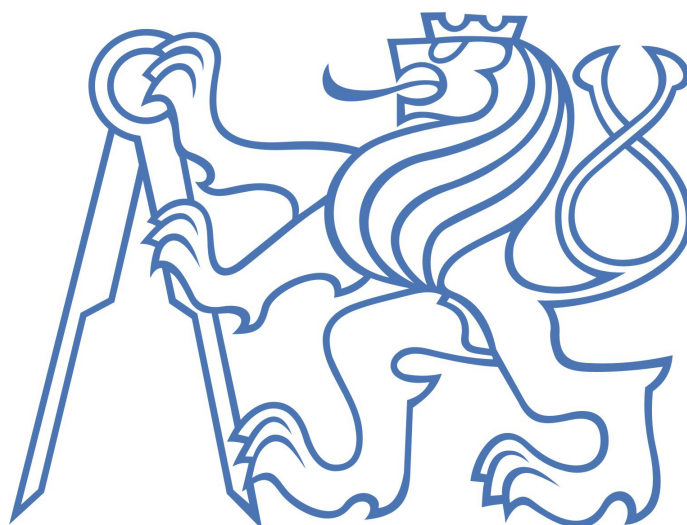


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



Diplomová práce

Zhotovení měřické dokumentace výměnku vesnické usedlosti v obci Čistá čp. 97 (Svitavy)

Diplomant: Lubomír Tláškal

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jindřich Hodač, Phd.



Velmi rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Jindřichu Hodačovi PhD. a Ing. arch. Zuzaně a Jiřímu Syrovým za vstřícné jednání, rady a vedení při zpracování diplomové práce. Tato spolupráce se mi, především díky jim, stala zdrojem cenných zkušeností, ale i příjemných zážitků.

Místopřísežné prohlášení o původnosti práce.

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci zpracoval sám s přispěním vedoucího práce a uvedených konzultantů. Pro svou práci jsem nepoužil výsledků cizích osob, aniž bych tuto skutečnost uvedl v seznamu literatury uváděné na konci diplomové práce.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Diplomant:



Obsah

1	ÚVOD	5
1.1	Měřická dokumentace lidové architektury.....	5
1.2	Seznámení s dokumentovanou stavbou.....	6
2	GEODETICKÉ A FOTOGRAMMETRICKÉ ZAMĚŘENÍ	8
2.1	Přípravné práce	8
2.2	Práce v terénu.....	8
2.3	Zpracování měřených dat a výpočet souřadnic	10
3	VYHODNOCENÍ MĚŘICKÝCH SNÍMKŮ	12
3.1	Průseková metoda	12
3.2	Jednosnímková metoda	13
4	ZPRACOVÁNÍ V CAD SYSTÉMU	15
4.1	Postup zpracování	15
4.2	Výstupy	17
5	HODNOCENÍ A KONTROLY PŘESNOSTI	18
5.1	Přesnost geodetického zaměření	18
5.2	Přesnost fotogrammetrického vyhodnocení	19
5.3	Přesnost 3D modelu.....	19
5.4	Přesnost výkresové dokumentace.....	20
6	ODHAD ČASOVÉ NÁROČNOSTI ZPRACOVÁNÍ.....	21
7	ZÁVĚR.....	22
	ZDROJE INFORMACÍ, PODKLADY A POUŽITÁ LITERATURA	24
	SEZNAM PŘÍLOH	24
	OBSAH CD.....	25



Anotace.

Cílem této práce bylo vytvoření měřické dokumentace historicky cenného výměnků vesnické usedlosti v obci Čistá. Tato dokumentace by měla sloužit jako rozšiřující materiál k již existujícímu stavebně historickému průzkumu z roku 2002. Použití moderních geodetických a fotogrammetrických metod otevírá možnosti nejenom pro tvorbu klasické 2D stavební dokumentace, ale i věrného a přesného prostorového modelu. Tento přístup k měřické dokumentaci staveb obecně není zatím díky své náročnosti a ceně příliš rozšířený. Neméně hodnotnou částí práce je proto také rámcový postup prací a použité technologie, doplněný praktickými postřehy a zkušenostmi získanými během práce na tomto projektu.

Annotation

The main goal of this project is to create a metrical documentation of historically valuable retired farmer's house in village Čistá No. 97. The documentation should serve as an extending material to the research done in the year 2002. Geodetical and fotogrammetrical methods allow the creation of an accurate and detailed 3D model. However, this modern approach to metrical documentation is, so far, thanks to its time and financial demands, rarely used. The general record of work consecution supplemented with practical notes and author's experiences is also a significant and valuable part of this project.



1 Úvod

1.1 Měřická dokumentace lidové architektury

Měřická dokumentace lidové architektury a historických staveb se v dnešní době vyhotovuje především jako podklad pro projekční činnost, materiál pro stavebně historický průzkum, a také pro účely prezentace. Kvalitní provedení měřické dokumentace klade nároky na znalosti z oblasti historických stavebních slohů, konstrukcí staveb a vyžaduje úzkou spolupráci s odborníkem jenž provádí stavebně historický průzkum nebo shromažďuje materiály pro projekční činnost.

