



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

VYUŽITÍ PROGRAMU PHOTODELER V SOUDNĚ INŽENÝRSKÉ PRAXI

USE OF PHOTODELER PROGRAM IN FORENSIC ENGINEERING PRACTICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. ALENA ZDRAŽILOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PETR DAŇHEL

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Ústav soudního inženýrství
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Alena Zdražilová

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Realitní inženýrství (3917T003)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Využití programu PHOTOMODELER v soudně inženýrské praxi

v anglickém jazyce:

Use of PhotoModeler program in forensic engineering practice

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem bude zjistit z pořízené fotodokumentace konkrétní rozměry a následně sestavit 3D model rodinného domu. V práci budou navrženy a otestovány optimální postupy pořizování fotodokumentace vhodné pro pozdější zpracování v programu PHOTOMODELER a následné zpracování 3D modelu v programu AUTOCAD. Vytvořený 3D model bude dále využit k odečtení hodnot potřebných pro ocenění.

Cíle diplomové práce:

S využitím optimálních postupů bude z pořízené fotodokumentace sestaven 3D model rodinného domu. Studentka navrhne doporučený postup jak 3D model vytvořit v návaznosti na pracnost a přesnost výsledku.

Seznam odborné literatury:

Manuál k programu PhotoModeler

BRADÁČ, A. a kol. Teorie oceňování nemovitostí, VIII přepracované a doplněné vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2009. s. 1-753. ISBN: 978-80-7204-630- 0.

Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů (zákon o oceňování majetku) Vyhláška č. 441/2013 Sb., k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška)

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Daňhel

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 24.10.2014

L.S.

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
Ředitel vysokoškolského ústavu

Abstrakt

Hlavním úkolem diplomové práce je zjistit z pořízené dokumentace rozměry rodinného domu a následně je využít ke zpracování 3D modelu. Dále by také měly být otestovány a stanoveny optimální postupy pořizování fotodokumentace, práce v programu PhotoModeler a následné zpracování v programu Autocad. Výsledný model by měl dále sloužit k vytvoření řezů a odečtení hodnot potřebných k ocenění rodinného domu.

Optimální postup by měl být kompromisem nejjednoduššího a nejpřesnějšího způsobu vytvoření 3D modelu.

Abstract

The main task of this thesis is to find out dimensions of family house from photos and after that use this dimensions to create a 3D model. Another task is to create and then test optimal procedure of taking photographs of house for the purpose of work in PhotoModeler software and subsequent processing in Autocad. The result is a model that serves for creation of sections and taking measurements necessary for valuations of a family house.

The optimum process should be a compromise of the simplest and the most accurate method of creating 3D models.

Klíčová slova

Fotogrammetrie, měření, fotoaparát, PhotoModeler, Autocad, 3D model, referencování

Keywords

Photogrammetry, measurement, camera, PhotoModeler, Autocad, 3D model, reference

Bibliografická citace (vzor, generuje se v IS)

ZDRAŽILOVÁ A., Využití programu PHOTOMODELER v soudně inženýrské praxi.
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2015, 55 s. Vedoucí práce
Ing. Petr Daňhel.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29.5.2015

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu své diplomové práce za vstřícnost a cenné rady při vypracování této práce.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
2	DATA POTŘEBNÁ K OCENĚNÍ RODINNÉHO DOMU.....	4
2.1	Užitná plocha	4
2.2	Zastavěná plocha	4
2.3	Obestavěný prostor.....	4
3	FOTOGRAMMETRIE.....	6
3.1	Historie fotogrammetrie.....	6
3.2	Základní pojmy a vztahy ve fotogrametrii.....	7
3.2.1	<i>Centrální projekce</i>	7
3.2.2	<i>Vnitřní orientace snímku</i>	8
3.2.3	<i>Vnější orientace snímku</i>	8
3.3	Dělení fotogrammetrie.....	9
3.3.1	<i>Podle polohy stanoviška</i>	10
3.3.2	<i>Podle počtu a konfigurace vyhodnocovaných snímků</i>	11
3.3.3	<i>Podle technologického způsobu zpracování snímků</i>	12
3.3.4	<i>Podle typu výstupu</i>	13
4	VSTUPNÍ DATA.....	14
4.1	Kvalita vstupních dat	14
4.1.1	<i>Distorze objektivu</i>	14
4.1.2	<i>Druhy neměřických komor</i>	15
5	PHOTOMODELER	16
5.1	Kalibrace neměřické komory	16
5.2	Postup kalibrace	18
5.3	Zásady pořizování snímků	20
5.4	Modelování exteriéru.....	23
5.4.1	<i>Standardní projekt</i>	23

