat zájmového území. Po zpracování v kanceláři vznikají tzv. mračna bodů. Vhodný software umožní připojení těchto mračen ke stávajícímu výkresu mapy. Vyšetření změn spočívá v porovnání všech jednoznačně identifikovatelných objektů v mračnech bodů s objekty v původní mapě. Opačné pořadí úkonů vyšetření změn a jejich zaměření v terénu je tedy základním rozdílem ve srovnání s klasickou metodou reambulace.

2 Outdoorové mobilní mapovací systémy

MMS je „zařízení určené k bezkontaktnímu podrobnému měření z mobilního prostředku“ (Slovník VÚGTK, c2005-2020). Tato moderní zařízení v posledních letech nabývají na popularitě a vzestupný trend bude dle mého názoru pokračovat. Zvyšující se počet aplikací této technologie, zlepšující se hardware MMS a zvyšující se absolutní přesnost výstupů tak bude mít za následek jejich další zavádění do praxe.

2.1 Hardware mobilních mapovacích systémů

Celý MMS sestává z několika částí. Standardními částmi systémů jsou mobilní platforma, GNSS přijímač, inerciální měřicí jednotka (IMU), odometr, laserové skenery, digitální kamery a řídicí jednotky. Nadstandardní výbavu pro speciální práce může tvořit například georadar. Velmi přesnou časovou synchronizací záznamu dat všech měřicích systémů jsme schopni dosáhnout spolehlivých výsledků.

Mobilní platforma

Základním pilířem mobility systémů je vhodný dopravní prostředek. Nejrozšířenějším je určitě automobil. Méně rozšířenými nosiči měřicích systémů jsou drážní vozidla, speciální drážní vozítka a lodě.

GNSS přijímač

Pro určení polohy MMS v prostoru se používá technologie GNSS. Současné dvoufrekvenční přijímače využívají dvou základních navigačních systémů – GPS a GLONASS. Důležitá je frekvence záznamu dat, většinou se pohybuje okolo 10 Hz.

Inerciální měřicí jednotka

IMU je „elektronické zařízení, které určuje svoji polohu a orientaci. Skládá se ze tří akcelerometrů a tří gyroskopů. Poloha je určena pomocí akcelerometrů ve třech na sebe kolmých směrech a orientace pomocí gyroskopů měřících úhly“ (Manda, 2013). Integrací s aparaturami GNSS lze dosáhnout potřebné spolehlivosti a přesnosti. Vyšší frekvence záznamu dat u IMU oproti GNSS přijímačům udržuje vysokou krátkodobou přesnost například při dočasném výpadku signálu GNSS. Dlouhodobá stabilita GNSS naopak zajišťuje korekci systematických chyb IMU, které se objevují s rostoucím časem měření.

Odometr

Odometr je zjednodušeně řečeno přesný otáčkoměr, který pomáhá zpřesnit informace o ujeté vzdálenosti a rychlosti MMS. Bývá připojen k jednomu z kol vozidla a data z něj proudí do řídicí jednotky.

Laserové skenery

Samotný sběr dat o zájmové lokalitě zajišťují laserové skenery. Počet skenerů na vozidlech se u různých výrobců liší. V současné době se na vozidla umísťuje zpravidla více než jeden skener. Stejně jako u leteckých a statických pozemních laserových skenerů nás při výběru vhodného skeneru pro mobilní mapování zajímají následující parametry. Prvním je frekvence vysílání paprsků (PRF). PRF se udává v jednotkách Hz a udává nám počet vyslaných pulzů za vteřinu. Jednoduché navýšení PRF výrobci dosáhnou prostým navýšením počtu skenerů, i když hlavní důvod, proč tak činí, je

spolehlivé pokrytí skenovaného prostoru. PRF nezávisí pouze na hardwaru skeneru, ale i na dalším parametru, a tím je zorné pole skeneru (FOV). Současné skenery mají FOV již plných 360°, což se hodí například při mapování objektů přímo nad vozidlem. Další zákazník velice sledovaný parametr je dosah skeneru. Dosah závisí zejména na odrazivosti neboli reflektivitě materiálu a pohybuje se v řádu stovek metrů. Dalšími parametry jsou přesnost měření délek, měření intenzity odražených paprsků a schopnost zaznamenávat více odrazů jednoho pulzu (angl. multi-echo capability).

Digitální kamery

Vedle laserových skenerů se na MMS umísťují rovněž digitální kamery. Poskytují digitální obrazový záznam pro další zpracování. Používají se k identifikaci předmětů v mračnách, k obarvení bodů mračen, k fotogrammetrickému zpracování nebo k pořízení videozáznamu. Při některých aplikacích je používáno i infračervených, multispektrálních nebo termálních kamer.

Řídící jednotka

Centrem celého systému je počítač s výkonným procesorem. Skrze něj obsluha řídí aktivaci a deaktivaci jednotlivých měřicích systémů a kontroluje jejich správný chod. Je rovněž důležité sledovat charakteristiky přesnosti určení polohy pomocí GNSS. Všechna naměřená data se ukládají na vysokorychlostní velkokapacitní úložiště.

Georadar

„Georadar je přístroj, který "vidí" do pevných látek. Měří většinou podpovrchové struktury země, materiály a vrstvy rozlišuje podle jejich vodivosti a permitivity. Naměřená data jsou ihned převáděna na obrázek, ze kterého je pak patrná struktura a rozhraní materiálů pod místem měření. Velkou výhodou je vysoká rychlost měření bez porušení terénu.“ (Georadar Roteg, b.r.) Georadar lze využít například k detekci inženýrských sítí pod povrchem nebo skrytých poruch ve vozovce.

2.2 Princip metody

Prostorová data jsou pořizována neselektivně laserovými skenery z konkrétní mobilní platformy. Laserový skener vysílá do svého okolí krátké laserové pulzy, děje se tak nejčastěji pomocí rozmetání prvotního paprsku rotujícím hranolem či zrcadlem. Od objektů se tyto pulzy odrazí a vrací se zpět do skeneru, kde jsou registrovány. Spolu se záznamem času a směru vypuštění pulzu a časem odezvy paprsku od objektu se určí orientace a velikost vektoru skener-objekt. Jestliže známe polohu vozidla v čase vypuštění pulzu, jsme schopni vypočítat souřadnice každého jednotlivého bodu. Princip této metody tedy ve své podstatě odpovídá mobilní prostorové polární metodě. Záznam trajektorie jízdy MMS měří integrovaný systém GNSS aparatury a IMU. Měření GNSS lze provádět například pomocí kinematické metody v reálném čase (RTK) s přijímáním korekcí ze sítě permanentních stanic.

Po sběru dat nastává fáze postprocessingu. V této fázi se přistoupí k výpočtu trajektorie MMS, generaci mračen a jejich spojování. Dále je nutné mračna začistit od nadbytečných bodů. To se děje automatickým ředěním a manuálním odstraněním. Nejčastějším problémem jsou odrazy od okolní dopravy v době měření. Po začistění mračen nastává čas na jejich transformaci. Nakonec je výhodné mračna rozdělit, aby s nimi mohl počítač

rychleji pracovat. Kontrolu přesnosti výsledných dat lze provést porovnáním souřadnic jednoznačně identifikovatelných bodů z předchozích výsledků zeměměřické činnosti a nového mračna nebo tyto jednoznačně identifikovatelné body zaměřit některou z klasických metod.

2.3 Sběr dat v terénu

Mračna bodů, které jsem obdržel ke zpracování od společnosti GEOVAP, spol. s r.o., vznikla na základě měření mobilním mapovacím systémem LYNX M1 od společnosti Optech. Systém je vybaven dvěma skenery, dvěma kamerami, dvěma přijímači GNSS, IMU a odometrem. Řídicí jednotka je umístěna uvnitř vozidla. Měřicí systémy jsou u tohoto MMS umístěny na výsuvné plošině namontované na zadní části automobilu Toyota Hilux.



Obr. 1 Systém LYNX M1 (Geovap | Vývoj informačních systémů, c2019)

Systém je schopný uložit až 3 miliardy bodů za den a umí se při měření pohybovat rychlostí až 120 km/h. Laserové pulzy vysílané skenery jsou zcela bezpečné pro lidský zrak. Snímky pořízené z kamer jsou užitečné při práci s výslednými mračky. Přesnost měření zaručuje splnění požadavků na mapování ve 3. třídě přesnosti. Informace o technických specifikacích lidarové výbavy zachycuje následující tabulka.

Mobilní mapovací laserový systém LYNX M1	
Úhel záběru skeneru	360°
Třída nebezpečnosti laseru	IEC/CDRH třída 1
Frekvence skenování	2x500 kHz, programovatelné
Rychlost měření laseru	200 Hz, programovatelné
Přesnost měření délek	+/- 8 mm, 1 sigma
Počet zaznamenaných odrazů z jednoho paprsku	až 4
Maximální dosah	200 m, při 20% reflektivitě

Tab. 1 Technická specifikace MMS (Geovap | Vývoj informačních systémů, c2019)

Následující odstavce této podkapitoly o praktickém průběhu měření s MMS v terénu jsou převzaty z diplomové práce Ing. Tomáše Cimpla s názvem Aktualizace DTMM s využitím mobilního skenovacího systému. (Cimpl, 2013) Zařazuji je zde z toho důvodu, že já sám jsem neměl možnost se přímého měření s MMS v terénu zúčastnit.

„Příprava měření

Operátor spustí přijímání signálu GNSS. Je nutné spustit přijímání ještě před měřením, aby mohlo dojít k inicializaci. Od tohoto okamžiku bude zaznamenávána 3D trajektorie měřicího systému. Záznam trajektorie jízdy je klíčový, protože na ni navazuje výpočet 3D polohy každého skenovaného bodu i výpočet polohy snímků pořízených kamerami. Dále se provede kontrolní spuštění skenerů a kamer. Tím se ověřuje, jestli dochází k ukládání dat ze všech zařízení. Podle kontrolních snímků kamer se upraví jas a kontrast. U skenerů se nastaví frekvence měření a maximální vzdálenost, po kterou se budou odrazy zaznamenávat.

Měření

Sběr dat pomocí MMS se provádí najetím pásů (tzv. strip). Strip je úsek jízdy ohraničený zapnutím a vypnutím skenerů a kamer. Jelikož je měřicí aparatura namířena zpět po směru jízdy je nutné do některých ulic nejprve nacouvat. Po najetí do ulice, kterou chceme změřit, musíme počkat, až se vlivem předešlé jízdy ustálí charakteristiky přesnosti určení 3D polohy. Vše sleduje na obrazovce operátor, na jeho pokyn se zároveň se spuštěním měření řidič rozjede a plynulou jízdou se naměří jeden strip.

Rychlost a plynulost jízdy má vliv na hustotu mračna bodů. Čím pomalejší jízda, tím je mračno bodů hustší a naopak. Různá hustota mračna bodů je patrná také při průjezdu zatáčkami. Zde dochází vlivem větší úhlové rychlosti vnějšího skeneru k řidnutí mračna. Naopak skener na vnitřním oblouku dráhy vyprodukuje hustší mračno.

V průběhu jízdy kontroluje operátor stále charakteristiky přesnosti určení 3D polohy a tok dat do záznamového zařízení. Pokud dojde k závadě např. zhoršení kvality 3D polohy, je nutno zastavit a počkat až se charakteristiky přesnosti zlepší. Poté se problematický úsek zaměří znovu.

Měření je možné provádět i v noci, ovšem bez obrazových dat z kamer. Měření nelze provádět v hustém dešti ani těsně po něm. Dešťové kapky znehodnocují měření a vodní kaluže silně pohlcují vysílané světelné paprsky. Sněhová pokrývka je také nežádoucí, neboť nejsme schopni následně správně vyhodnotit výškopis.“

2.4 Využití MMS v praxi

Základním výstupem měření je mračno bodů. Tato mračna mohou sloužit k vyhodnocení libovolné vektorové kresby. Můžou jimi být kupříkladu digitální technické mapy a dokumentace skutečného provedení staveb. Další aplikací může být tvorba digitálního modelu terénu (DMT). Z DMT pak lze vygenerovat vrstevnice nebo příčné či podélné profily pro porovnání již uskutečněných stavebních prací s projektovou dokumentací. Tvorba podkladů pro projekt může být dalším důvodem pro použití této metody. O nasazení MMS se uvažuje i v oblasti katastru nemovitostí při obnově katastrálního operátu novým mapováním.