V současné době u nás neexistuje závazná forma měřické dokumentace a její konkrétní realizace je přizpůsobena požadavkům zadavatele. Nejčastější je výstup ve formě 2D výkresů v digitální i grafické podobě. Grafické podklady velkých měřítek totiž umožňují detailní zakres a zaznamenání předmětů a jevů, které je obtížné zachytit vlastním geodetickým a fotogrammetrickým měřením. Menší zájem o 3D data je způsoben především jejich cenou. Tu určují zvýšené nároky na technické vybavení a především časová náročnost jejich pořízení a následného zpracování.

Bohužel zatím nefunguje centrální databáze provedené měřické dokumentace. To vede k časté duplicitě prováděných prací a zbytečnému vynakládání finančních prostředků. Neexistuje ani ucelená státní koncepce dokumentace památek. Práce často probíhají pouze z iniciativy jednotlivců na základě udělených grantů.

Standardem se stalo zaměření sítě prostorových bodů pomocí totální stanice doplněné konstrukčními a kontrolními oměrnými. Z fotogrammetrických metod se používá jednosnímková fotogrammetrie pro tvorbu fotoplánů. Průřeková metoda a metoda stereoskopických dvojic pro získání prostorového modelu. Do budoucna se očekává větší rozšíření měření pomocí laserového 3D scanneru.

Prostorové zaměření objektu dává možnost vytvořit i jeho prostorový model, virtuální realitu, kterou může uživatel procházet v reálném čase. Virtuální světy nebo jejich části mohou být uloženy jak v lokálních souborech, tak i na



vzdálených počítačích v internetu. Lze je vkládat do stránek HTML, přidat řadu multimediálních prvků (video, obraz, zvuk) a interaktivní propojení s ostatními virtuálními světy i s internetovými stránkami. Virtuální realita je tedy ideální prostředek pro vytvoření celkové představy o objektu, pro jeho prezentaci a popularizaci.

1.2 Seznámení s dokumentovanou stavbou

Stavba se nachází na území obce Čistá u Litomyšle na stavební parcele 297/1 stejnojmenného katastrálního území.



Obr. 1 Pohled z příjezdové cesty

Převzato z [1] "Dům jako zajímavý zřejmě výrazněji starobylý objekt rozpoznali manželé Syroví v roce 2000 v souvislosti s hledáním nejstarších vysočinských a podrobnějším průzkumem obce při práci na projektu SOVAMM Litomyšlsko - Vysokomýtsko. Objekt, který má v rozvrhu usedlosti charakter (již delší dobu nevyužívané) výměnkářské chalupy, byl předběžně pokládán za dobře zachovaný doklad typické výstavby 2. poloviny 17. století. Pohnutkou pro zpracování podrobnějšího průzkumu se nakonec stalo dendrochronologické datování použitého konstrukčního dřeva, které překvapivě určilo dobu stavby



těsně před počátek třicetileté války (posudek ing. J. Kyncla z roku 2001 – kácení stromů 1616). Objekt resp. usedlost byl proto zařazen do programu podrobnějšího průzkumu písemných pramenů (M. Ebel). Ten poskytl přehled o držitelích usedlosti již od závěru 16. století, takže dnes známe i konkrétního stavebníka dochovaného výměnku.“

Podstatu mimořádné hodnoty domu tvoří kombinace jeho velkého stáří, celistvé zachovalosti jeho jádra (včetně značné části stavebních řemeslných detailů) a jeho prostorové charakteristiky resp. stavebního charakteru světnice. Vzhledem k tomuto charakteru i zachovalosti je totiž dům (oproti dosud známým nejstarším stavbám tohoto typu) překvapivě starý - jeho obytná místnost už totiž nemá horní větrací okna, související se starší středověkou tradicí dymných jizeb, takže stavební charakteristika objektu jako celku je již vlastně typická pro mladší období výstavby vysočinských domů po třicetileté válce ve 2. polovině 17. století.

Při takto výrazném stáří domu je pozoruhodný stupeň zachovalosti jeho tesařských stavebních detailů – především trámových zárubní dveří a zejména oken ve světnici a také některých dveří (v typickém starobylém točnicovém provedení). Jestliže u dveří existuje i z uvedené doby více dochovaných exemplářů portálů i dveřních křídel, je takto starý doklad velikosti oken ve světnici i provedení a výzdoby jejich zárubní zcela ojedinělý, protože tyto otvory běžně podléhaly mladším úpravám (především zvětšování jejich světlosti, dosahovaného odstraňováním původní masivní zárubně).

Pro hodnotu objektu je důležitá i jeho pravděpodobná funkce, protože byl bezpochyby postaven v rámci usedlosti jako samostatná výměnkářská chalupa: zmíněný sedlák Hanuš Skokan ji stihl postavit těsně před vypuknutím třicetileté války, po třiceti letech svého hospodaření a deset let před svým odchodem na odpočinek. Toto funkční určení domu (včetně propojení s konkrétní osobou stavebníka a uživatele) ještě zvyšuje význam objektu, který je zřejmě dnes u nás nejstarším takovým známým objektem.“



2 Geodetické a fotogrammetrické zaměření

2.1 Přípravné práce

Dokumentace staveb, lidové architektury zvláště, přesahuje hranice běžného geodetického vzdělání. Na samém začátku bylo třeba doplnit znalosti z oblasti konstrukce roubených staveb, stavební výkresové dokumentace se specifiky dokumentace roubených staveb.