5.4.2	<i>Výstupy</i>	29
5.4.3	<i>Problematické části standardního projektu</i>	30
5.5	Modelování interiéru	31
5.5.1	<i>Standardní projekt</i>	31
5.5.2	<i>Shape-based Project</i>	31
5.5.3	<i>Automatizovaný projekt</i>	34
5.5.4	<i>Výstupy</i>	34
6	MODELOVANÝ RODINNÝ DŮM.....	36
6.1	Popis rodinného domu	36
7	ZPRACOVÁNÍ MODELŮ - PROGRAM AUTOCAD.....	37
7.1	Rozdělení modelů.....	37
7.1.1	<i>Idealizovaný model</i>	38
7.1.2	<i>Model z programu PhotoModeler</i>	44
8	POROVNÁNÍ MODELŮ.....	46
8.1	Vyhodnocení porovnání obou modelů	47
9	ZÁVĚR.....	49
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	51
11	SEZNAM OBRÁZKŮ	52
12	SEZNAM TABULEK.....	54
13	SEZNAM PŘÍLOH	55

1 ÚVOD

Znalecká činnost se v případě ocenění nemůže obejít bez místního šetření. Při tomto šetření jsou pořizovány fotografie, které slouží pro lepší zdokumentování stavu oceňované stavby. Dále jsou také měřeny vzdálenosti pro určení rozměrů, které jsou potřebné pro výpočet ceny oceňované stavby. S nástupem digitálních technologií je možné pořízené fotografie dále zpracovat.

Díky fotogrametrii můžeme z pořízených fotografií zjistit potřebné rozměry pomocí programu PHOTODELER. Při pořizování fotografií je potřeba dodržet určité zásady, aby byla zajištěna použitelnost fotografií při sestavení modelu a také samotná přesnost modelu. Využitím této technologie tak odpadá měření všech potřebných rozměrů. Musíme ale změřit vzdálenost dvou bodů, aby bylo možné stanovit u modelu měřítko. Tato technologie je často využívána při sestavování modelů u staveb, u kterých by měření bylo příliš komplikované například z důvodu členitější fasády. Modely jsou sestavovány k posouzení sedání budovy a měření deformací. Vzhledem ke komplexnímu použití je také možno využít této technologie k digitalizaci historických památek.

Z programu PHOTODELER je možné vyexportovat data, která se použijí v programu AUTOCAD pro konečnou tvorbu 3D modelu. Výsledný drátový model může být dále upraven a doplněn o textury. Tím vznikne „reálnější“ vzhled modelu, který může být dále zasazen do fotografie, čehož se využívá při vizualizaci navrhovaných staveb.

2 DATA POTŘEBNÁ K OCENĚNÍ RODINNÉHO DOMU

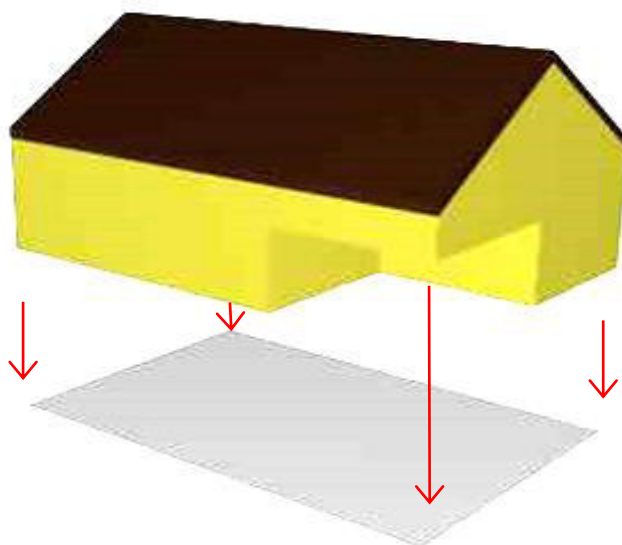
Ke zjištění ceny rodinného domu je potřeba znát jeho rozměry. Podrobná charakteristika a způsob měření je stanoven ve vyhlášce č. 441/2013 Sb., Vyhláška k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška).