3 Vyhotovení aktualizačního výkresu

Aktualizační výkres pro ÚMPS v lokalitě č. 3 jsem vyhotovil pomocí softwaru GSV6, jehož bezplatnou licenci jsem obdržel od firmy GEOVAP, spol. s r.o. Výchozími podklady pro vypracování této bakalářské práce byly:

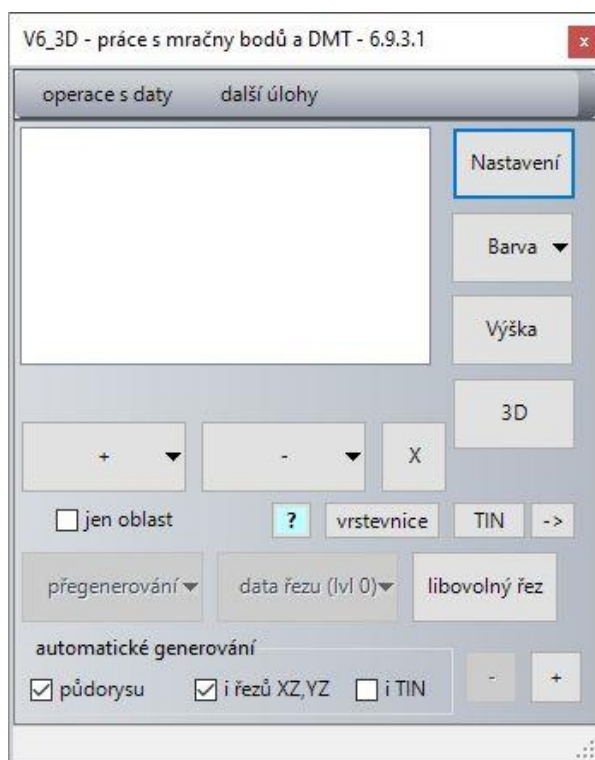
- výkresy lokalit č. 1 až 3 ve formátu WKB
- 66 mračen bodů ve formátu LAS (18 pro lokalitu č. 3)
- výkres s kladem georeferencovaných fotografií ve formátu WKB
- výkres s kladem mračen bodů ve formátu WKB.

Reambulovaná část ÚMPS se nachází v území zobrazeném v Digitální technické mapě východních Čech, kterou spravuje Sdružení správců sítí východních Čech. Firma GEOVAP, spol. s r.o. je členem tohoto sdružení a publikovala mnou vyhotovený aktualizační výkres v jejich databázi.

3.1 Nadstavba softwaru pro práci ve 3D

Pro zpracování této bakalářské práce byl klíčovým nadstavbovým aplikačním modul V6_3D, který poskytuje veškeré nástroje pro práci v 3D prostředí.

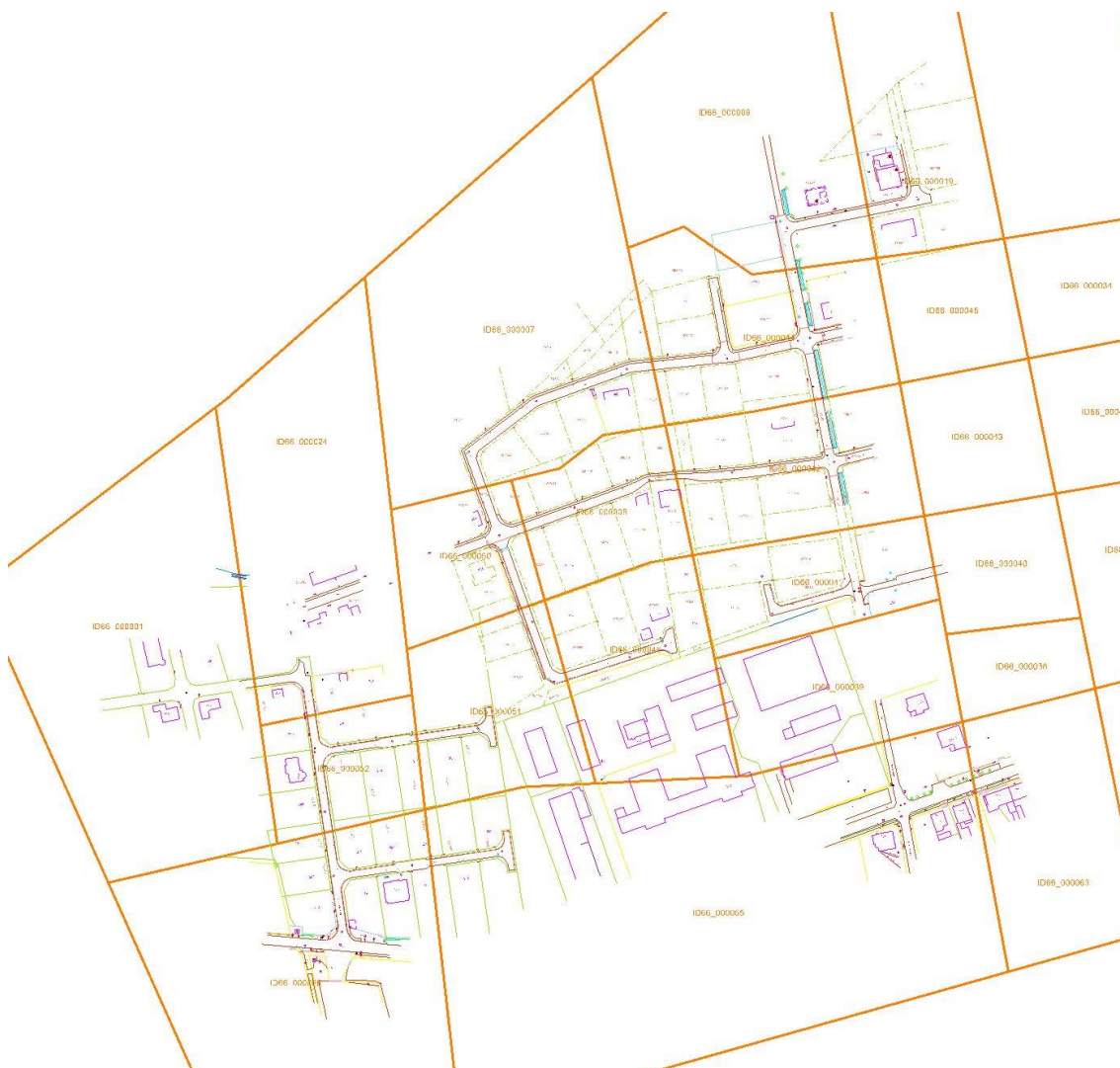
„Aplikace V6_3D slouží k práci s mračny bodů pořízenými pomocí statického nebo mobilního či leteckého laserového skenování v prostředí grafického editoru GeoStore V6. Data lze načíst z textového souboru TXT nebo binárního LAS souboru, které musí obsahovat X, Y a Z souřadnice bodů a dále může obsahovat barvu nebo intenzitu odrazu. Také lze načítat data z datového serveru přes http adresu, a to ve formátu GLS. Jako další textový zdroj dat (.xyz) lze zobrazovat digitální modely reliéfu (DMR 5G), povrchu (DMP), atd.“* (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, b.r.)



Obr. 2 Základní panel aplikace V6_3D

3.1.1 Připojení mračen bodů

Při výběru mračen bodů pro reambulaci určité malé části mapy jsem použil referenčně připojeného výkresu kladu všech poskytnutých mračen. Pro připojení mračen bodů ve formátu LAS slouží tlačítko „+“ v levé části základního panelu. Po výběru připojeného mračen v seznamu ho lze tlačítkem „-“ odpojit. Při zaškrtnutí kolonek v sekci „automatické generování“ se rastr mračen opětovně generuje při každém překreslení grafického okna. Toto nastavení může při práci příliš zatěžovat počítač. Pokud dané kolonky nezaškrtneme, vygeneruje se rastr pouze jednorázově, a to v rozsahu aktuálního zobrazení grafického okna. Opětovné generace rastrů pak můžeme dělat manuálně pomocí tlačítka „přegenerování“. Vzhledem ke konfiguraci mého počítače jsem pro hladký chod práce používal automatické generování při jediném připojeném mračen bodů.



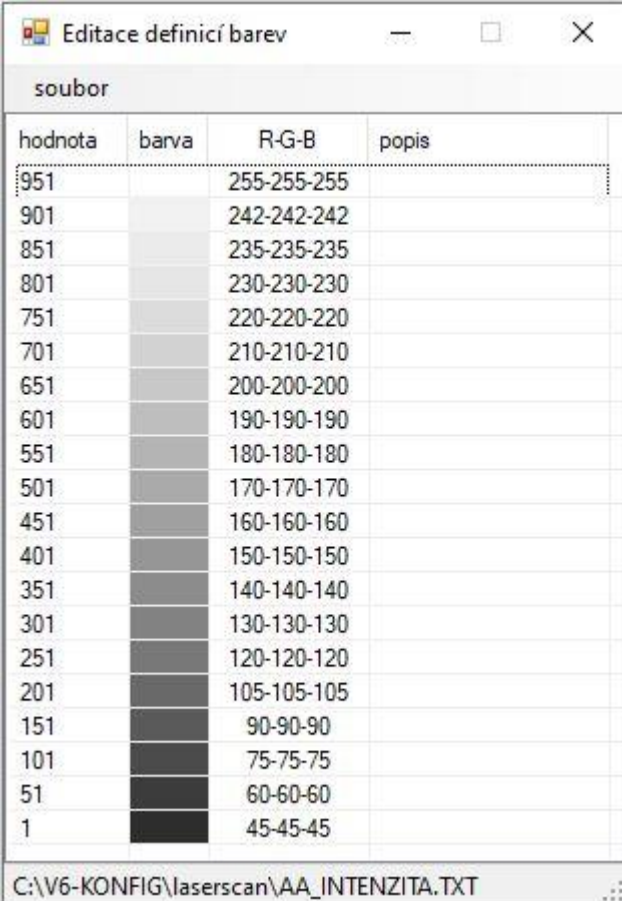
Obr. 3 Ukázka kladu mračen bodů

Tlačítko „Barva“ slouží k obarvení mračen bodů. Zobrazovacích režimů je celkem šest:

- režim originální
- dle intenzity
- dle klasifikace
- dle výšky

- dle barevné škály
- dle souboru.

V originálním režimu mají body mračna takové hodnoty RGB, s jakými byly zaznamenány skenovací jednotkou za pomoci digitálních kamer. U ostatních režimů dochází k přebarvení mračna na základě editovatelných definičních souborů ve formátu TXT. Já pracoval s mračny bodů, jejichž body byly v originální podobě barevně odlišené dle hodnoty intenzity odrazu laserového paprsku.



hodnota	barva	R-G-B	popis
951		255-255-255	
901		242-242-242	
851		235-235-235	
801		230-230-230	
751		220-220-220	
701		210-210-210	
651		200-200-200	
601		190-190-190	
551		180-180-180	
501		170-170-170	
451		160-160-160	
401		150-150-150	
351		140-140-140	
301		130-130-130	
251		120-120-120	
201		105-105-105	
151		90-90-90	
101		75-75-75	
51		60-60-60	
1		45-45-45	

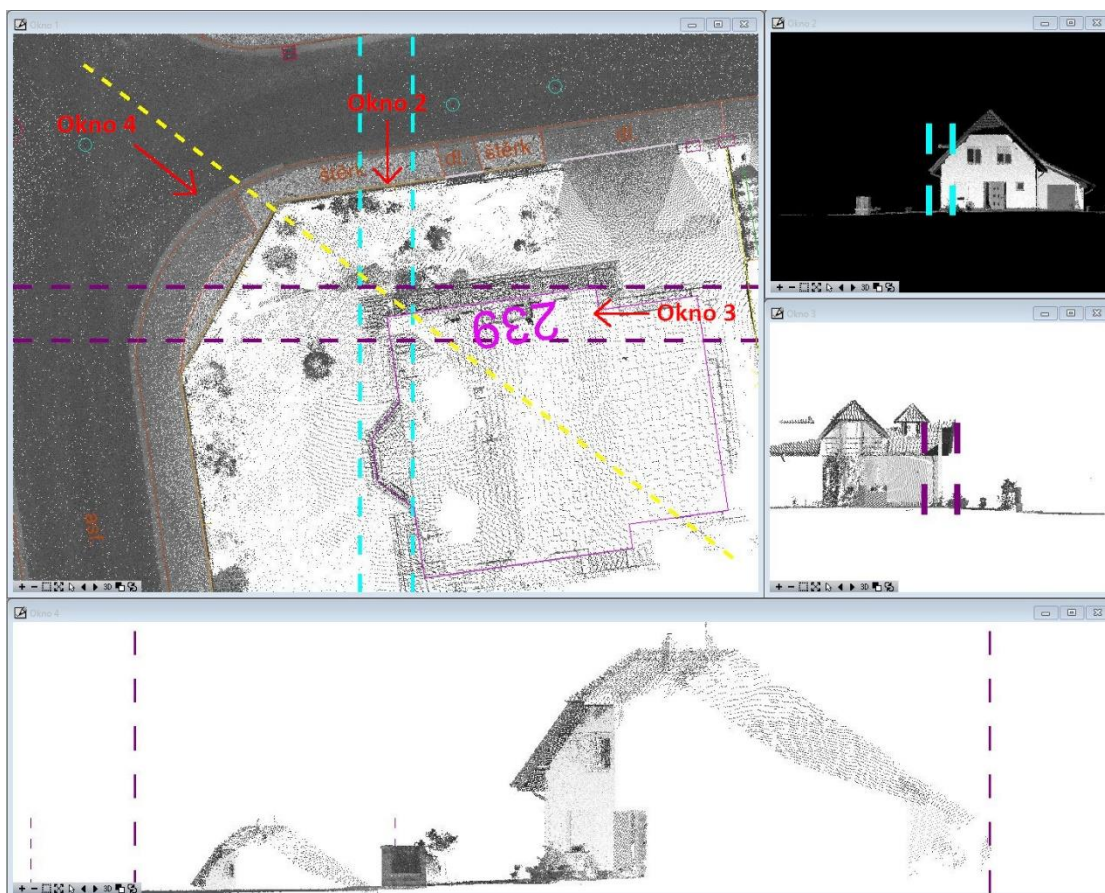
C:\V6-KONFIG\laserscan\AA_INTENZITA.TXT

Obr. 4 Převodní soubor intenzita odrazu -> RGB

3.1.2 2D zobrazení mračen bodů v grafických oknech

Generované rastry bodů mračna se spolu s vektorovou kresbou mapy zobrazují ve čtyřech grafických oknech. Půdorys celé situace, tedy rovina XY v prostředí GSV6, je zachycen oknem 1. V tomto okně lze tlačítky   měnit velikost jednotlivých bodů mračna. Okno 2 obsahuje pohled zepředu na svislý řez rovinou XZ. Okno 3 umožňuje pohled zprava na svislý řez rovinou YZ. Poslední okno 4 zobrazuje pohled na svislý řez v libovolném směru zadaný pomocí dvou bodů v půdorysu a určením šířky pásu řezu. Okna 2 a 3 jsou synchronizována s posuny půdorysného grafického okna 1. Pásy řezů v oknech 2 a 3 jsou zvýrazněny modrými a fialovými čarami. Pokud jsem tedy v půdorysu namířil průsečík těchto dvou řezových pásů nad libovolný zájmový prostor, měl jsem okamžitou informaci z ostatních třech oken, jak jsou v něm objekty výškově členěny.