Přípravné práce, jako příprava podkladů pro zaměření (náčrty objektu, návrh měřické sítě, volba technologie zaměření), probíhaly na základě prvního seznámení s objektem v listopadu 2004. Zřejmě nejdůležitějším podkladem byl stavebně historický průzkum [1] s popisem důležitých stavebních a konstrukčních detailů.

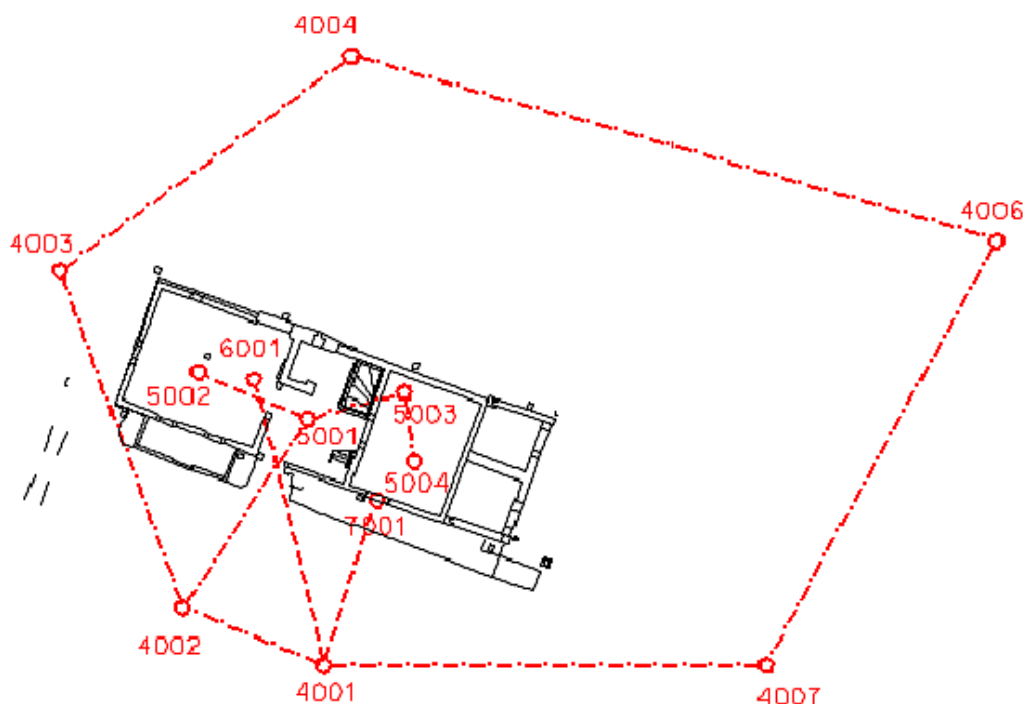
Po seznámení se s objektem, s ohledem na požadovanou přesnost výstupů, bylo navrženo zaměření totální stanicí doplněné fotogrammetrickou dokumentací.

2.2 Práce v terénu

Samotnou práci lehce komplikovala skutečnost, že bylo nutné na místo měření dojíždět z nedaleké Litomyšle, což přinášelo problémy především s dopravou pomůcek a měřického materiálu.

Geodetické zaměření

Měřická síť byla tvořena uzavřeným polygonovým pořadem o šesti vrcholech, vedeným okolo objektu, který byl doplněn dvěma volnými pořady do světnice a sklepa a dvěma rajony do prvního patra a komory.



Obr. 2 Náčrt měřické sítě

Pro stabilizaci bodů pořadu byly použity dřevěné kolíky s hřebíčky. Signalizaci vlčovacíh bodů pro fotogrammetrické vyhodnocení byla provedena černobílými štítky.

Zaměření bylo provedeno totální stanicí s dálkoměrem s pasivním odrazem a možností cílení pomocí laserového paprsku. Díky tomu mohla být zaměřena řada bodů na nepřístupných místech, bylo umožněno měření ve sklepě v téměř úplné tmě. Cílení stopou laseru je výrazně rychlejší, zejména ve stísněných prostorech a při měření krátkých vzdáleností.

Zaměření měřické sítě a podrobné měření probíhalo odděleně ve dvou etapách. Výškové zaměření uzavřeného polygonu bylo nutné bohužel zopakovat, druhé měření bylo provedeno již společně se zaměřením vlčovacíh bodů a podrobným měřením.

Měření úhlů v polygonovém pořadu bylo prováděno v jedné skupině ve dvou polohách dalekohledu, šikmé délky byly měřeny pouze jednosměrně.



Z technických důvodů bylo totiž nutné omezit množství vybavení na minimum. K měření polygonu byly použity pouze dva stativy a jeden hranol.

Dokumentace geodetického zaměření viz. příloha č. 2.