2.1 UŽITNÁ PLOCHA

Užitná plocha je plocha místností bez konstrukcí (stěny, sloupy, komíny, atd.), tzn. plocha podlahy mezi stěnami (započteny jsou vestavěné skříně, kuchyňské linky, apod.). Ve 2NP se uvažuje plocha, nad níž má místnost světlou výšku minimálně 1,9 m. [1]

2.2 ZASTAVĚNÁ PLOCHA

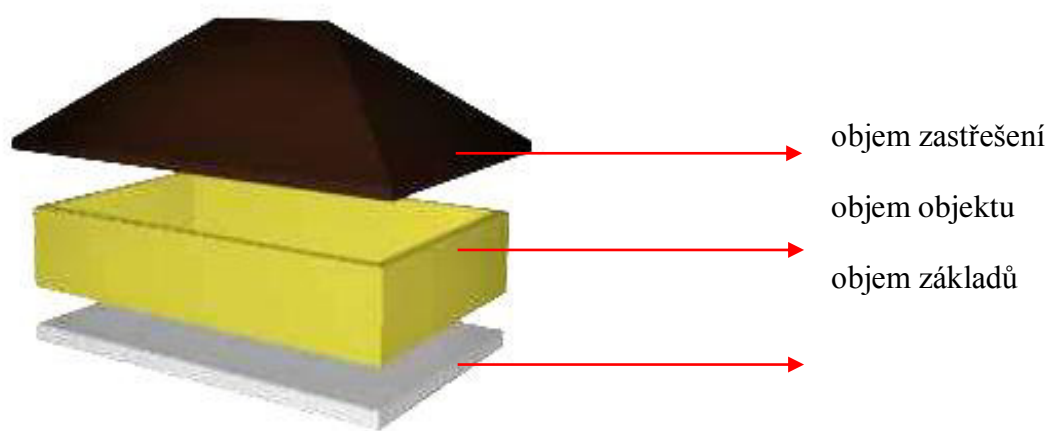
Zastavěná plocha je plocha ohraničená pravoúhlými průřezmi vnějšího líce svislých konstrukcí všech podlaží do vodorovné roviny upraveného terénu. Neuvažují se izolační přizdívky. [1]



Obrázek 1: Zastavěná plocha

2.3 OBESTAVĚNÝ PROSTOR

Obestavěný prostor rodinného domu je součtem obestavěných prostor základů, spodní a vrchní části objektu a zastřešení. Obestavěný prostor základů je dán kubaturou základových konstrukcí. Obestavěný prostor objektu a zastřešení je ohraničen vnějšími plochami obvodových konstrukcí, dole rovinou spodní úrovně podlahové konstrukce a nahoře vnějšími plochami střechy. [1]



Obrázek 2: Obestavěný prostor

3 FOTOGRAMMETRIE

Fotogrammetrie patří mezi vědní obory, které se zabývají získáváním informací o předmětech na základě exaktního měření. Definicí fotogrammetrie existuje více a s průběhem doby se mění v závislosti na využívání výsledků i použitých technologií. Obecnou definicí je:

Fotogrammetrie je věda, způsob a technologie, která se zabývá získáváním dále využitelných měření, map, digitálních modelu terénu a dalších produktů, které lze získat z obrazového, nejčastěji fotografického záznamu. [2]