Soustavu všech 4 oken lze vyvolat tlačítkem , 3 oken (pouze okna 1-3) pak tlačítkem . Tlačítkem  lze uložit uživatelské nastavení uspořádání a velikosti oken.



Obr. 5 Grafická okna půdorysu a řezů

3.1.3 3D zobrazení mračen bodů

Tlačítkem „3D“ v okně aplikace V6_3D se spustí speciální 3D okno s touto částí mračna a vektorové kresby, která byla v čase spuštění zobrazena v půdorysném okně 1.

„Pohyb v okně

– *Zájmový bod (střed otáčení)*

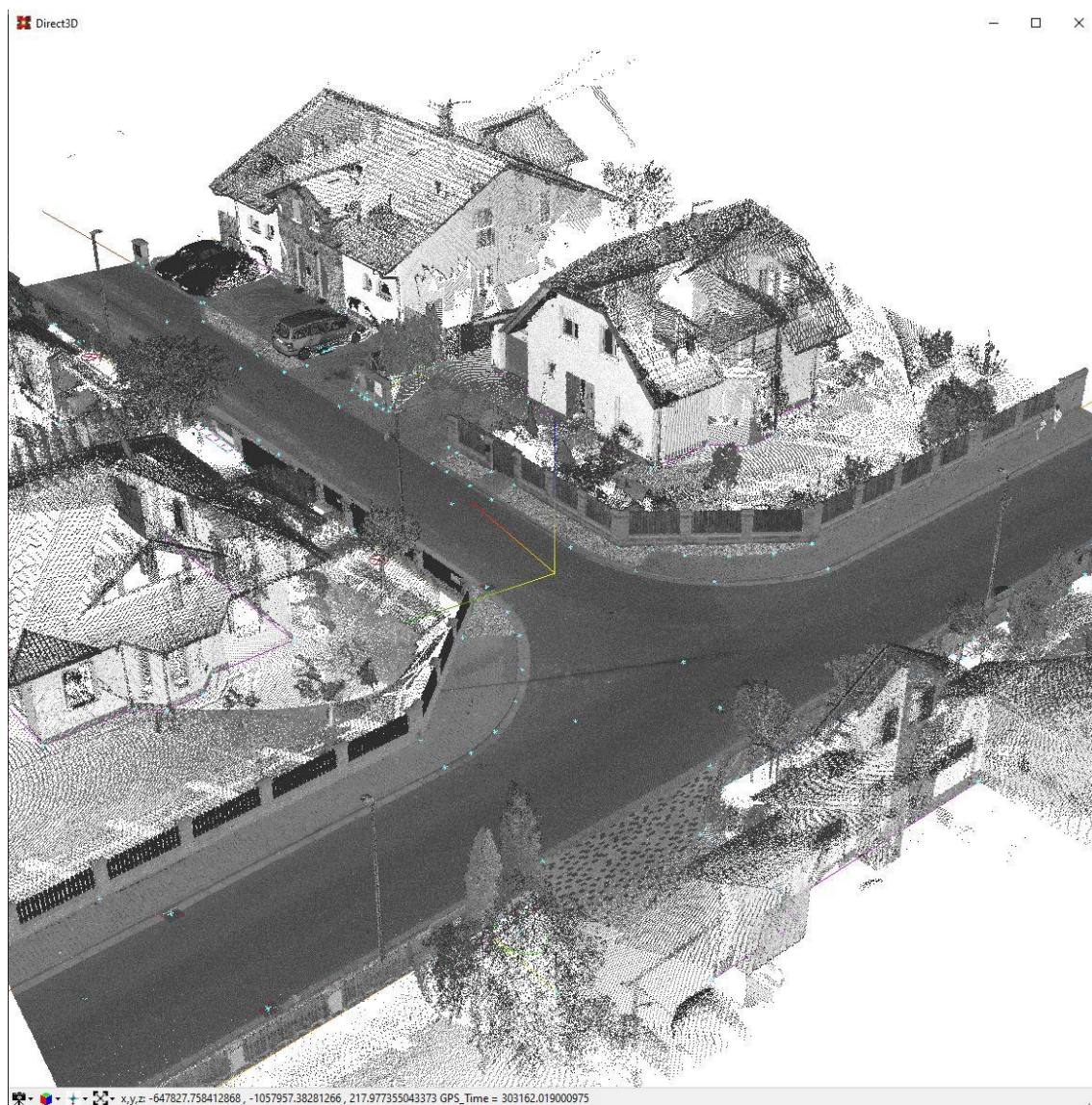
Je bod, na který se díváme. Je dán středem okna v půdorysu a středem mezi nejvyšší a nejnižší výškou vektoru nebo mračna. Je označen osovým křížem, kde barvy kříže označují směry jednotlivých os X, Y, Z v pořadí RGB-X-R (červená), Y-G (zelená), Z-B (modrá). Jeho souřadnice jsou vypsány v dolním pruhu 3D okna.

– *Místo, ze kterého se díváme*

Kamera je otočená směrem na sever a dolů na zájmový bod. Pohled na zájmový bod lze ovládat myší. Stisknutím levého tlačítka myši a pohybem se kamera začne otáčet po kouli okolo zájmového bodu. Kolečkem myši lze měnit vzdálenost kamery od zájmového bodu.

Změna zájmového bodu (středu otáčení)

Spouští se pomocí současného stisknutí klávesy Ctrl + levého tlačítka myši v okně 3D. Podle nastavených parametrů poloha zájmového bodu (středu otáčení) v záložce 3D nastavení hledá nejbližší bod v zadaném směru, do něhož je přesunut střed otáčení. Jeho určení se řídí v dalším nastavení pro 3D okno. Další možností je posun zájmového bodu myši – stiskneme pravé tlačítko myši a pohybem myši pohybujeme bodem v prostoru mračna.“ (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, b.r.)

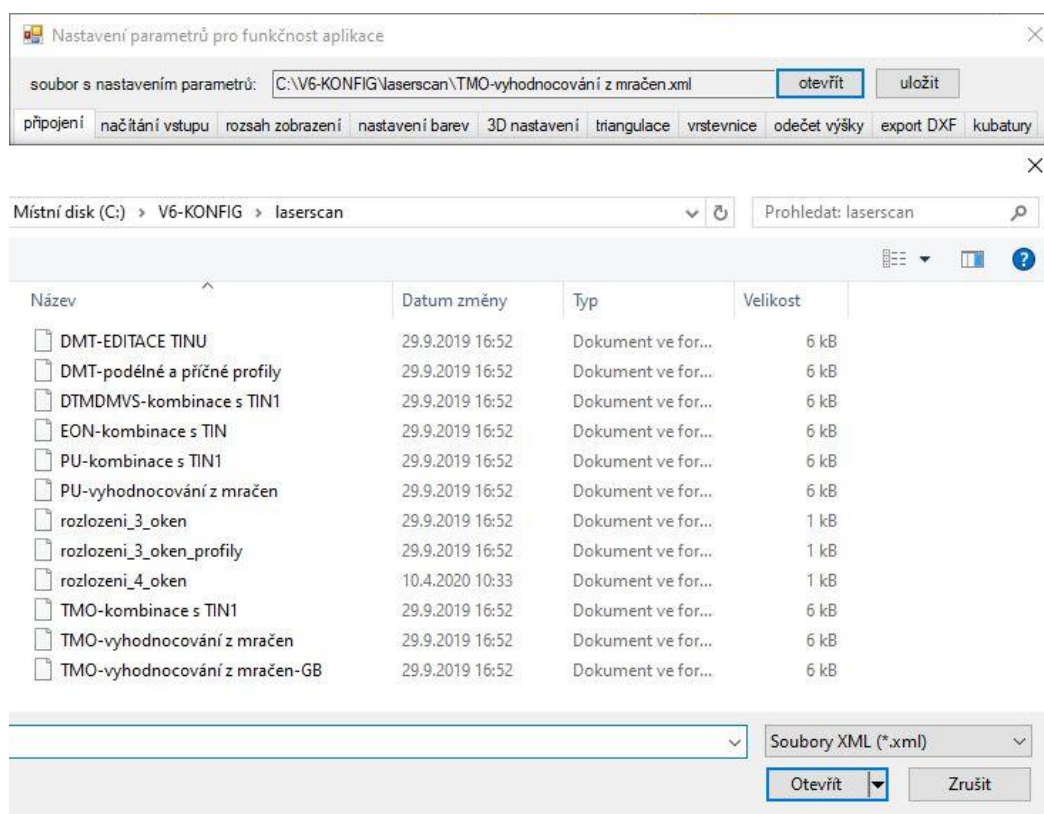


Obr. 6 3D okno

3.1.4 Uživatelská nastavení aplikace V6_3D

Tlačítko „Nastavení“ otevře okno s dalšími záložkami pro nastavení funkčnosti aplikace V6_3D. „V horní části okna je možné otevřít a uložit XML soubor s nastavením pro všechny záložky. Je tedy možné si uložit parametry ke konkrétnímu typu práce, například v pracovním adresáři zakázky. Jiné nastavení je vhodné pro vyhodnocování z mračen bodů, jiné se hodí pro práci s DMT a TINem na podkladě geodetického měření a jiné při současném využití DMR5G. Soubor se vytváří a dále edituje pomocí tlačítka uložit. Pokud podržená nastavení v jakékoliv záložce během práce změníte, aplikace se tím řídí, ale při

jakémkoli použití tlačítka otevřít, jsou změny ztraceny, pokud není použito tlačítko uložit.“ (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, b.r.)



Obr. 7 Výběr souboru XML s nastavením parametrů

Objednatel doporučená uživatelská nastavení pro moji práci a její kontrolu obsahovaly předdefinované XML soubory s názvem „TMO-vyhodnocování z mračen“ a „TMO-kombinace s TIN1“. První z jmenovaných jsem použil při veškerých vyhodnocovacích pracích. Druhý mi pomohl jednoduše a rychle identifikovat výškové nesrovnalosti prvků v mapě díky barevné vizualizaci vyplněných ploch trojúhelníkové sítě dle spádu. Důležitá nastavení pro vektorizaci mračen obsahují záložky „rozsah zobrazení“ a „odečet výšky“.

Rozsah zobrazení

V této záložce nastavení lze změnit velikosti pásů všech tří možných řezů, které se promítají do grafických oken 1-3. Při práci se mi také osvědčilo používat výškové omezení. Rozsah výškového omezení se dá zadat absolutně spodní a horní hranicí hodnotou výšky v příslušném výškovém systému nebo relativně. Lze také vybrat, do jakých grafických oken se tato výšková omezení budou projevovat. Dle mého názoru je nejvhodnější výškové omezení použít v okně 1. Při vyhodnocování polohopisu budov nebo jednotlivých stromů toto omezení vyfiltrovalo body střešních přesahů a korun stromů, které stěžovaly správnou identifikaci polohy bodů ve výšce terénu.

Nastavení parametrů pro funkčnost aplikace

soubor s nastavením parametrů: C:\V6-KONFIG\laserscan\TMO-vyhodnocování z mračen.xml otevřít uložit

připojení | načítání vstupu | **rozsah zobrazení** | nastavení barev | 3D nastavení | triangulace | vrstevnice | odečet výšky | export DXF | kubatury

hloubka zobrazení (na jednu stranu) [m]
 v řezu XZ: 1 v řezu YZ: 1 ☐ v libovolném řezu: 3

výškové omezení
 minimum: 216.061 maximum: 228.585 ☐ relativní (+): 2 (-): 1

☒ použít v půdorysu ☐ použít v řezech ☐ použít ve 3D

filtrování podle klasifikace
 nezobrazovat body s klasifikací: (hornoty oddělené čárkami)

☐ použít v půdorysu ☐ použít v řezech ☐ použít ve 3D

Obr. 8 Záložka rozsah zobrazení

Odečet výšky

V dolní části záložky jsou definovány atributy a symbologie pro vyhodnocené body a jejich výšky. Vpravo nahoře je nastavení pro způsob odečtení výšky při zadávání bodů v okně 1. Na výběr jsou možnosti nejnižší, nejvyšší, průměrná, nulová a z trojúhelníkové sítě. Vzhledem k principu sběru dat skenovací jednotkou je u bodů ve výšce terénu důležité vyhodnocovat výšku nejnižší. Převzetí výšky z výše zaznamenaných bodů v mračně by mělo za následek vyhodnocení výšky terénu chybně například v úrovni výšky vegetace nebo v extrémním případě i střechy. Lze také při odečítání výšky brát v potaz výškové omezení zaškrtnutím políčka „uplatnit výškové omezení ze zobrazení“.