Fotogrammetrické zaměření

Snímkování bylo provedeno digitálním fotoaparátem Nikon D100 se širokoúhlým objektivem. S ohledem na co nejstabilnější a neměnnou polohu fotoaparátu při snímkování byl použit stativ a drátěná spoušť. Technologie a postup snímkování byly dány zamýšleným zpracováním metodou průsekové fotogrammetrie. Sada snímků pro průsekovou fotogrammetrii musí být pořízena s pokud možno neměnným nastavením objektivu. Na to je třeba dbát zejména při použití automatických a poloautomatických fotografických přístrojů. V praxi to znamená nepoužívat zoom, respektive nastavit objektiv do krajní polohy, snímkování provádět pokud možno ze stejné vzdálenosti, zaostřit na „nekonečno“ nebo na průměrnou vzdálenost od objektu a zaostření neměnit.

Neméně důležité je stále dbát na dostatečné překrytí sousedních snímků a pořídit i takové snímky, na kterých budou zachyceny body identifikovatelné na více než jednom dalším snímku. Princip průsekové fotogrammetrie je založen na prostorovém protínání z úhlů. Požadavky na geometrickou konfiguraci měření jsou tudíž podobné jako při klasickém geodetickém měření. Pro doplnění byla pořízena i jedna stereodvojice čelní stěny stavby.

Dokumentace fotogrammetrického zaměření viz. příloha č.2. Informace o parametrech nastavení kamery je uložena také v každém pořízeném snímku v podobě tzv. exif dat. Tyto data lze zjistit pomocí příslušného software např. ExifReader.

2.3 Zpracování měřených dat a výpočet souřadnic

Zpracování měření a výpočet souřadnic bylo provedeno v programu Groma 7. Hodnoty pro výpočet polygonového pořadu byly zadány ručně ze zápisníků, výpočet podrobných bodů byl proveden poloautomaticky z dat registrovaných přímo do paměti totální stanice. Výpočet byl ověřen porovnáním souřadnic vlčovací bodů, které byly kontrolně zaměřeny vždy nejméně ze



dvou stanovisek. Dále byly kontrolovány délky měřené mezi vlíčovacími body a délky vypočtené ze souřadnic viz tab. č.1.

Díky kontrole a porovnání souřadnic bodů zaměřených z více stanovisek byla také zjištěna chyba v zavedení součtové konstanty. Souřadnice určené ze sousedních stanovisek polární metodou se lišily systematicky o velmi podobnou hodnotu. Díky této zkušenosti jsem si uvědomil jednu značnou nevýhodu uzavřeného polygonového pořadu. V případě přibližně stejných délek jednotlivých stran, se totiž tato systematická chyba neprojeví rozdílem souřadnic počátečního a koncového bodu. Celý pořad se tím celý pouze zvětší nebo zmenší, minimální polohová odchylka v takovém případě zdaleka neznamena správné měření. Použití uzavřeného polygonového pořadu je při podobných pracích značně rozšířené, proto považuji za užitečné tento postřeh zmínit a upozornit na to, že se tato chyba při samotném výpočtu pořadu nemusí projevit.



3 Vyhodnocení měřických snímků

Hlavní použitou fotogrammetrickou metodou byla metoda průsekové fotogrammetrie, která byla doplněna metodou jednosnímkovou, užitou při tvorbě fotoplánů. Ačkoli byla pořízena i jedna stereodvojice čelní stěny objektu, nebyla dále zpracovávána.

3.1 Průseková metoda

Postup zpracování

Vyhodnocení bylo provedeno pomocí programu Photomodeler 4.0. Ze snímků byly vytvořeny dva modely. První znázorňuje přední stěnu a druhý stěnu zadní a čelní. Vyhodnocení bylo nutné provést odděleně, protože se nepodařilo, díky zastavěnosti stavby, pořídit snímky zachycující přední a čelní stěnu zároveň a propojit tak oba modely. Síť vlíčovacích bodů byla zaměřena s dostatečnou přesností a pozdější spojení modelů proběhlo bez problémů.

Přesnost vyhodnocení příznivě ovlivnilo to, že byl znám kalibrační protokol použitého fotoaparátu. Prvky vnitřní orientace a zkreslení objektivu nebylo nutné určovat z vlastních měřických snímků, ale byly použity hodnoty určené z předchozího specializovaného kalibračního měření.

Postup orientace měřických snímků zahrnuje, terminologií programu Photomodeler, referencování spojovacích bodů, výpočet relativní orientace (model má správný tvar, ale chybí měřítko a orientace v prostoru). Absolutní orientaci lze provést definicí souřadnicových os a jedné délky nebo, jako v tomto případě, pomocí vlíčovacích bodů, které byly použity již při prvním výpočtu orientace snímků. Tím odpadla potřeba dodatečné absolutní orientace.

Výstupy a přesnost vyhodnocení

Výsledkem vyhodnocení v programu Photomodeler, byly soubory formátu dxf obsahující vyhodnocené body a spojnice. Program umožňuje vyhodnocování do vrstev. U složitějších prací je to přímo nezbytnost.



Na přesnost vyhodnocení a případnou chybu se dá usuzovat z rozdílů snímkových souřadnic referencovaných bodů od hodnot určených vyrovnáním. Udávají se v pixelech, Přesnost vyhodnocení přímo závisí na velikosti obrazového elementu ve skutečnosti. Ke každému vyhodnocenému bodu je známá i jeho „přesnost“ uváděná ke každé souřadnici. Tato hodnota je zřejmě odvozena z a posteriori střední chyby příslušné souřadnice. Z dostupné dokumentace programu se nepodařilo zjistit podrobnosti. Přesnost souřadnic se zlepšuje při referencování bodu na více než dvou snímcích. Optimální je použít při vyhodnocení bodu 3 snímky, referencování na dalších snímcích již nepřináší výrazné zvýšení přesnosti.