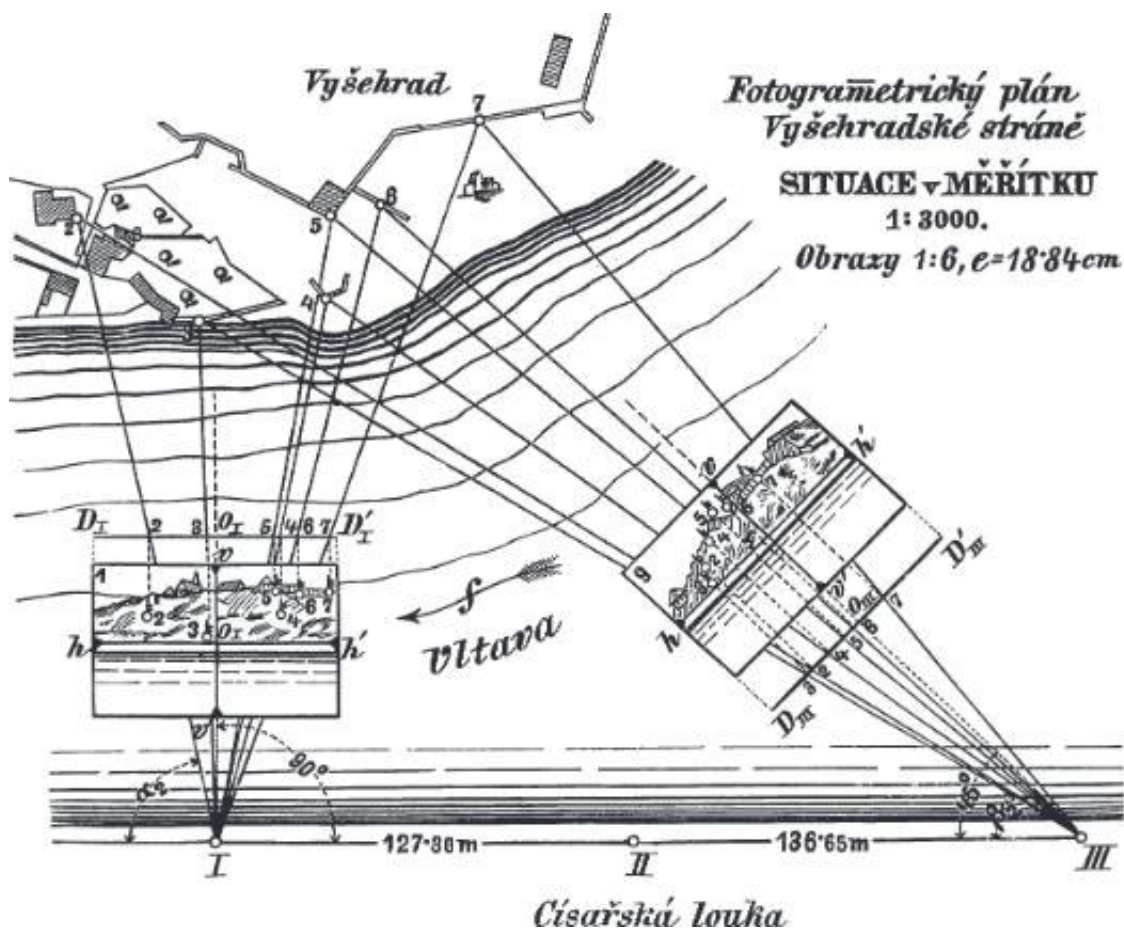
Tradiční fotogrammetrie vychází z fotografického záznamu. Slovo fotografie má svůj původ v řečtině (Fotos - světlo a Graphos - kresba, záznam). Fotografický záznam lze provádět klasicky formou analogové světlocitlivé vrstvy (běžná fotografie) nebo digitálně. Pro získání obrazu lze užít rozličných zařízení s různou výstupní přesností - od běžných amatérských fotoaparátů až po speciální měřičské fotogrammetrické komory. Pořízený obraz neboli snímek, slouží k zachycení okolní reality. Z polohy bodů na měřičských snímcích lze odvodit tvar, velikost a umístění předmětu měření v prostoru, určitou vzájemnou prostorovou polohu jednotlivých bodů, vyhodnotit polohopis a výškopis apod. [2]

3.1 HISTORIE FOTOGRAMMETRIE

Počátky fotogrammetrie sahají daleko před vynález fotografie. Prvním, kdo uvedl centrální promítání, které je základní zobrazovací metodou ve fotogrammetrii, byl Leonard Da Vinci. Ten popsal a sestrojil dírkovou komoru, která umožňovala překreslování pozorovaného předmětu pomocí centrální projekce. Tuto komoru opatřil spojnou čočkou Jan Kepler a byla nazvána camera clara. Vynález fotografie, který prezentovali Niepce a Dauguerre, dále zdokonalil H. F. Talbot, který jako první zavedl do technologie zpracování z jednoho negativu. Do té doby byla každá fotografie neopakovatelným originálem. Dva roky po vynálezu fotografie zkonstruoval slovenský vědec prof. J. M. Petzval první moderní objektiv a zavedl do geometrické optiky exaktní výpočetní metody, čímž významně přispěl, mimo jiné, i k rozvoji fotogrammetrie. [3]

Za zakladatele fotogrammetrie se pokládá Francouz Laussedat, který krátce po vynálezu fotografie začal fotografické snímky využívat pro měřičské účely. U nás první fotografické měření provedl český vědec Dr. K. Kořistka. Ze dvou stanovisek, na Hradčanech a Petříně, zhotovil fotografické snímky a průřezovou metodou určil polohu věží a jiných významných

bodů na území Prahy. V letech 1893-1897 bylo touto metodou uskutečněno mapování Vysokých Tater v měřítku 1:25 000. [3]

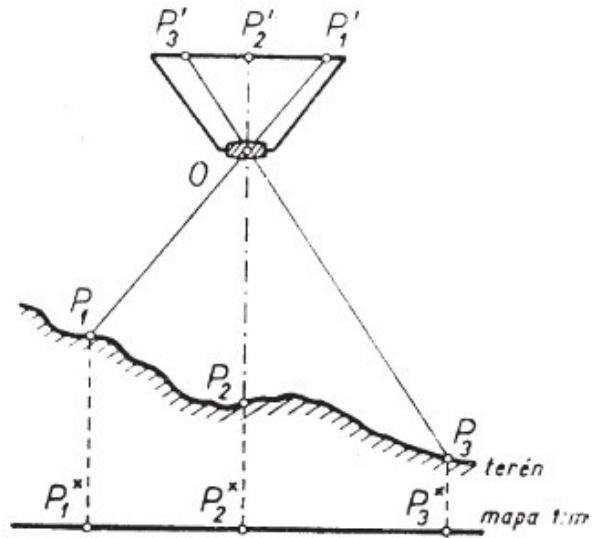


Obrázek 3: Fotogrammetrický plán Vyšehradské pláně [3]