Nastavení parametrů pro funkčnost aplikace

soubor s nastavením parametrů: C:\V6-KONFIG\laserscan\TMO-vyhodnocování z mračen.xml otevřít uložit

připojení | načítání vstupu | rozsah zobrazení | nastavení barev | 3D nastavení | triangulace | vrstevnice | **odečet výšky** | export DXF | kubatury

okolí bodu pro hledání výšky [m]: 0.1 výška pro odečtení: nejnižší

☐ uplatnit výškové omezení ze zobrazení počet desetinných míst: 2

☐ převzetí i z referenčních souborů

bod - tečka
 vrstva: 1 barva:
 tloušťka: 4
 tabulka: SITU_B_GS
 atributy: metoda=laser',rc=Bod i převzít

výška - text
 vrstva: 3 barva:
 velikost: 0.75
 úchyt: střed dole
 tabulka: SITU_V_GS
 atributy: rc='Výškopis terén_tisk',meto převzít

Obr. 9 Záložka odečet výšky

3.2 Podpůrné nástroje pro šetření změn v mapě

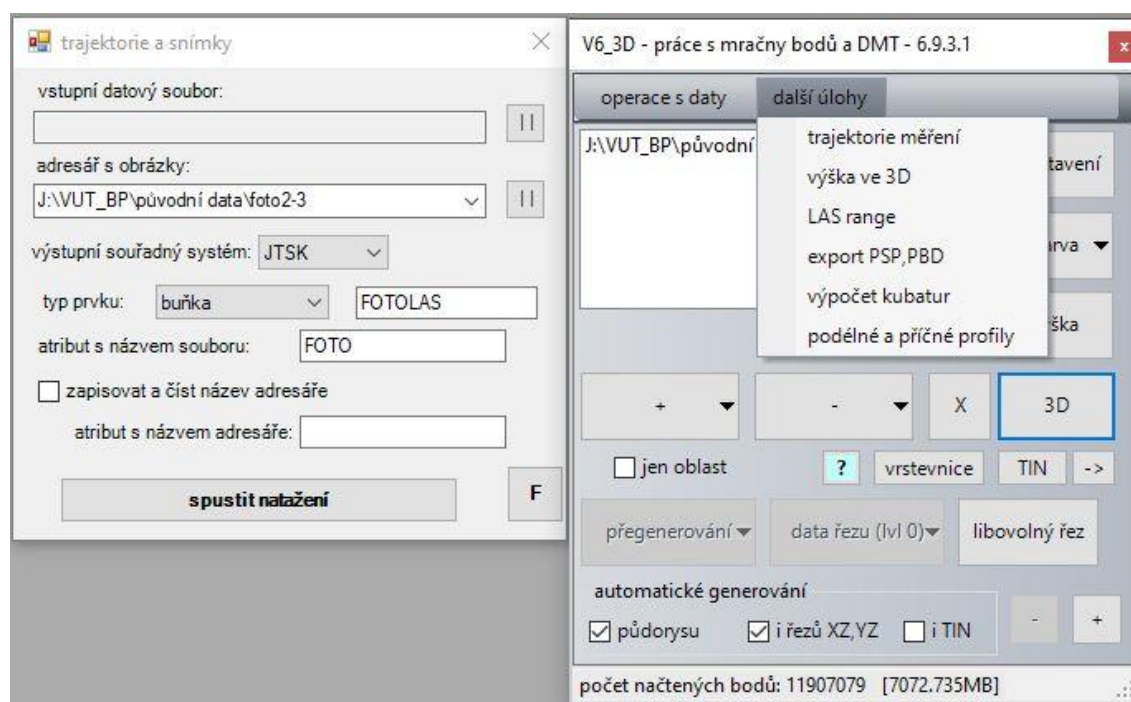
Při šetření změn jsem narazil na mnoho případů, kdy samotné mračno bodů vygenerované v 2D rastru či zobrazené v 3D okně nestačilo k jasné identifikaci některých prvků. Proto bylo nutné využít i snímky z kamer MMS a internetových aplikací.

3.2.1 Snímky pořízené MMS

Mnoho problémových situací pomohly vyřešit snímky pořízené MMS. Jejich hlavní výhodou je obsahová aktuálnost vzhledem k samotnému sběru dat. Všechny snímky mají určenou polohu v čase jejich expozice.

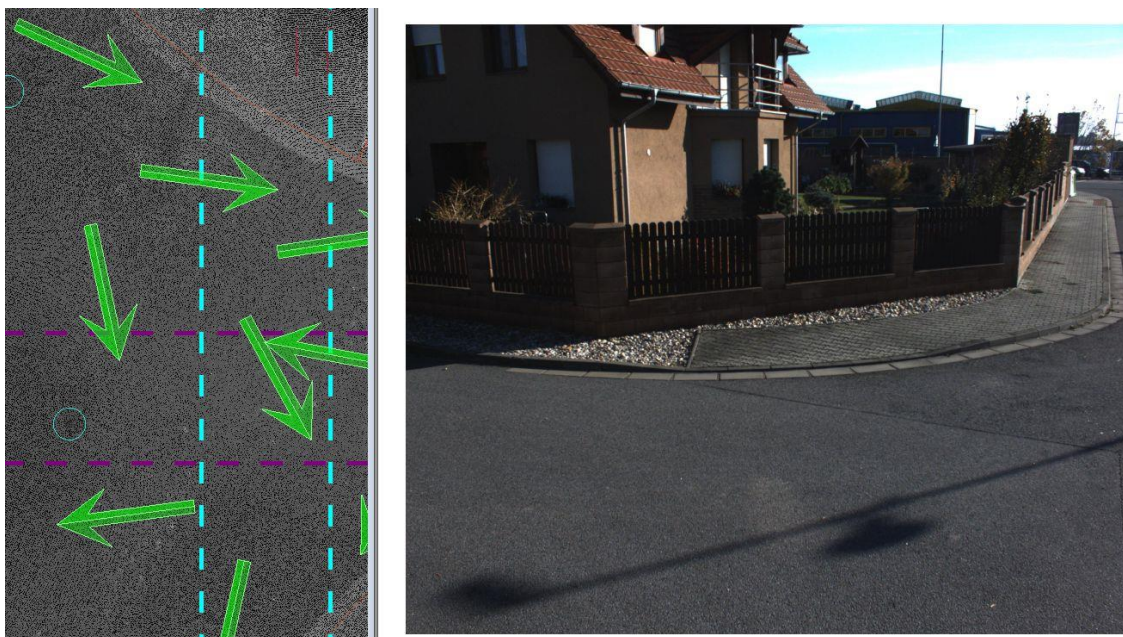
Jedním z výchozích podkladů byl pro mě výkres kladu georeferencovaných snímků naplněný buňkami ve tvaru šipek. Každá šipka svým umístěním ve výkresu reprezentuje místo, ze kterého byl daný snímek pořízen. Negrafickým atributem těchto buněk je název příslušné fotografie ve formátu JPEG. Jelikož jsou na mapovacím systému LYNX M1 kamery dvě, každý najetý strip vygeneruje dvě paralelní řady těchto šipek. Jedna z kamer byla namířena po směru jízdy, druhá proti směru jízdy MMS.

Všechny snímky je vhodné mít uložené v jednom adresáři. Pro jejich zobrazení slouží okno „trajektorie a snímky“. Okno lze otevřít z hlavního panelu aplikace V6_3D z nabídky „další úlohy“ a výběrem možnosti „trajektorie měření“.



Obr. 10 Okno trajektorie a snímky

Po nastavení cesty ke správnému adresáři je ještě potřeba zkontrolovat typ prvku, název prvku a jméno výše zmíněného atributu skrývací název fotografií. Poté se stiskem tlačítka **F** a poklepnutím na šipku ve výkresu spustí prohlížeč fotografií.



Obr. 11 Odkazové buňky a georeferencovaný snímek

3.2.2 Prohlížecké služby a internetové aplikace

Při práci se mi často stávalo, že požadovaný objekt nebyl zachycen na georeferencovaných snímcích. Byly to zejména objekty na soukromých pozemcích za oplocením, které se nacházely nalevo či napravo od trajektorie MMS. Informace o těchto objektech jsem získával z prohlížeckých služeb a internetových aplikací. GSV6



nabízí v panelu nástrojů možnosti, jak se přímo z prostředí softwaru odkázat na konkrétní internetovou aplikaci. Tlačítkem určité internetové aplikace a poklikem levého tlačítka myši na zájmové místo ve výkresu se automaticky spustí internetový prohlížeč s internetovou aplikací zobrazující dané místo. Panel nástrojů obsahuje odkazy na zobrazení mapy katastru nemovitostí, informaci o parcele KN, *Google Maps*, *Google Street View* a *Mapy.cz*. Při práci jsem nejvíce používal panoramatických snímků služeb *Google Street View* a *Mapy.cz*. Jejich velkou výhodou je 360° pokrytí okolí, které mi umožnilo se zorientovat v rozložení objektů v zahradách a dalších vnitroblocích. Je důležité si ale uvědomit, že tyto informace mohou být zastaralé, jelikož nebyly pořizovány přímo v čase mapování. Aktuální stav v mé lokalitě nejlépe zachycovaly panoramatické snímky služby *Mapy.cz*.

Těchto služeb jsem využil i v případech, kdy byly georeferencované snímky přesvětlené nebo naopak příliš tmavé.

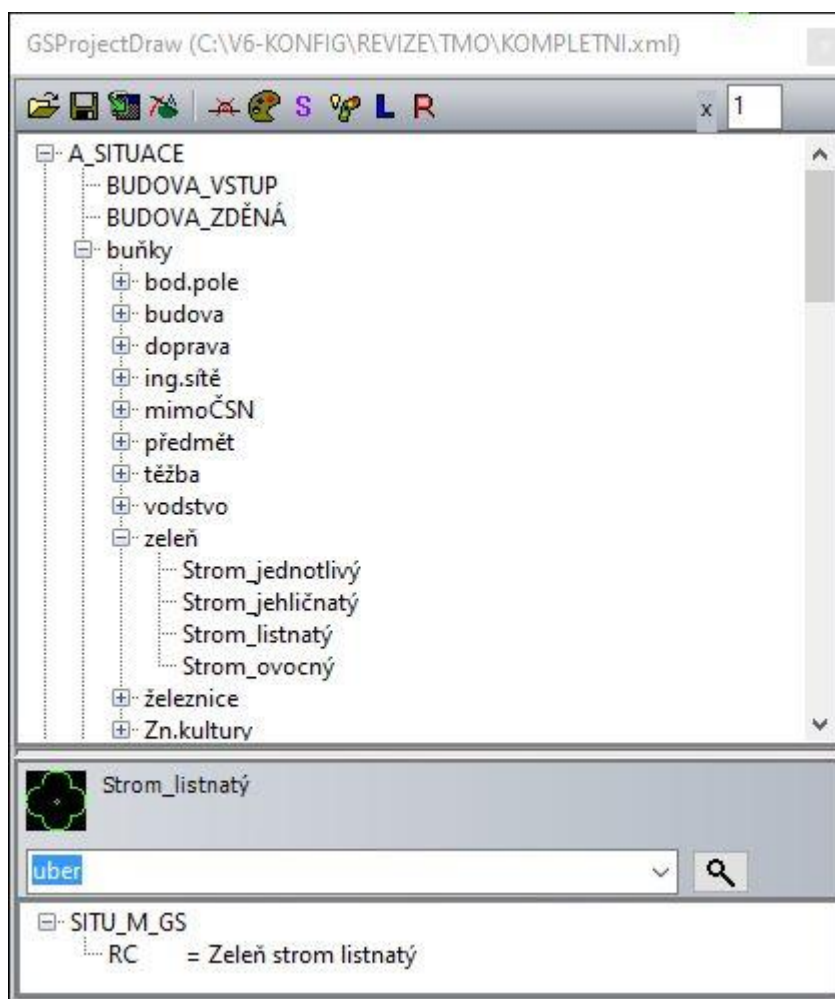
3.3 Vlastní vektorizace mračen bodů

Hlavní náplní praktické části této bakalářské práce byla reambulace mapy s kritérii 3. třídy přesnosti dle ČSN 01 3410 vyhodnocením z mračen bodů. Při vyhledávání a vyhodnocování podrobných bodů jsem musel integrovat informace z původní mapy, mračen bodů, georeferencovaných snímků a panoramatických snímků z portálu *Mapy.cz*. Na většině území jsem musel postupovat v režimu nového mapování, protože v mapě chyběla kresba většiny domů, oplocení, garáží apod. Velkou část původní čárové kresby tvořily hranice pozemků převzaté z KN. Povrchové znaky inženýrských sítí byly

v původní mapě zaznamenány téměř všechny, ale v mnoha případech jsem musel opravovat jejich výšku.

3.3.1 Tvorba čárové kresby

Pro výběr prvků ke kreslení jsem použil aplikaci GSProjectDraw. Po výběru ze seznamu a dvojítm poklikem levého tlačítka myši se daný prvek vybere ke kreslení se všemi potřebnými atributy. Definice a seznamy všech prvků jsou podobně jako u nastavení aplikace V6_3D uloženy v souborech s příponou XML. Já jsem pracoval s XML souborem s názvem „KOMPLETNI“ v konfigurační složce aplikace Revize „TMO“.