Výstupy a dokumentace vyhodnocení viz příloha č. 1.

Postřehy a řešené problémy

Vyhodnocení proběhlo bez větších komplikací, rád bych ovšem upozornil, že program pracuje s matematickým levotočivým souřadnicovým systémem, na rozdíl od v geodézii běžně používaného systému pravotočivého. Problémy mohou vzniknout po importu vlíčovacích bodů, při výpočtu absolutní orientace. Záměna souřadnicových systémů je chyba, která nemusí být patrná na první pohled. Výpočet proběhne i v tomto případě, pouze vzrostou opravy na jednotlivých bodech.

3.2 Jednosnímková metoda

Jednosnímkovou metodu bylo možné použít pouze v omezené míře. Hloubková členitost objektu neumožňuje tvorbu přesných fotoplánů jeho větších částí. V průběhu zpracování byly vytvořeny fotoplány přední a čelní stěny objektu. Zamýšleným využitím fotoplánů bylo přesné zachycení průběhu trámů a tvaru otvorů. Jako snazší a přesnější se pro to nakonec ukázalo obecně náročnější vyhodnocení průsekovou metodou.

Pro snímkování byl použit širokoúhlý objektiv. To je výhodné v případech, kdy není možný větší odstup od objektu, nebo je vzdálenost omezena požadavkem na minimální velikost pixelu. Nevýhodou je to, že se vzdáleností od osy záběru se zvětšují i radiální posuny způsobené hloubkovou členitostí objektu.



S ohledem na výše uvedené a skutečnost, že vyhodnocené fotoplány bude nutné přesně umístit do jejich původní polohy v prostoru, bylo nutné uzpůsobit i technologii jejich tvorby.

Postup zpracování

Při tvorbě fotoplánů se používá kolineární transformace, pro výpočet jsou nutné minimálně čtyři identické body ležící v jedné rovině. V praxi by to mělo být vždy více z důvodu možnosti odhalení chyb. Určení rovinných souřadnic vlíčovacích bodů, vektorizace fotoplánu a jeho umístění do původní prostorové polohy bylo provedeno graficky v programu microstation, transformace rastru v programu Topol.

Body v prostoru je možné proložit vyrovnávací rovinu, nebo zvolit tři body, kterými bude rovina fotoplánu procházet. Tato rovina byla určena obdélníkem. Kopie obdélníku a vlíčovacích bodů byla přenesena do počátku souřadnic. Jeden z vrcholů byl ztotožněn s počátkem souřadnic a jeho kopie společně s body natočena tak, aby obdélník splynul s jednou ze souřadnicových rovin. Souřadnice pro transformaci byly určeny průmětem do této roviny.

Fotoplán byl zvektorizován do běžného 2D výkresu. Ten byl importován do příslušné souřadnicové roviny původního výkresu. Obdélník reprezentující rovinu fotoplánu byl i s fotoplánem otočen kolem počátku souřadnicové soustavy do původní polohy a přesunut na odpovídající místo v prostoru.

Tento postup umožňuje obecnou volbu roviny fotoplánu, namísto běžně volené roviny svislé.

Výstupy a přesnost vyhodnocení

Z vyhotovených fotoplánů viz příloha č.1 byl zvektorizován pouze fotoplán části čelní stěny. Přesnost fotoplánu takto členitého objektu je totiž velice proměnlivá. Radiální posuny vystupujících částí přesahovaly i 10 centimetrů. Bez přesné znalosti způsobu vzniku a z toho plynoucích omezení, mohou být tyto fotoplány více než zavádějící. Byly vytvořeny speciálně za účelem konstrukce modelu a nedoporučuji jejich další využití.



4 Zpracování v CAD systému

Konstrukce modelu, vizualizace objektu a výkresová dokumentace byly provedeny v CAD systému Microstation V8. Program pracuje s vlastním formátem DGN, verze 8 již plně podporuje i formát DWG. Výkresy v obou formátech lze libovolně kombinovat.

4.1 Postup zpracování

Import dat

Prvním nezbytným krokem při tvorbě modelu byl import souřadnic bodů získaných geodetickým měřením a dat získaných fotogrammetrickými metodami. Pro snazší orientaci a zpracování byly spolu související souřadnice měřených bodů rozděleny do samostatných textových souborů, ty byly postupně načítány do příslušných vrstev výkresu. Souřadnice bodů lze do výkresu importovat také přímo z programu Groma. Je k tomu ovšem instalace příslušné knihovny a nastavení programu Microstation, který pak pracuje s programem Groma jako s vlastní aplikací.

Vektorové soubory s daty fotogrammetrického vyhodnocení byly načteny jako nezávislé referenční výkresy.

Konstrukce 3D modelu

Konstrukci modelu některých částí stavby, jako například střechy, sklepa a koz podpírajících krov, bylo možné řešit samostatně. Model však bylo nutné od začátku řešit jako celek.