3.2 ZÁKLADNÍ POJMY A VZTAHY VE FOTOGRAMMETRII

3.2.1 Centrální projekce

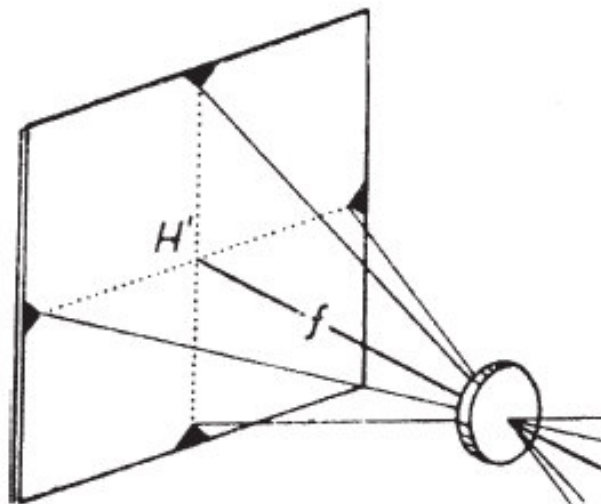
Fotografický snímek předmětu je jeho centrální projekcí, přičemž střed promítání je střed objektivu a obrazovou rovinou je citlivá vrstva filmu/desky. Všechny paprsky od předmětových bodů P_1, P_2, \dots prochází fotografickým objektivem a pokračují přímočaře dále a tvoří na fotografické vrstvě perspektivní obraz P'_1, P'_2, \dots . Souhrn těchto paprsků označujeme jako fotogrammetrický svazek paprsků. Abychom mohli převést centrální projekci na paralelní rovinu mapy, musíme znát tvar a polohu fotogrammetrického svazku paprsků. [3]



Obrázek 4: Projekce mapy a snímku [3]

3.2.2 Vnitřní orientace snímků

Tvar fotogrammetrického svazku paprsků definuje vnitřní orientace snímku, kterou se vyjadřuje vztah projekčního centra (střed objektivu fotokomory) k obrazové rovině. Prvky vnitřní orientace jsou obrazová vzdálenost, tj. délka kolmice spuštěné z projekčního centra na obrazovou rovinu a poloha paty této kolmice na obrazové rovině, tj. hlavní bod H' . [3]



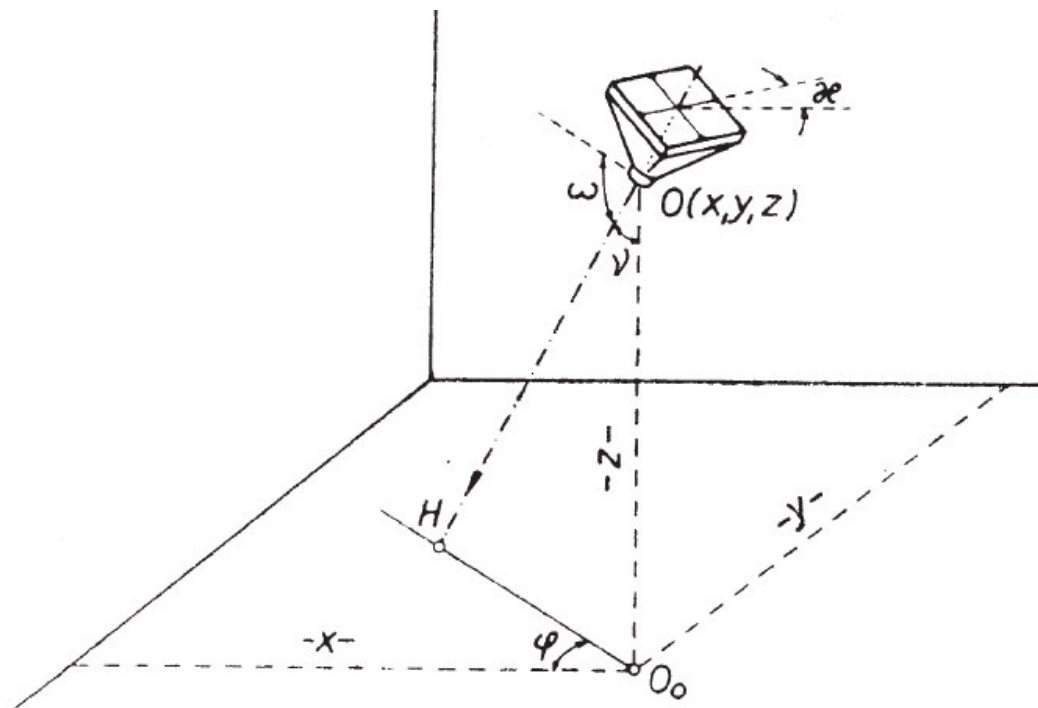
Obrázek 5: Vnitřní orientace snímku [3]