Obr. 12 Výběr prvku v GSProjectDraw

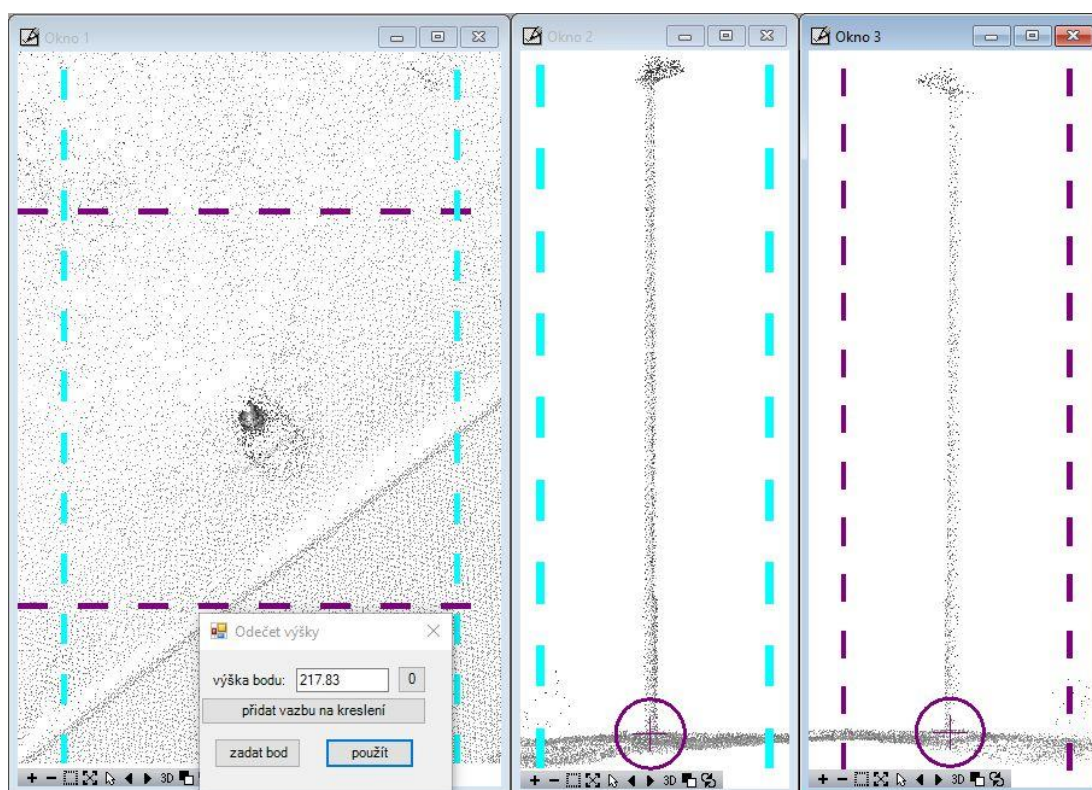
Pro základní prvky typu budova, dopravní značka, silnice apod. je připraven nástrojový modul v horní části okna GSV6. S ním jsem tak ušetřil mnoho času hledáním správného prvku ke kreslení. Pomocí GSProjectDraw jsem pak vybíral variace základních prvků, například při rozlišení viditelnosti prvků v mapě.

3.3.2 Určení podrobného bodu z mračna

Vyhodnocení a kresbu bodů lze provést v půdorysu, v řezech nebo v 3D okně.

Vyhodnocování v půdorysu

Práce probíhá s použitím nabídky „Odečet výšky“ spuštěné tlačítkem „Výška“ hlavního okna aplikace V6_3D. Pro zadání bodu je třeba kliknout na tlačítko „zadat bod“. Pokud máme v nastavení povolenou synchronizaci oken 2 a 3 s půdorysným oknem 1, tak pohyb kurzoru v okně 1 indikují svislé tenké čáry v obou řezech (okna 2 a 3). Tímto si můžeme kontrolovat správnost vybírané polohy bodu např. při mapování sloupů veřejného osvětlení nebo větších stromů. Po vybrání bodu v půdorysu se dle nastavení aplikace V6_3D automaticky odečte výška a v oknech 2 a 3 se objeví fialové terčíky vyjadřující odečtenou výšku. Výšku lze změnit přepsáním čísla v příslušné kolonce výška bodu: nebo poklikem v řezech posuneme terčík do požadované úrovně. Chybné automatické určení výšky nebylo výjimkou, pečlivě jsem odečítané výšky kontroloval v řezech. Tlačítkem „použít“ nebo klávesou „Enter“ se bod vloží i s určenou výškou do výkresu.



Obr. 13 Vyhodnocování bodů v půdorysu

Stiskem tlačítka se bod vloží bez výšky, bude tedy určen jen polohově a ve 3D okně se tedy nebude zobrazovat. Body bez výšky jsem vyhodnocoval nejčastěji na rozích budov na straně odvrácené od silnice. Ploty, vegetace a obecné řídnutí mračna spolehlivé odečtení výšky znemožňovalo. Na obrázku níže je v 3D okně zobrazen dům, jehož spodní polovinu jedné stěny odstínil vysoký živý plot. Rohy této budovy jsem tedy určil pouze polohově, a to podle bodů ve vyšší úrovni stěny. Pokud jsem si ani v takovém případě nebyl zcela jistý, raději jsem bod nevyhodnotil vůbec.



Obr. 14 Zastíněná stěna domu

Tlačítka „přidat vazbu na kreslení“ a „odpojit vazbu na kreslení“ způsobují, že se při opakovaném zadávání bodů přes tyto body automaticky kreslí/nekreslí nebo se na ně umísťují/neumísťují grafické prvky (úsečky, buňky a jiné), a to v návaznosti na vybrané prvky pro kreslení v aplikaci GSProjectDraw. To mi umožnilo velmi rychle mapovat silnice, chodníky, budovy a ploty. U těchto objektů mi vazba na kreslení ušetřila čas ručního spojování série vyhodnocených bodů.

Vyhodnocování v řezech

Po vytvoření libovolného řezu lze zadávat body i z okna 4. Tento způsob zadávání zde nebudu popisovat, jelikož nebyl při práci použit.

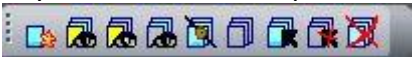
Vyhodnocování v 3D okně

Zadání bodu v 3D okně předchází přesunutí středu otáčení 3D okna do jednoho bodu mračna, jak bylo popsáno v kapitole **3.1.3 3D zobrazení mračen bodů**. Stiskem „Ctrl+V“ se bod vloží do výkresu, převezme souřadnice a výšku zvoleného bodu mračna.

Mně osobně se u všech typů mapovaných objektů nejvíce osvědčilo vzhledem k rychlosti práce použití vyhodnocení podrobných bodů v půdorysu s vazbou na kreslení s následným otevřením 3D okna, kde jsem si veškerou novou kresbu a body pohledem zkontroloval.

3.3.3 Návaznost aktualizací výkresu na okolí

Rozsah reambulace byl ve výkresu vyznačen uzavřeným polygonem. Vně tohoto polygonu jsem z mračen nevyhodnocoval ani v terénu žádný podrobný bod neměřil. V místech na hranicích lokality jsem vyhodnotil např. poslední profil u komunikace či sloupek plotu a za nimi jsem nakreslil již jen úsečky s volnými konci, respektive přesahy mimo omezující polygon lokality. Konkrétní návaznosti již řešil objednatel sám. Specificky ale byla situace řešena na východní hranici lokality. Zde moje lokalita č. 3 sousedila s lokalitou č. 2, kterou reambuloval spolužák. Objednatel požadoval, abychom vytvořili dva aktualizací výkresy, které nebudou při spojení do jednoho výkresu obsahovat žádné duplicity a budou tedy moci tvořit jeden větší aktualizací výkres. Se spolužákem jsme před hranicí vyhodnotili poslední podrobné body. V aktualizací výkresu lokality č. 2 byly nakresleny přesahující úsečky do mé lokality díky referenčnímu připojení výkresu. Veškerou správu referenčních výkresů umožňuje příslušný panel

nástrojů .

3.3.4 Identifikace slepých míst a příprava k doměření

Navzdory obousměrnému najetí stripů pomocí MMS se zcela nezabrání vzniku zakrytých prostor kvůli vegetaci a dalším objektům. Na koncích jednotlivých stripů bývá zase problém v příliš malé hustotě bodů v mračen pro jasnou identifikaci polohopisu. Při práci jsem tudíž narážel na místa, které jsem z kanceláře aktualizovat nemohl. Do výkresu jsem si proto umístil červenou kružnici, abych po zpracování všech mračen na žádné z míst pro terénní doměření nezapomněl.

Než jsem přistoupil k měření v terénu, připravil jsem si barevné tiskové výstupy mapy v okolí všech slepých míst k doměření. Předběžně jsem si také rozmyslel rozmístění bodů měřické sítě v lokalitě.

3.4 Terénní měření

Měření v terénu proběhlo ve dnech 11. a 12. 10. 2019. Po příjezdu na lokalitu jsem nejprve provedl stabilizaci 24 bodů pomocné měřické sítě. Poté jsem body zaměřil dvakrát nezávisle technologií GNSS RTK s VRS. Použil jsem korekce ze sítě permanentních stanic Trimble VRS Now. Měřil jsem vypůjčeným školním přístrojem Trimble R8s (v. č. 5722R02206). Průměrná hodnota PDOP dosáhla hodnoty 1,20. Z 16 polárních stanovisek bylo zaměřeno celkem 489 bodů. Mezi stanovisky byly vždy zaměřeny nejméně dva identické body. Polární měření jsem vykonal sestavou robotické totální stanice Trimble S6 1" (v. č. 92120343), kontrolní jednotky Trimble TSC3 a 360° aktivního hranolu MT1000. Všechna měření jsem provedl samostatně.

S pomocí vytisknutých částí mapy jsem vyšetřil změny v místech, které jsem nemohl aktualizovat pomocí mračen bodů. Změny jsem si zakreslil pro snadnější zapracování nových bodů do kresby. Mimo podrobné body v zastíněných místech jsem zaměřil také další jednoznačně identifikovatelné body pro testování přesnosti dle ČSN 01 3410. Těmito body byly nejčastěji vpusti, šoupata, kanalizační šachty, lomové body chodníků apod. Byly po lokalitě rozmístěny rovnoměrně, jejich přehledný náčrt je v digitální příloze č. 5. Body se nachází pouze na veřejně přístupných místech, na soukromých pozemcích chybí.



Obr. 15 Přístrojové vybavení pro polární měření

3.5 Zpracování naměřených dat

GNSS měření a polární měření jsem zpracoval pomocí aplikace GV, která je součástí softwaru GSV6. Její hlavní výhodou je archivace údajů o vytvořených měřických bodech odděleně po tzv. oblastech. Oblastí může být například katastrální území, obec či rozsáhlá stavba. Každá zakázka má určenu místní příslušnost k určité oblasti. Při práci na nové zakázce pak lze pracovat s údaji o všech měřických bodech z databáze dané oblasti.

3.5.1 Nastavení aplikace GV a zpracování záznamů měření

Před výpočty je třeba si založit nový pracovní adresář a vložit do něj všechny vstupní soubory. V mém případě byly vstupními soubory záznamy GNSS RTK měření ve formátu TXT a polárního měření ve formátu ZAP.

Zápisník polárního měření byl vyexportován z kontrolní jednotky Trimble TSC3 bez zavedení redukce délek do nulového horizontu a do zobrazení S-JTSK. Před vstupem do aplikace GV je nutné změnit příponu souboru ze ZAP na ASC.

Kontrolu připojení u měření GNSS RTK jsem provedl pomocí výsledků nezávislého monitoringu VÚGTK. Záznam měření GNSS RTK od společnosti Trimble je třeba před výpočty v textovém editoru upravit. V seznamu provedených měření nesmí být na začátku řádku žádná mezera před vlastním číslem bodu. Opakovaně určené body musí mít stejné číslo bodu ve všech příslušných řádcích. Nelze tedy ponechat často používané rozlišování těchto bodů přidáním „.1“ a „.2“ za číslo bodu (např. 4001.1, 4001.2).

Jestliže máme všechny vstupy správně zeditovány, můžeme spustit okno aplikace GV ikonkou . Výchozí záložkou je záložka „nastavení“. Zde vybereme konfigurační soubor s příponou DEF, který určuje základní chování aplikace GV. Dále je třeba zadat cestu k námi vytvořenému pracovnímu adresáři. Následuje výběr oblasti. Já jsem si založil novou oblast s názvem „Staré Hradiště“. Aplikace implicitně vytváří protokoly a seznamy souřadnic s přesností na milimetry. Pokud tedy chceme zaokrouhlovat výsledky na centimetry, zaškrtneme odpovídající políčka u řádků „zaokrouhlovat měřickou síť na cm“ a „zaokrouhlovat podrobné body na cm“. Po stisku tlačítka „uložit nastavení projektu“ se nastavení zakázky uloží do souboru v pracovním adresáři s názvem „&&jmeno.obl“.