V první, nejobtížnější části zpracování byly doplněny linie vnějších stěn a linie mezi zaměřenými body uvnitř objektu. V této fázi zpracování byla nezbytná neustálá kontrola náčrtů a měřických snímků. Ve chvíli, kdy již existovala kostra objektu, tvořená zatím pouze liniemi, bylo možné volit roviny a plochy. Do těchto rovin byly promítnuty obrysy trámů získaných fotogrammetricky. Vytažením takto vzniklého profilu byly zkonstruovány jednotlivé trámy. Tento způsob umožňuje přesné zachycení tvaru vnější části



trámu, ale vznikne tak pouze hranol, což přesně neodpovídá skutečnosti. Dalším využitým způsobem pro konstrukci trámů byla volba profilu, který reprezentoval příčný průřez trámu a jeho vytažení po linii odpovídající jeho průběhu. Tento způsob byl využit v případech, kdy nebyl znám vnější obrys trámu nebo pouze jeho částí.

Následujícím krokem byla konstrukce vnitřních stěn a stropních trámů, jejichž zakončení bylo patrné na vnějších stěnách objektu.

Ve chvíli, kdy byla dokončena „hrubá“ konstrukce modelu bylo přikročeno ke konstrukci otvorů a dalších detailů. Na závěr byla doplněna na stěny a do prostoru mezi trámy omazávka.

Vizualizace modelu

Postup tvorby vizualizací je možné obecně rozdělit do tří základních kroků. Těmito kroky jsou: přiřazení textur a materiálů, nastavení druhu a směru osvětlení a samotné renderování.

Použití textur, získaných přímo z měřických snímků, může dodat vizualizacím větší autentičnost a přiblížení skutečnosti. Mohou ovšem vzniknout problémy mapuje-li se textura vícekrát vedle sebe. Nesoulad na styku opakujících se textur znehodnotí vizualizaci. V některých případech je tomuto možné předejít tím, že texturu vertikálně a horizontálně ozrcadlíme.

Pro nasvícení modelu je možné využít kombinace tři základních druhů světelných zdrojů. Světlo s rovnoběžnými paprsky – svými vlastnostmi se nejvíce podobá světlu ze vzdálených zdrojů, dále bodové světlo a světelný kužel.

Použití rovnoběžných světelných paprsků je výpočetně nejméně náročné a nejlépe vystihuje běžné denní světlo.

S přihlédnutím ke skutečnosti, že již existuje rozsáhlá fotodokumentace stavby, bylo cílem vizualizací umožnit pohled přesahující možnosti pořízení klasických snímků. Například vizualizace podélného řezu, pohled odkrytou střechou a podobně.

Přechod k 2D výkresům

V této části zpracování byly využity tři základní postupy. Výpočet skrytých hran, řezy jednou či více rovnoběžnými rovinami a kolmé průměty do



těchto rovin. Výpočet skrytých hran byl použit jako základ pro výkresy pohledů, řezy a průměty byly využity jako podklad pro kresbu půdorysů jednotlivých podlaží a příčného řezu.

Obecná poloha modelu v prostoru a tím i k souřadnicovým rovinám představuje drobnou komplikaci, zejména při výpočtu skrytých hran. Výsledkem tohoto výpočtu jsou prostorové linie viditelné ze zvoleného místa a směru. Před každým výpočtem bylo tedy nutné natočit model kolmo ke směru pozorování. K tomuto účelu byla zkonstruována krychle, jejíž dvě stěny jsou vodorovné a dvě rovnoběžné s danou stěnou modelu. Natočením pohledu tak, že splynou přední a zadní hrany krychle, je možné s dostatečnou přesností určit požadovaný směr. V programu Microstation je nejvhodnější použít postup při kterém je rovina pohledu definována třemi body. V tomto případě vrcholy výše zmíněné krychle. Tohoto postupu bylo použito i při následném převodu z prostoru do roviny. Krychle byla vždy volena několikanásobně větší než je samotný model, aby se případné nepřesnosti projevíly minimální měrou.

Přesnost převodu byla kontrolována porovnáním délek měřených v prostorovém modelu s délkami měřenými ve vytvořeném 2D pohledu. I ty největší délky, u nichž se dá očekávat největší relativní chyba, se nelišily více než o 2 mm.

4.2 Výstupy

3D model objektu

- Znázornění Stavebně historického vývoje objektu
- Model upravený pro tvorbu vizualizací
viz. příloha č.1.

2D výkresová dokumentace

- Půdorys sklepa, vstupního a prvního podlaží M 1:50
- Příčný řez M 1:50
- Pohledy M 1:50
viz. příloha č.3



5 Hodnocení a kontroly přesnosti

5.1 Přesnost geodetického zaměření

Přesnost geodetického zaměření je charakterizována velikostí výběrové směrodatné souřadnicové odchylky vypočtené z rozdílů souřadnic dvakrát zaměřených bodů.

Střední výběrová souřadnicová chyba bodů přední stěny $s_{xyz} = 2\text{mm}$. Maximální dosažená střední odchylka v poloze má velikost 4mm.

Střední výběrová souřadnicová chyba bodů zadní stěny $s_{xyz} = 4\text{mm}$. Maximální dosažená střední odchylka v poloze má velikost 18mm. Výpočet středních chyb a porovnání viz. příloha č.1.