3.2.3 Vnější orientace snímku

Polohu fotogrammetrického svazku paprsků v prostoru určuje šest prvků vnější orientace. [3]

Jsou to:

- tři prostorové souřadnice x , y a z stanoviště, tj. středu promítání,
- směr osy záběru, resp. stočení, tj. vodorovný úhel, který svírá průmět osy záběru s určitým stanoveným směrem,
- sklon osy záběru, měřený ve svislé rovině od horizontály, nebo jeho doplněk, měřený od vertikály
- pootočení, tj. úhel, který vyjadřuje otáčení snímky ve vlastní rovině kolem osy záběru. [3]



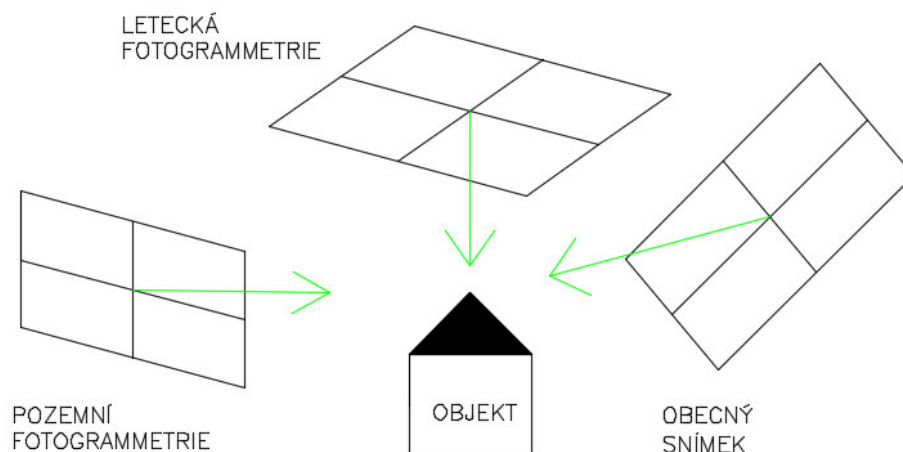
Obrázek 6: Prvky vnější orientace snímku [3]

3.3 DĚLENÍ FOTOGRAMMETRIE

Fotogrametrii dělíme podle:

1. polohy stanoviška
2. počtu a konfigurace vyhodnocovaných snímků
3. technologického způsobu zpracování
4. typu výstupu [2]

3.3.1 Podle polohy stanoviska



Obrázek 7: Dělení fotogrammetrie podle polohy stanoviska

Podle polohy stanoviska, ze kterého byl snímek pořízen, dělíme fotogrammetrii na:

Pozemní (terestická, blízká) fotogrammetrie

V této metodě jsou využívána stanoviska, která jsou zpravidla nepohyblivá, umístěná na Zemi. Při fotografování máme čas i technické možnosti přesně geodeticky určit souřadnice stanoviska i prostorovou orientaci snímku. Nevýhodou ovšem je, že jednotlivé předměty mohou být vzájemně zakrývány a snímek obsahuje často značnou část nevyhodnotitelných oblastí a dále má další podstatnou vadu, kterou je ubývání přesnosti měření v závislosti na zvyšující se vzdálenosti od objektu. Dosah pozemní fotogrammetrie závisí na zvolené kameře a je asi 500 m. [2]

Blízká fotogrammetrie je část fotogrammetrie zabývající se speciálními aplikacemi ve stavebnictví (dokumentace fasád, měření deformací stavebních konstrukcí), strojírenství (měření částí dopravních prostředků), v památkové péči (dokumentace památek a podklady pro opravy), v archeologii při mapování nálezů, v medicíně (porovnání před a pooperačních stavů), kriminalistice pro dokumentaci místa události závažných trestných činů apod. Snímkovaný objekt se obvykle nachází ve vzdálenosti 1-100 m. [4]