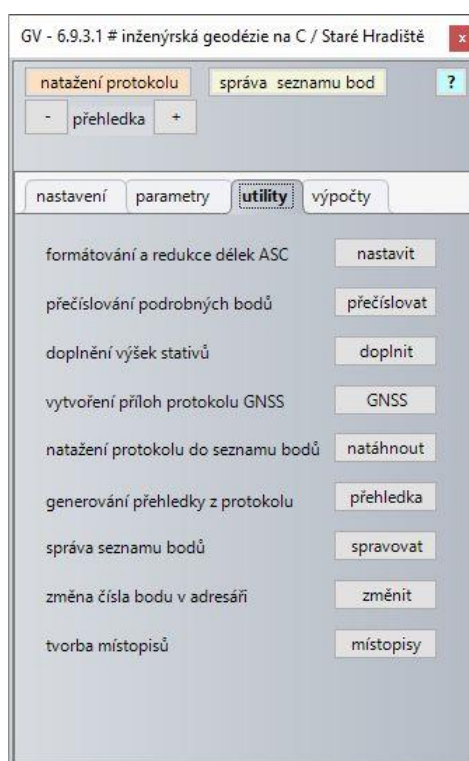
Obr. 16 GV – záložka nastavení

Obr. 17 GV – záložka parametry

Záložka „parametry“ aplikace GV obsahuje nastavení kontrol při zpracování zápisníků. Při výpočtu tzv. hlaviček lze kontrolovat výšku přístroje, výšku cíle, zenitové úhly a kódy orientací. Při vyrovnání měřické sítě metodou nejmenších čtverců (MNČ) a samotném výpočtu tzv. geodávky a podrobných bodů se kontrolují odchylky vodorovných vzdáleností, horizontálních úhlů a převýšení. Nakonec lze nastavit hodnoty apriorních středních chyb měření směrů a délek.

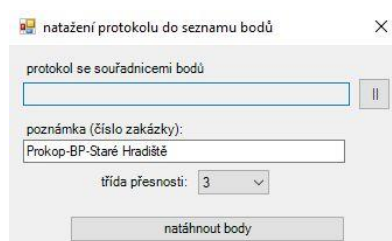
V záložce s názvem „utility“ jsem provedl první operace s vyexportovanými záznamy terénního měření. Prvním krokem bylo zavedení matematických redukcí délek v zápisníku polárního měření. Tlačítkem „nastavit“ a výběrem zápisníku v pracovní složce se otevře okno „úprava ASC souboru“. V něm lze nastavit průměrné souřadnice YXH projektu pro výpočet délkových korekcí. Tlačítkem „zpracovat soubory“ se zavedou korekce do zápisníku a nad hlavičku zápisníku se doplní řádek s uvedením hodnot aplikovaných délkových korekcí. Záznam GNSS měření se zpracovává tlačítkem „GNSS“ a výběrem příslušného TXT souboru. V pracovní složce se vytvoří soubor s názvem

„gnss.pro“. Soubor obsahuje všechny požadované přílohy k protokolu určení bodů technologií GNSS od ČÚZK.



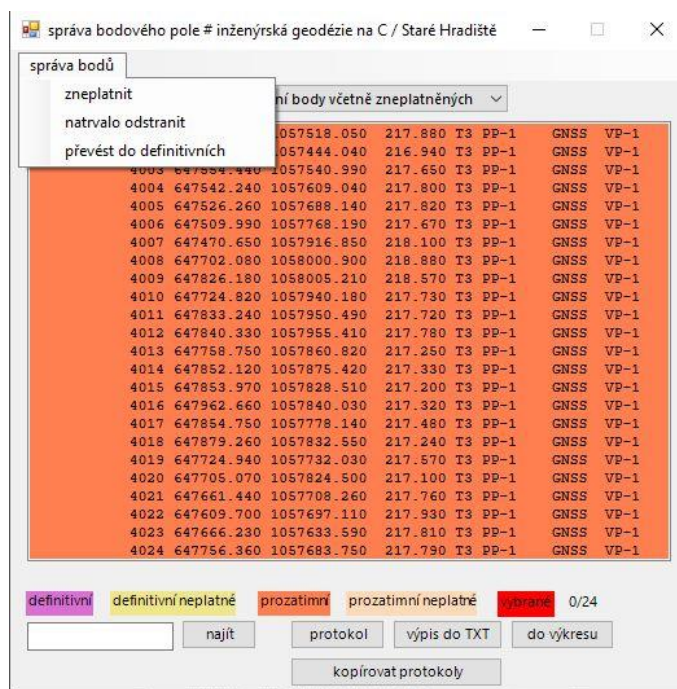
Obr. 18 GV – záložka utility

Tlačítkem „natáhnout“ se spustí okno „natažení protokolu do seznamu bodů“. Slouží k importu souřadnic a výšek bodů měřické sítě do databáze zvolené oblasti. Toto okno se dá otevřít rovněž tlačítkem „natažení protokolu“ v horní části okna aplikace GV.



Obr. 19 Okno pro import souřadnic do databáze oblasti

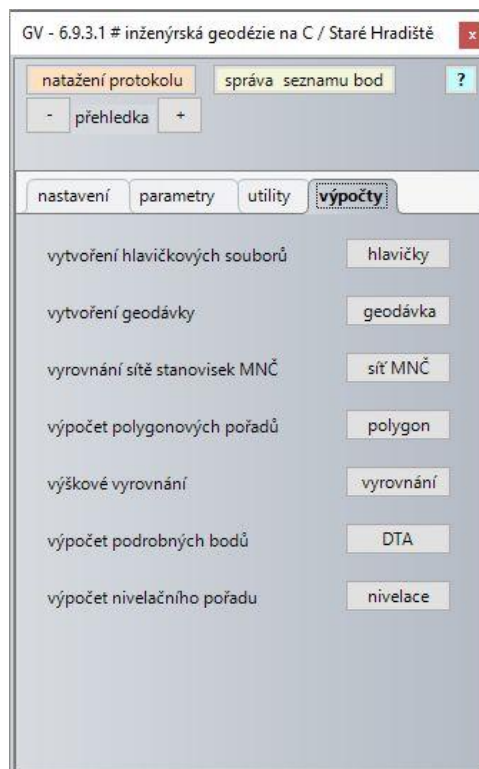
Nejprve je třeba vybrat soubor ve formátu PRO či TXT. Jestliže chceme importovat z TXT souboru, musí mít všechny řádky v souboru tvar „číslo_bodu Y X H“. Oddělovači hodnot jsou mezery či tabulátory. Při importu souborů s příponou PRO aplikace GV čte pouze řádky ve tvaru „S číslo_bodu Y X“ a „V číslo_bodu H“. První tvar řádku vyvolává import souřadnic polohy YX a druhý tvar import hodnot výšek H. Za uvedenými řetězci v obou formátech protokolů (TXT i PRO) mohou následovat jakékoli znaky, nemají na import již vliv. Soubor „gnss.pro“, jehož tvorbu jsem popsal výše, toto formátování řádků již obsahuje. Nemusel jsem ho tedy již ručně upravovat. Poté zvolíme název zakázky a třídu přesnosti importovaných bodů. Stiskem tlačítka „natáhnout body“ se body importují do databáze oblasti. Importované body, respektive všechny body v dané oblasti, lze prohlížet v okně spuštěném tlačítkem „spravovat“ ze záložky „utility“ nebo tlačítkem „správa seznamu bod“ v horní části okna aplikace GV.



Obr. 20 Okno správy bodového pole oblasti

3.5.2 Výpočty v aplikaci GV

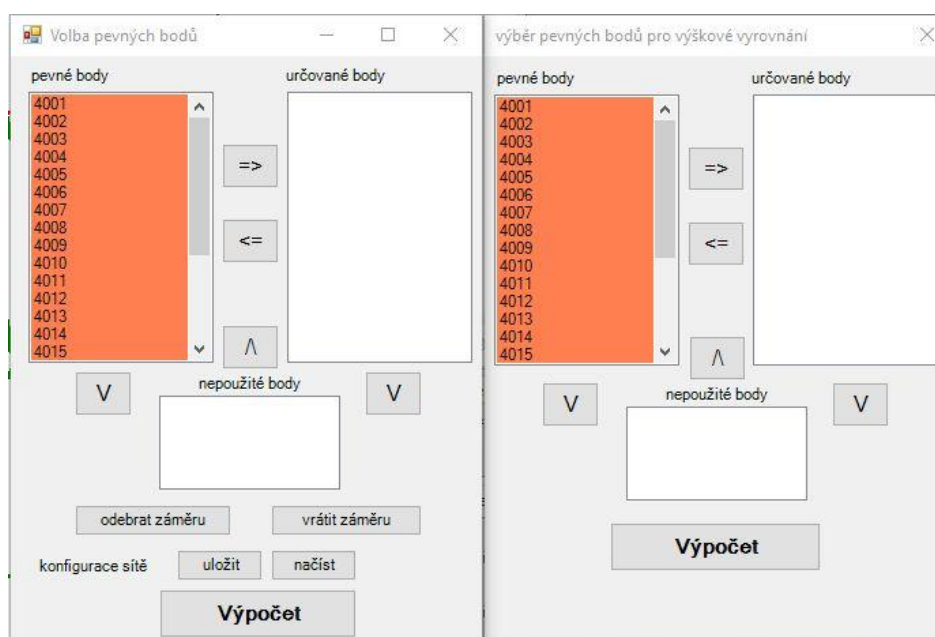
Po úkonech popsanych v předchozí kapitole jsem již mohl přistoupit k samotným výpočtům. Výpočty se spouští ze záložky „výpočty“ aplikace GV. Po stisku tlačítka „hlavičky“ a následného výběru zápisníku dojde k vytvoření hlavičkového souboru s příponou HLA. Název souboru je shodný s názvem zápisníku. V souboru jsou vypsána všechna stanoviiska a záměry na orientace. U orientací je vypočtena vodorovná vzdálenost a převýšení.



Obr. 21 GV – záložka výpočty

Hlavičkový soubor slouží jako vstupní soubor pro vytvoření tzv. geodávky tlačítkem „geodávka“. V pracovním adresáři se vytvoří dva soubory „davka.geo“ a „davka.niv“. „Opakovaná měření na jednom stanovišti jsou propojena, opakovaně měřené horizontální úhly a vzdálenosti jsou zprůměrovány. Je prováděna kontrola vzdáleností při opakovaném měření a při měření tam a zpět, kontrola horizontálních úhlů při opakovaném měření. Pokud je odchylka mezi maximální a minimální hodnotou větší než stanovená maximální přípustná odchylka, jsou do souboru DAVKA.INF zapsány informace o tomto měření (v případě hrubé chyby je tato informace zvýrazněna hvězdičkami).“ (Uživatelská příručka GeoVýpočty GV V6, b.r.)

Díky dvěma nově vzniklým souborům je možné měřickou síť podrobit vyrovnání MNČ. Tlačítka „síť MNČ“ a „vyrovnání“ se dostaneme do dvou podobně vypadajících oken pro polohové a výškové vyrovnání. Další postup je pro obě vyrovnání stejný.



Obr. 22 Vyrovnání MNČ

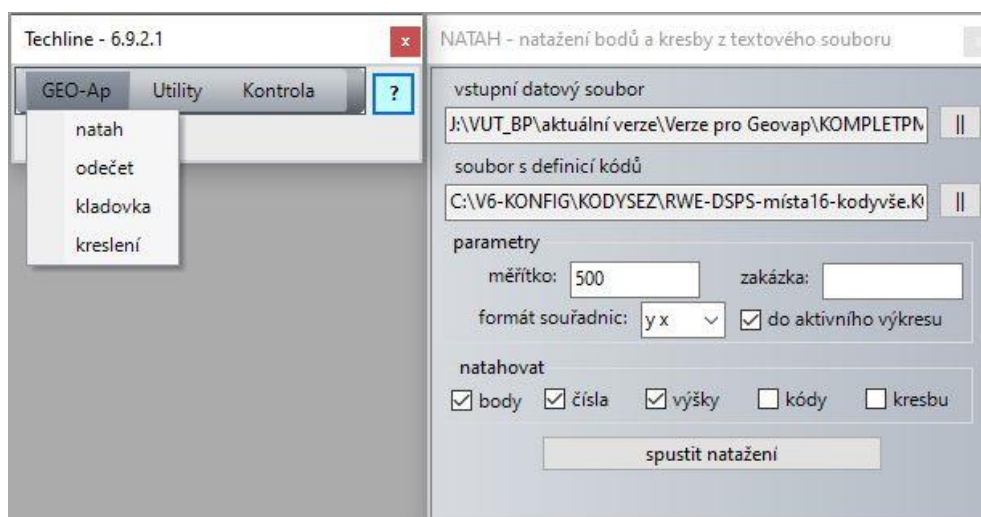
Do pevných bodů se implicitně umístí všechny známé body z databáze oblasti. Tlačítka   lze body přesouvat mezi pevnými a určenými. Pokud některý z bodů nechceme využít vůbec, přesuneme jej do kategorie „nepoužité body“ tlačítky  . Stiskem tlačítka „Výpočet“ se spustí vyrovnání a v pracovním adresáři se vytvoří dva protokoly o vyrovnání „sourad.pro“ a „vysky.pro“.

Pokud jsme spokojeni s výsledky vyrovnání, nesmíme zapomenout pomocí obou protokolů provést import vyrovnaných souřadnic přes tlačítko „natažení protokolu“ nebo tlačítko „natáhnout“ viz **Obr. 18 GV – záložka utility** do seznamu oblasti. Poté již můžeme označit myší všechny body měřické sítě v okně „správa bodového pole“ viz **Obr. 20 Okno správy bodového pole oblasti** a v nabídce téhož okna v levém horním rohu s názvem „správa bodů“ jejich polohové a výškové určení tlačítkem „převést do definitivních“ zarchivovat.