Dosažené hodnoty se pohybují na hranici teoretické přesnosti použité metody. Dále byly porovnány délky měřené mezi vlíčovacími body s délkami vypočtenými ze souřadnic. Maximální rozdíl měřené a vypočtené délky nepřesahuje 1cm, což je přesnost s kterou byly délky měřeny.

Porovnání přímo měřených délek s délkami vypočtenými ze souřadnic			
Mezi body	ze souřadnic [m]	měřená [m]	rozdíl [cm]
1 - 3	4.790	4.79	0
3 - 5	4.791	4.79	0
5 - 7	4.940	4.94	0
2 - 40	2.181	2.18	0
54 - 55	1.946	1.94	0
78 - 81	5.018	5.01	0
74 - 75	2.123	2.12	0

Tab. 1 Porovnání přímo měřených délek s délkami určenými ze souřadnic



Vlčovací body byly zaměřeny z bodů uzavřeného polygonu. U podrobných bodů zaměřených z rajonů a bodů volných polygonových pořadů je přesnost menší.

5.2 Přesnost fotogrammetrického vyhodnocení

Jak již bylo uvedeno v kapitole věnované fotogrammetrickému vyhodnocení, pracuje program Photodeler s pojmem precision – přesnost. Přesnost je uváděna ke každé vypočtené souřadnici. Hodnoty se pohybují v mezích od 2 mm do 3 cm.

Byla změřena řada kontrolních délek, ovšem pouze mezi vlčovacími body, které sloužily k absolutní orientaci modelu, při výpočtu byly tyto body voleny jako pevné – jejich souřadnice se výpočtem nezmění. Stejně proto zůstanou i délky z nich vypočtené viz. tab 1.

Vlčovací body umístěné po obvodu jednotlivých snímků poskytly pevný rámec celému modelu a zabránily jeho možným deformacím, které při nevhodném rozložení bodů a postupu vyhodnocení mohou u průsekové metody vzniknout

5.3 Přesnost 3D modelu

Pro konečnou konstrukci modelu byly použity body a linie z geodetického zaměření a fotogrammetrického vyhodnocení. Především ve vnitřních částech stavby byly použity také přímo měřené rozměry. Ty byly použity především jako konstrukční oměrné. Filozofií celé konstrukce bylo co nejvíce se přiblížit přímo měřeným rozměrům jednotlivých objektů a umístit je v prostoru tak, aby se, v rámci použitých zjednodušení, co nejvíce přimykaly k zaměřené síti bodů.

Valná většina objektů v modelu jsou translační tělesa, která vznikla vytažením pevného profilu po přímce nebo obecné křivce. Díky tomuto zjednodušení nebyla například vystižena změna průřezu v průběhu jednotlivých trámů. Tímto postupem se podařilo dosáhnout toho, že odpovídající body jednotlivých těles, se až na několik nepříznivých a nejasných případů, neodchylují od zaměřených bodů o více než 4 cm.



5.4 Přesnost výkresové dokumentace

Výkresová dokumentace vznikala postupem uvedeným v kapitole 4.1. Nepřesnosti vznikají průmětem do roviny, která není kolmá k promítacím paprskům nebo jsou-li objekt a promítací rovina vůči sobě skloněné.

Přesnost převodu do roviny je možné hodnotit pomocí rozdílů délek měřených ve výkresu a v modelu. I ty největší se ve všech případech liší pouze v řádu milimetrů.

Celková přesnost výkresové dokumentace je tedy závislá především na přesnosti vytvořeného modelu.



6 Odhad časové náročnosti zpracování

Záměrem této kapitoly je shrnutí jednotlivých kroků, objemu dílčích prací a odhad celkové časové náročnosti tohoto projektu.

Tento odhad vychází ze získaných zkušeností a měl by vystihovat minimální dobu potřebnou pro zpracování tohoto projektu jednou osobou za předpokladu použití výše popsaných postupů a technologie.

Činnost	časová náročnost [dny]	podíl na celkové době [%]
Přípravné práce	3	8
Práce v terénu	4	10
Zpracování měření	2	5
Fotogrammetrické vyhodnocení		
<i>Průseková metoda</i>	5	13
<i>Tvorba a vektorizace fotoplánů</i>	3	8
Zpracování v CAD systému		
<i>tvorba modelu</i>	10	25
<i>výkresová dokumentace</i>	5	13
<i>Vizualizace</i>	3	8
dokumentace průběhu prací	2	5
závěrečné práce	3	8
Celkem	40	100

Tab. 2 Odhad časové náročnosti zpracování

I když odhad neobsahuje téměř žádné rezervy, budeme-li uvažovat pouze pracovní dny, stává se zpracování tohoto projektu otázkou téměř dvou měsíců. Jak plyne z tabulky 2, samotná konstrukce modelu představuje čtvrtinu celkového objemu prací.



7 Závěr

Cílem této práce bylo zaměření stávajícího stavu a vytvoření výkresové dokumentace výměnku vesnické usedlosti čp. 97 v obci Čistá u Litomyšle. Použití moderního přístrojového vybavení, kombinace geodetických a fotogrammetrických metod byly předpokladem pro prostorové zaměření objektu.