Letecká fotogrammetrie

Stanovisko je v této metodě umístěno v letadle anebo v jiném pohybuujícím se dopravním prostředku. Na snímku se zobrazí značně větší plocha než v pozemní fotogrammetrii. Nevýhodou je, že nelze zpravidla dostatečně přesně určit prostorovou polohu snímku v okamžiku jeho pořízení. Tím se stává způsob zpracování složitějším než při pozemní

fotogrammetrii. Vzhledem k tomu, že se pořizují především přibližně kolmé snímky, je vzdálenost od místa fotografování k objektům přibližně stejná a tudíž je i přibližně stejná přesnost vyhodnocení. Největší pokrok v této oblasti způsobilo zavedení zařízení GPS/INS, která umožňují určovat prvky vnější orientace jednotlivých snímků přímo při letu. [2]

Družicová fotogrammetrie

V dřívějších dobách byla tato metoda využívána ke špionážním účelům armád. Později ale našla uplatnění ve tvorbě fotomap. Dnes je družicová fotogrammetrie speciální, ale jinak již běžná technologie a rozlišení dnešních komerčních družic je lepší než 1 m. [2]

3.3.2 Podle počtu a konfigurace vyhodnocovaných snímků

Jednosnímková fotogrammetrie

Při této technologii se využívá pouze samostatných měřických snímků. Vzhledem k tomu, že vstupními informacemi jsou pouze souřadnice roviny, výstupní informacemi jsou také pouze souřadnice roviny. Předmět měření by měl být rovinný nebo blízký rovině. Pozemní fotogrammetrie využívá jednosnímkových metod při tvorbě fotoplánů rovinných objektů, např. nepřímých členitých fasád domů. [2]

Vícesnímková fotogrammetrie

Vícesnímková fotogrammetrie slouží pro 3D zpracování a vyžaduje nejméně dva vzájemně se překrývající snímky. Z jediného snímku lze určit pouze souřadnice roviny a pro přechod do 3D je tedy potřeba alespoň jeden další snímek. Předmět měření musí být současně zobrazen na obou snímcích a ze snímkových souřadnic téhož objektu na obou snímcích je možno vypočítat jeho prostorovou polohu. [2]

Pokud k vyhodnocení využíváme stereoskopického vjemu, hovoříme o stereofotogrammetrii. Pokud osy záběrů jsou navzájem konvergentní, hovoříme o vícesnímkovém prostorovém protínání. Technologicky se jedná o průsekovou fotogrammetrii. [2]

3.3.2.1.1 Průseková fotogrammetrie

Průseková fotogrammetrie byla v mnoha ohledech nepraktická. Uplatněním jednoduchého principu stereoskopie ze začátku 20. století byly mnohé z problémů průsekové metody rázem odstraněny. Průkopníkem stereofotogrammetrie byl Dr. C. Pulfrich, který v roce

19010 zkonstruoval první přístroj na stereoskopické měření snímkových souřadnic - stereokomparátor. Tento přístroj položil základy složitějším přístrojům pro analogové (opticko-mechanické vyhodnocování. [3]

3.3.3 Podle technologického způsobu zpracování snímků

Metody analogové

Při této technologii se mechanicky, opticky nebo kombinací obou možností vytváří analogický stav jako při vlastním snímání. Pro analogové zpracování je třeba využít přesných vyhodnocovacích strojů. Tyto stroje v dnešní době dosluhují a jsou těžší viditelné mimo laboratoř. Pro archivní snímky a nepříliš velké objemy dat je tato technologie v řadě případů rychlejší a levnější než technologie digitální.[2]

Metody analytické

Zde je nutno rozlišit dva přístupy: analytické vyhodnocení obsahu snímku a analytické vyhodnocení stroje.[2]

Analytické vyhodnocení obsahu snímku využívá pro převod do geodetického systému prostorovou transformaci, která se řeší na počítači. Snímkové souřadnice se měří na poměrně jednoduchých, ale přesných strojích typu komparátor, transformace se provádí v dnešní době na výkonném počítači. Takto lze zpracovat snímky, které byly pořízeny různými kamerami a jsou libovolně stočené.[2]

Analytické vyhodnocení stroje využívají konstrukce stereokomparátoru ve spojení s počítačem. Práce probíhá na originálních snímcích a po nutných orientacích snímků jsou vypočteny transformační klíče. Vyhodnocovatel ovládá modelové souřadnice, z nichž se počítají snímkové souřadnice, na které se stroj za podmínky stereovidění automaticky nastaví. Zároveň se vypočtou i geodetické souřadnice snímaných bodů.[2]

Metody digitální

Tyto metody využívají digitální obraz. Pro převod snímkových souřadnic do geodetického systému se také užívá prostorová transformace, která se řeší na počítači. Snímkové souřadnice se měří přímo na obrazovce. Pro stereometody je nutné doplnit počítač o hardwarové doplňky umožňující stereovidění.[2]