Posledním krokem je výpočet podrobných bodů. Spuštění výpočtu se děje tlačítkem „DTA“ v záložce „výpočty“ okna aplikace GV. Vstupním souborem je zredukovaný zápisník. Seznam souřadnic nově vypočtených bodů se uloží do souboru s příponou DTA, protokol o výpočtu do souboru s příponou PTK. Oba soubory mají název totožný s názvem zápisníku.

3.6 Finalizace aktualizacího výkresu

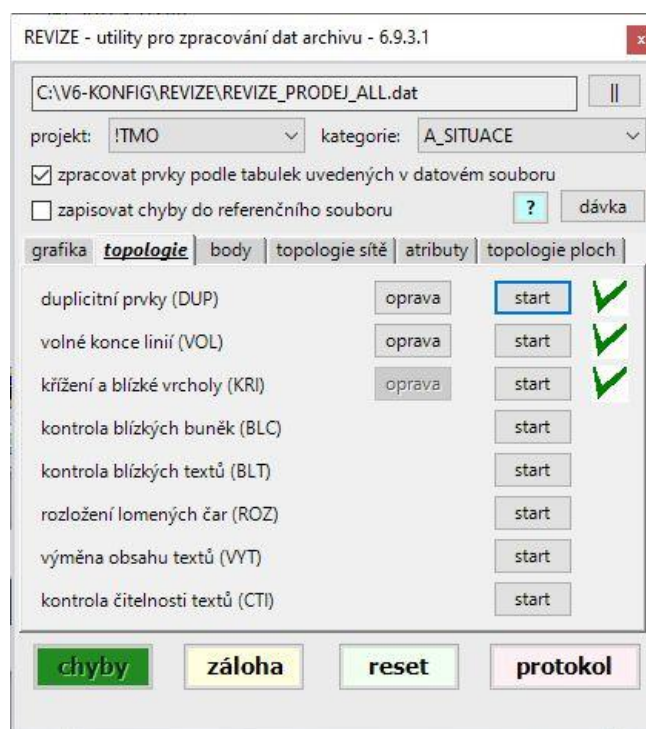
Po výpočtech mě ještě čekalo několik úkonů. Prvním z nich byl import podrobných a kontrolních bodů do čistého výkresu. Import jsem provedl pomocí úlohy „natah“ aplikace GEO-Ap, která je součástí knihovny nástrojů Techline. Otevře se okno, ve kterém se nastaví vstupní soubor s příponou DTA. Dále se vyplní měřítko, formát souřadnic „y x“ a jaké všechny prvky má aplikace importovat. Já jsem zaškrtnul pouze políčka „body“, „čísla“ a „výšky“. Výběr souboru s definicí kódů souvisí s automatickou kresbou dle kódů jednotlivých bodů. Automatickou kresbu jsem při své práci nevyužil. Tlačítkem „spustit natažení“ se import provede.



Obr. 23 Import bodů do výkresu

Výkres s naimportovanými body jsem referenčně připojil k aktualizacímu výkresu. Dále jsem pomocí aplikace ADisplay změnil symbolologii prvků dle zdrojového výkresu. Všechny prvky jsem tak viděl pouze ve dvou různých barvách pro prvky aktualizacího výkresu a pro importované prvky. Informace o práci s aplikací ADisplay lze nalézt v uživatelské příručce. (Uživatelská příručka ADISPLEJ, b.r.) Díky barevnému odlišení jsem velice rychle identifikoval body, které jsem zaměřil v zastíněných místech. Ty jsem poté z referenčního výkresu přesunul do aktivního aktualizacího výkresu. V referenčním výkresu zůstaly pouze body kontrolní.

Před odevzdáním finální podoby aktualizacího výkresu bylo nutné provést jeho atributovou a topologickou kontrolu. V prostředí GSV6 k tomu slouží aplikace Revize, která se spouští ikonkou .

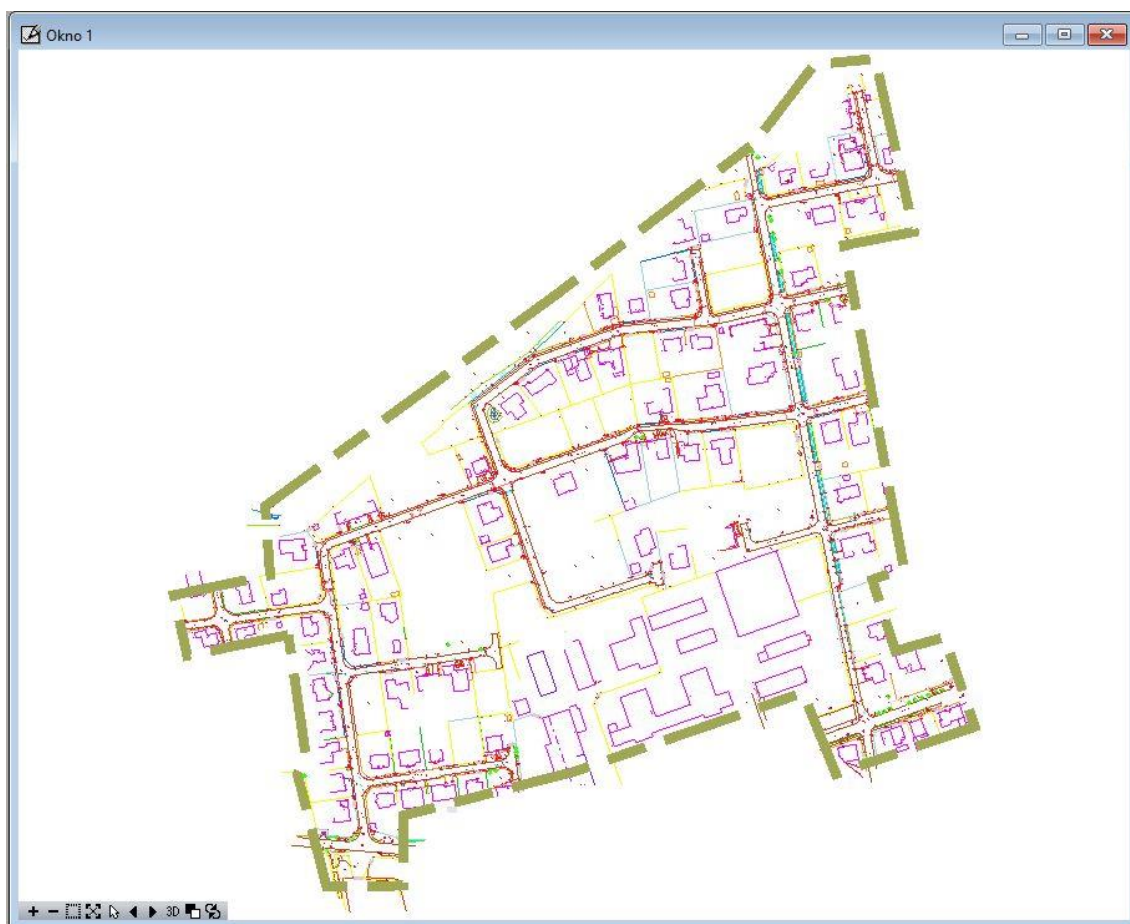


Obr. 24 Okno aplikace Revize

V horní části je dialog pro výběr nadřazeného definičního souboru s příponou DAT. „V definičních souborech *.dat jsou nadefinovány projekty a kategorie – typy výkresů, ke kterým se vztahují další definiční soubory s pravidly pro kontrolu a opravu. Všechny definiční soubory pro danou kategorii mají jméno stejné jako název kategorie a příponu podle typu úlohy, pro kterou slouží.“ (Revize pro prostředí GeoStore V6, b.r.)

Kontrolní úlohy jsou rozděleny do šesti záložek – „grafika“, „topologie“, „body“, „topologie sítě“, „atributy“ a „topologie ploch“. Všechny úlohy lze spustit v jeden okamžik tlačítkem „dávka“. Spuštění jednotlivých úloh zajišťují tlačítka „start“ na pravé straně okna. Pokud není nalezena žádná chyba, objeví se vpravo od startovacího tlačítka symbol . V opačném případě se objeví symbol  a zčervená tlačítka „chyby“. Po jeho stisknutí se otevře okno s nástroji pro prohlížení nalezených chyb. Některé úlohy mají definované opravné úlohy nalezených chyb, které se spouští tlačítkem „oprava“. Tlačítkem „reset“ se vynulují všechny předchozí výsledky úloh, tedy vyčistí se sloupec s výše uvedenými symboly. Tlačítkem „protokol“ se dostaneme k protokolu o provedených kontrolách s informacemi o počtu chyb nalezených jednotlivými kontrolními úlohami. Zálohu aktivního výkresu lze kdykoliv provést stiskem tlačítka „záloha“.

Po provedení všech kontrol bylo vyhotovení aktualizací výkresu u konce. Následující obrázek finální podoby výkresu lze porovnat s původním stavem mapy viz **Obr. 3 Ukázka kladu mračen bodů**.



Obr. 25 Finální podoba aktualizacího výkresu

4 Testování přesnosti

Výsledná mapa byla podrobena testování přesnosti vzhledem ke kritériím stanoveným pro 3. třídu přesnosti dle ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy. Dosažení této třídy přesnosti bylo ověřeno nezávislým kontrolním zaměřením a výpočtem souřadnic výběru jednoznačně identifikovatelných podrobných bodů a jejich porovnáním s jejich souřadnicemi v mapě. Jednoznačně identifikovatelných bodů pro ověření přesnosti bylo celkem 370. Přehledný náčrt rozložení kontrolních bodů v lokalitě s barevným rozlišením bodů kontrolujících nový či původní bod mapy je v digitální příloze č. 5.

Odděleně byla ověřována přesnost určení souřadnic X, Y a přesnost výšek H . Obojí testování jsem provedl celkem třikrát pro tři výběrové soubory kontrolních podrobných bodů. Zvláště proběhlo testování pro všech 370 bodů, dále pro 125 bodů kontrolujících původní body mapy a nakonec pro 245 bodů kontrolujících nové body mapy. Rozsah všech tří souborů vyhovuje požadavkům normy ČSN 01 3410.

Níže uvedené vzorce, postup testování a kritéria přesnosti jsou uvedeny v kapitolách „5.3 Charakteristiky a kritéria přesnosti“ a „5.4 Ověřování přesnosti“ normy ČSN 01 3410. (ČSN 01 3410, 2014)

4.1 Testování přesnosti souřadnic X, Y

Kritérium pro přesnost určení souřadnic X, Y pro 3. třídu přesnosti je stanoveno hodnotou $u_{XY} = 0,14 \text{ m}$.

Pro soubor kontrolních bodů se nejdříve vypočtou rozdíly souřadnic dle vzorců

$$\Delta X_i = X_m - X_k, \quad (4.1)$$

$$\Delta Y_i = Y_m - Y_k, \quad (4.2)$$

kde X_m, Y_m jsou výsledné souřadnice podrobného bodu mapy a X_k, Y_k jsou výsledné souřadnice téhož bodu z kontrolního určení.

Dále se vypočítají výběrové směrodatné odchylky souřadnic s_X, s_Y z výběru N bodů pomocí vztahů

$$s_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \Delta X_i^2}{k \cdot N}}, \quad (4.3)$$

$$s_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \Delta Y_i^2}{k \cdot N}}, \quad (4.4)$$

kde jako hodnota koeficientu k byla zvolena hodnota $k = 2$, neboť mělo kontrolní určení stejnou přesnost jako metoda měření při tvorbě mapy. Kvadratickým průměrem těchto dvou směrodatných odchylek dostaneme hodnotu výběrové směrodatné souřadnicové odchylky s_{XY} podle vzorce

$$s_{XY} = \sqrt{0,5(s_X^2 + s_Y^2)}. \quad (4.5)$$

Přesnost určení souřadnic X, Y vyhovuje dané třídě přesnosti, jestliže:

a) všechny polohové odchylky Δp_i vypočtené ze vzorce

$$\Delta p_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2} \quad (4.6)$$

vyhovují kritériu

$$\Delta p_i \leq 1,7 * u_{XY}. \quad (4.7)$$

b) je splněno kritérium

$$s_{XY} \leq \omega_{2N} * u_{XY}, \quad (4.8)$$

tedy je přijata statistická hypotéza, že výběr bodů odpovídá dané třídě přesnosti. Koeficient ω_{2N} má při volbě hladiny významnosti $\alpha = 5 \%$ a rozsahu výběru N od 100 do 300 bodů hodnotu $\omega_{2N} = 1,1$ a hodnotu $\omega_{2N} = 1,0$ pro výběr větší než 300 bodů.

Testování	s_{XY} [m]	Kritérium pro s_{XY}	Max. Δp_i [m]	Kritérium pro $\forall \Delta p_i$
souhrnné	0,02	Splněno	0,13	Splněno
původní body	0,03	Splněno	0,11	Splněno
nové body	0,02	Splněno	0,13	Splněno

Tab. 2 Výsledky testování přesnosti souřadnic X, Y

Detailní zpracování testování přesnosti souřadnic X, Y je v digitální příloze č. 4 této bakalářské práce.