Detailní vyhodnocení měřických snímků a podrobné geodetické zaměření vnitřních prostor stavby umožnilo vymodelovat nejenom vnější schránku roubenky, ale i stěny a ostatní roubené části z jednotlivých trámů. Z velké části se taktéž podařilo vystihnout tesařské spoje a významné stavební detaily.

Je v celku obtížné prokázat absolutní přesnost modelu 4 cm v poloze a výšce stanovenou zadáním. Kontroly přesnosti byly prováděny ve všech fázích zpracování. Exaktně bylo možné posoudit pouze přesnost zaměření vlíčovacích bodů a shodu kontrolně měřených délek mezi těmito body. Při vlastní konstrukci bylo hlavní snahou maximální přiblížení přímo měřeným rozměrům a zároveň těsné přimknutí k síti zaměřených bodů.

Charakter stavby – nekolmé a často i skloněné stěny i jednotlivé trámy, obtížná přístupnost a samotná obtížnost měření v těchto podmínkách, často nutila otázku, jak se vypořádat s případným nesouladem mezi rozměry určenými geodetickým zaměřením a přímým měřením. V téměř všech případech se podařilo dosáhnout lepší shody, než jsou zmíněné 4 cm v prostorové poloze.

Na základě provedených kontrol, podrobné znalosti vzniku modelu a všech kroků zpracování, si dovoluji tvrdit, že model se svou přesností a detailností přibližuje teoretickým možnostem zvolené technologie zaměření a zpracování.

Jak již bylo nastíněno v předchozí kapitole, samotná konstrukce modelu představuje přibližně čtvrtinu časové náročnosti zpracování a tím samozřejmě i značné zvýšení celkových nákladů na pořízení dokumentace.

Na druhou stranu je vytvořený prostorový model velmi názorný, může obsahovat informace, které jsou jiným způsobem jen těžko postihnutečné, umožňuje celou řadu dalších výstupů a následné využití.



V tomto konkrétním případě by to mohlo být například modelování stavebně historického vývoje a zamýšlených zásahů. Jako jeden z mála, možná jediný, srovnatelně detailní a přesný model stavby tohoto typu, by mohl být použit i k výukovým a prezentačním účelům.

Osobně bych za jedno z nezajímavějších využití modelu považoval jeho propojení s databází a vytvoření grafického informačního systému. Ke každému objektu modelu je možné připojit řadu libovolných negrafických informací. V tomto případě, například vše od inventárních čísel jednotlivých trámů, až po výsledky dendrochronologického průzkumu.

Na samý závěr ještě několik slov obecně o problematice dokumentace staveb. Současná doba je specifická tím, že se zde setkávají dvě skupiny zadavatelů a vyhotovitelů tohoto druhu prací. Většina vyhotovitelů je často tlačena, aby obstála v konkurenčním prostředí, k používání moderních technologií a způsobů zpracování. Naproti tomu stále celá řada zadavatelů pracuje pouze s výkresy v papírové podobě. To platí zejména pro oblast dokumentace památek.

Dalším faktem je vysoká cena prostorových modelů a dokumentace vzniklé na jejich základě. V současné době nepovažují, především díky své náročnosti a ceně, v oblasti lidové architektury širší komerční rozšíření tohoto druhu dokumentace za reálné.

Naproti tomu se stále zlepšují podmínky a zvětšují možnosti vzniku podobných projektů na základě spolupráce škol, pedagogů a studentů s odborníky ze souvisejících oborů.



Zdroje informací, podklady a použitá literatura

- [1] PhDr. Martin Ebel, Doc. ing. arch. Jiří Škabrada, CSc., ing. arch. Zuzana a Jiří Syroví, ing. Josef Kyncl. Čistá čp. 97 (okres Svitavy) – výměnek vesnické usedlosti stavebně historický průzkum. Praha, Brno, 2002.
- [2] Ing. Jiří Boukal, Ing. Miroslav Jiřinec. Zaměřování památkových a jiných stavebních objektů. Ústav geodézie a kartografie v Praze, 1966.
- [3] Sommer, Jan. Průzomy staveb – metodika ICOMOS.
<http://sweb.cz/monudet/>. 2003
- [4] <http://www.lidova-architektura.cz/>
- [5] Sýkora, Petr. Microstation V8 podrobná příručka. Computer Press, Praha, 2001.

Seznam příloh

1. CD s daty v elektronické podobě

2. Dokumentace geodetického a fotogrammetrického zaměření

Zápisníky měření

Náčrty

3. Výkresová dokumentace

Půdorys sklepa, vstupního a nadzemního podlaží

Pohledy

Příčný řez

4. Vizualizace

5. Specifikace zadání



Obsah CD

Průvodní zpráva

Dokumentační snímky

Geodetické zaměření

Náčrty

Měřená data

Protokoly výpočtů

Vypočtené souřadnice

Fotogrammetrické vyhodnocení

Měřické snímky

Průseková metoda

Výpočetní protokoly

Výstupy ve formátu dxf

Jednosnímková metoda

Fotoplány

CAD výstupy

3D data

Model stavebně historického vývoje (dgn, dwg)

Model upravený pro tvorbu vizualizací (dgn)

2D data

výkresy ve formátech dgn, dwg a dxf

vizualizace objektu

Jednotlivé úrovně seznamu odpovídají adresářové struktuře CD