Testování přesnosti určení souřadnic X, Y jsem poté provedl i vzhledem ke kritériím stanoveným pro 2. třídu přesnosti. Kritérium pro tuto třídu přesnosti je stanoveno hodnotou $u_{XY} = 0,08 \text{ m}$. Všechny tři výběrové soubory vyhovují v určení přesnosti souřadnic X, Y i 2. třídě přesnosti. Výsledky tohoto testování jsou rovněž uvedeny ve 4. digitální příloze.

4.2 Testování přesnosti výšek H

Kritérium pro přesnost určení výšek H pro 3. třídu přesnosti je stanoveno hodnotou $u_H = 0,12 \text{ m}$.

Pro soubor kontrolních bodů se nejdříve vypočtou rozdíly výšek dle vzorce

$$\Delta H_i = H_m - H_k, \quad (4.9)$$

kde H_m je výsledná výška podrobného bodu mapy a H_k výsledná výška téhož bodu z kontrolního určení.

Dále se vypočte výběrová směrodatná výšková odchylka s_H z výběru N bodů pomocí vztahu

$$s_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \Delta H_i^2}{k * N}}, \quad (4.10)$$

kde jako hodnota koeficientu k byla zvolena hodnota $k = 2$, jelikož mělo kontrolní určení stejnou přesnost jako metoda měření při tvorbě mapy.

Přesnost určení výšek H vyhovuje dané třídě přesnosti, jestliže:

a) všechny výškové rozdíly ΔH_i vyhovují kritériu

$$|\Delta H_i| \leq 2 * u_H * \sqrt{k}. \quad (4.11)$$

b) je splněno kritérium pro výšky bodů na zpevněném povrchu

$$s_H \leq \omega_N * u_H, \quad (4.12)$$

tedy je přijata statistická hypotéza, že výběr bodů odpovídá dané třídě přesnosti. Koeficient ω_N má při volbě hladiny významnosti $\alpha = 5 \%$ a rozsahu výběru N od 80 do 500 bodů hodnotu $\omega_N = 1,1$ a hodnotu $\omega_N = 1,0$ pro výběr větší než 500 bodů.

Testování	s_H [m]	Kritérium pro s_H	Max. $ \Delta H_i $ [m]	Kritérium pro $\forall \Delta H_i $
souhrnné	0,05	Splněno	0,15	Splněno
původní body	0,05	Splněno	0,15	Splněno
nové body	0,05	Splněno	0,15	Splněno

Tab. 3 Výsledky testování přesnosti výšek H

Detailní zpracování testování přesnosti výšek H je v digitální příloze č. 4 této bakalářské práce.

Testování přesnosti určení výšek H jsem poté provedl i vzhledem ke kritériím stanoveným pro 2. třídu přesnosti. Kritérium pro tuto třídu přesnosti je stanoveno hodnotou $u_H = 0,07 \text{ m}$. Všechny tři výběrové soubory vyhovují v určení přesnosti výšek H i 2. třídě přesnosti. Výsledky tohoto testování jsou rovněž uvedeny ve 4. digitální příloze.

5 Porovnání metod reambulace mapy

V rámci této bakalářské práce jsem se poprvé setkal s reambulací mapy pomocí MMS. V této kapitole bych chtěl zhodnotit výhody a nevýhody této metody oproti klasické metodě pořizování a údržby map.

MMS jasně vyniká v rychlosti sběru dat. Rozsáhlé lokality jsme schopni zmapovat za velice krátký časový úsek. Měření je možné efektivně provádět i v noci. Neselektivní sběr dat umožňuje detailní zmapování celého území, stupeň generalizace lze zvolit a případně jej měnit v pohodlí kanceláře.

Vyšetřování změn oproti původní mapě probíhá až v kanceláři. Z mračen bodů velmi snadno vyšetříme takové změny v mapě, které bychom v terénu mohli lehce přehlédnout. Příkladem může být malý posun dopravní značky či sloupu veřejného osvětlení. Další výhodou je plošná kontrola výškopisu mapy.



Obr. 26 Malá změna polohy dopravní značky

Pokud si objednatel po vyhotovení mapového podkladu bude přát vyšetření nějakého prvku navíc oproti původní dohodě, můžeme se k mračenům vrátit a požadavek splnit bez nutnosti návratu do terénu. Vše je v mračnecích bodů zpětně dohledatelné.

Současné MMS už jsou na velmi dobré úrovni, co se týče přesnosti pořizovaných dat. Ta je již v současné době srovnatelná s přesností klasických metod. Nemá tak problém mapovat ve 3. třídě přesnosti dle ČSN 01 3410. V mém případě bylo prokázáno dosažení i 2. třídy přesnosti.

Překážkou pro použití této metody jsou nesjízdné komunikace v zájmové lokalitě. Stejně tak může být problémem nestabilní příjem signálu GNSS. Velkým problémem, se kterým jsem se často potkával, je zastínění zájmových objektů vzrostlou vegetací či jinými objekty jako jsou například zaparkované automobily. Na následujícím obrázku je vidět zaparkovaným automobilem zakryté vodovodní šoupě, které jsem v terénu musel doměřit polární metodou, jelikož v mračnu bodů zcela chybělo. Odhaleno bylo pomocí panoramatických snímků služby *Mapy.cz*.



Obr. 27 Zakryté vodovodní šoupě v mračně bodů

V mračnech bodů bylo obtížné rozeznat vodovodní a plynová šoupata od okolního terénu. Body mračna na povrchu těchto prvků měla velmi podobnou intenzitu odrazu jako okolní body mračna na povrchu vozovky. Musel jsem tedy velice pečlivě prohlížet georeferencované snímky a případně tyto prvky doměřit klasickými metodami.

Přínosy použití MMS jsou nezanedbatelné, avšak stále je při reambulaci ÚMPS v intravilánu nutné použití i klasické metody reambulace. Společně tyto dvě metody tvoří dle mého názoru velice efektivní a spolehlivý nástroj pro pořizování a údržbu ÚMPS v požadované kvalitě.

Závěr

V části obce Staré Hradiště jsem provedl reambulaci ÚMPS kombinací vyhodnocení z mračen bodů pořízených MMS a následného doměření v terénu polární metodou z měřické sítě vytvořené technologií GNSS. Aktualizační výkres jsem vytvořil v CAD/GIS softwaru GeoStore V6 firmy GEOVAP, spol. s r.o. Firma GEOVAP, spol. s r.o. mi poskytla veškeré podklady, licenci svého softwaru a prvotní zaškolení v softwaru. V této práci jsem představil celý postup při tvorbě aktualizacího výkresu ÚMPS. Zmínil jsem se také o budoucnosti digitálních technických map na území ČR a obecně o metodě mobilního mapování.

Přesnost výsledné mapy byla otestována dle ČSN 01 3410 díky reprezentativnímu výběru 370 jednoznačně identifikovatelných bodů. Byla splněna všechna stanovená kritéria pro 3. třídu přesnosti a následně i pro 2. třídu přesnosti. Porovnal jsem metody reambulace klasickou metodou a pomocí MMS. Dospěl jsem k závěru, že je při použití MMS téměř vždy nutné přistoupit i ke klasické metodě reambulace ÚMPS. Kombinace těchto dvou metod umožnila vyhotovení kvalitního mapového podkladu.

Reambulovaná mapa byla firmou GEOVAP, spol. s r.o. vložena do databáze Digitální technické mapy východních Čech, kterou spravuje Sdružení správců sítí východních Čech. Práce s mračenými body byla pro mě velice přínosná, ocenil jsem i možnost práce v novém softwaru.

Bibliografie

CIMPL, Tomáš. AKTUALIZACE DTMM S VYUŽITÍM MOBILNÍHO SKENOVACÍHO SYSTÉMU. Brno, 2013. 55 s., 2 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.

ČSN 01 3410: *Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy*, 2014. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

Důvodová zpráva k zákonu č. 47/2020 Sb., kterým se mění zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. Dostupné online na: <https://www.zakonyprolidi.cz/media2/file/1907/File30503.pdf?attachment-filename=6588627-2019-06-21-duvodova-zprava-6589017.pdf>

Georadar Roteg [online], b.r. [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <http://www.georadar.rtg-tengler.cz/>

Geovap / Vývoj informačních systémů [online], c2019. Pardubice: GEOVAP, spol. s r.o. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.geovap.com/cs>

MANDA, David. Mobilní mapování. Brno, 2013. 45 s., 42 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.

Revize pro prostředí GeoStore V6, b.r. Verze 6.9.3.2 GEOVAP, spol. s r.o., Pardubice.

Slovník VÚGTK, c2005-2020. *VÚGTK.cz* [online]. [cit. 2020-03-26] Dostupné z: <https://www.vugtk.cz/slovník/>

Technická mapa [online], b.r. Pardubice: GEOVAP, spol. s r.o. [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://www.technickamapa.cz/index.html>

Uživatelská příručka ADISPLEJ, b.r. Verze 6.9.03.1 GEOVAP, spol. s r.o., Pardubice.

Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, b.r. Verze 6.8.25.1 GEOVAP, spol. s r.o., Pardubice.

Uživatelská příručka GeoVýpočty GV V6, b.r. Verze 6.8.25.1 GEOVAP, spol. s r.o., Pardubice.

Uživatelská příručka GeoStoreV6, b.r. Verze 6.9.3 GEOVAP, spol. s r.o., Pardubice.

Uživatelská příručka TechLine, b.r. Verze 6.8.20.1 GEOVAP, spol. s r.o., Pardubice.

Zákon č. 47/2020 Sb., kterým se mění zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony

Seznam obrázků

Obr. 1 Systém LYNX M1 (Geovap Vývoj informačních systémů, c2019)	16
Obr. 2 Základní panel aplikace V6_3D	19
Obr. 3 Ukázka kladu mračen bodů.....	20
Obr. 4 Převodní soubor intenzita odrazu -> RGB.....	21
Obr. 5 Grafická okna půdorysu a řezů	22
Obr. 6 3D okno	23
Obr. 7 Výběr souboru XML s nastavením parametrů	24
Obr. 8 Záložka rozsah zobrazení	25
Obr. 9 Záložka odečet výšky	25
Obr. 10 Okno trajektorie a snímky.....	26
Obr. 11 Odkazové buňky a georeferencovaný snímek	27
Obr. 12 Výběr prvku v GSProjectDraw.....	28
Obr. 13 Vyhodnocování bodů v půdorysu	29
Obr. 14 Zastíněná stěna domu	30
Obr. 15 Přístrojové vybavení pro polární měření	32
Obr. 16 GV – záložka nastavení	33
Obr. 17 GV – záložka parametry	33
Obr. 18 GV – záložka utility.....	34
Obr. 19 Okno pro import souřadnic do databáze oblasti.....	34
Obr. 20 Okno správy bodového pole oblasti	35
Obr. 21 GV – záložka výpočty	35
Obr. 22 Vyrovnání MNČ.....	36
Obr. 23 Import bodů do výkresu	37
Obr. 24 Okno aplikace Revize	38
Obr. 25 Finální podoba aktualizacího výkresu.....	39
Obr. 26 Malá změna polohy dopravní značky	43
Obr. 27 Zakryté vodovodní šoupě v mračně bodů	44

Seznam tabulek

Tab. 1 Technická specifikace MMS (Geovap Vývoj informačních systémů, c2019)	17
Tab. 2 Výsledky testování přesnosti souřadnic X, Y.....	41
Tab. 3 Výsledky testování přesnosti výšek H	42

Seznam použitých zkratk

CAD	Computer Aided Design
ČR	Česká republika
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DGN	CAD formát Design společnosti Bentley Systems
DMP	Digitální model povrchu
DMR5G	Digitální model reliéfu 5. generace
DMT	Digitální model terénu
DMVS	Digitální mapa veřejné správy
DSPS	Dokumentace skutečného provedení stavby
DTM	Digitální technická mapa
DTMK	Digitální technická mapa kraje
DTMM	Digitální technická mapa města
DTMO	Digitální technická mapa obce
DWG	CAD formát Drawing
DXF	Drawing Exchange Format
FOV	Field Of View
GIS	Geografický informační systém
GML	Geography Markup Language
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GSV6	GeoStore V6
HUP	Hlavní uzavěr plynu
IMU	Inertial Measurement Unit
IS	Inženýrská síť
IS DMVS	Informační systém Digitální mapy veřejné správy
JDTM ZK	Jednotná digitální technická mapa Zlínského kraje
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LAS	formát Laser pro mračna bodů
MMS	Mobilní mapovací systém
MNČ	metoda nejmenších čtverců

PDOP	Position Dilution Of Precision
PRF	Pulse Repetition Frequency
PRIS	Přípojková skříň elektřiny
RTK	Real-time kinematic
SHP	Shapefile
TIN	Triangulated Irregular Network
TMO	Technická mapa obce
ÚMPS	Účelová mapa povrchové situace
VRS	Virtual Reference Station
VÚGTK	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický
WKB	Well Known Binary
XML	Extensible Markup Language
2D	dvojrozměrný
3D	trojrozměrný

Seznam digitálních příloh

Příloha č. 1 Výkres reambulované mapy (ve formátu WKB)

Příloha č. 2 Ukázka rozsahu reambulace

Příloha č. 3 Přehledný náčrt bodového pole a pomocné měřické sítě

Příloha č. 4 Testování přesnosti (ve formátu XLSX)

Příloha č. 5 Přehledný náčrt rozložení kontrolních bodů v lokalitě

Příloha č. 6 Protokol určení bodů technologií GNSS

Příloha č. 7 Protokol výpočtu polární metody