3.3.4 Podle typu výstupu

Grafické

Při grafických metodách je výsledek vyhodnocení přímo graficky vyznačován na kreslicím stole, připojeném k vyhodnocovacímu stroji. Grafické metody vyhodnocení jsou relativně rychle pro zkušeného vyhodnocovatele, při mapování vzniká přímo kartografický originál polohopisné případně i výškopisné složky mapy. Takovýto výstup je ale v dnešní době značně zastaralý, protože výsledek nelze dále zpracovávat výpočetní technikou a nelze ho kvalitně reprodukovat či upravovat. Další nevýhodou je, že výsledek má pouze grafickou přesnost (cca $\pm 0,2$ mm v měřítku vyhotovovaného originálu). [2]

Číselné (numerické)

V tomto způsobu vyhodnocení se automaticky registrují souřadnice jednotlivých vyhodnocovaných bodů do paměti počítače nebo na jiné datové médium a zpracovávají se buď přímo, nebo v jiném zpracovatelském systému do výsledné podoby. Výsledky jsou v podobě vektorové (linie, body, polygony, plochy, atributy) nebo v podobě rastrové. Výhodou je jejich přenositelnost, ukládání, editace, atd. [2]

4 VSTUPNÍ DATA

4.1 KVALITA VSTUPNÍCH DAT

Výsledná přesnost modelu závisí na velikosti modelovaného objektu a kvalitě pořízených fotografií.

V případě využití této technologie v soudně-inženýrské praxi je třeba zohlednit, jakých výsledků a s jakou přesností chceme dosáhnout. S tím jsou také spojeny náklady, které vzniknou při pořízení nebo zapůjčení neměřických komor. S využitím speciálních přístrojů určených pro měření a digitalizaci dat se v tomto případě nepočítá, protože tím by se tato technologie stala pro oceňování značně drahou a nevyužitelnou.

4.1.1 Distorze objektivu

Distorze objektivu je vada, která působí na geometrii a tím má rozhodující vliv na přesnost měření. Rozlišujeme dva typy distorzí:

- radiální
- tangenciální. [2]

Distorze (zkreslení) objektivu je způsobeno souhrnem geometrických nepřesností při výrobě objektivu. Současní objektivy jsou nesymetrické, skládají se z 8-30 prvků, které nelze urovnat naprosto přesně do ideální optické osy. Z tohoto důvodu není úhel vstupujícího paprsku naprosto stejný jako u vystupujícího paprsku a poloha zobrazovaného bodu se mírně liší od správné polohy. Pro přesné práce a u objektivů s velkými hodnotami distorze je třeba tyto vady odstranit. Určení distorzí provádí buď přímo výrobce (zpravidla měřením v osmi radiálních směrech), nebo ji lze zjistit analytickými metodami (využitím přesně určeného bodového pole). Moderní fotogrammetrický software obvykle umožňuje zavádět opravy minimalizující vliv distorze objektivu, případně může průběh distorze z nadbytečného počtu měření na snímcích vypočítat. To dává možnost využít zejména pro blízkou fotogrammetrii i neměřické komory, kde distorze objektivu velmi výrazně ovlivňuje výsledky měření. [2]

Radiální distorze je posun bodu o radiální vzdálenost r' na snímku o hodnotu $\Delta r'$. U moderních fotogrammetrických měřických objektivů dosahuje hodnot 5-10 μm . [2]

Tangenciální distorze je zkreslení, které je vyvoláno nepřesnou centrací jednotlivých čoček. Toto zkreslení nelze jednoduše kompenzovat a běžně se neuvažuje. [2]

4.1.2 Druhy neměřických komor

Neměřické komory se užívají hlavně v blízké, nebo velmi blízké fotogrammetrii, kde přesnost určení geodetických souřadnic je ještě dostatečná. Tyto komory je optimální používat ke snímkování do přibližně 15 m, i když tato vzdálenost není limitující. Pokud není provedena kalibrace komory a není možnost určit průběh (hodnoty) radiální distorze a její začlenění do výpočtu, je nutno si uvědomit, že u okraje snímku mohou hodnoty radiální distorze dosáhnout 200 μm . Tento fakt umožňuje využít jen oblast přibližně 60% kolem středu snímku. [5]

Mobilní telefony

Výhodou využití mobilního telefonu s fotoaparátem je, že investice je prakticky nulová, protože většina lidí v dnešní době mobilní telefon vlastní a má ho vždy u sebe. Nevýhodou je však kvalita pořízených fotografií a nemožnost změny ohniskových vlastností. [6]

Kompaktní fotoaparáty

Kompaktní fotoaparáty jsou stejně jako mobilní telefony cenově dostupné. Oproti mobilním zařízením mají objektivy proměnnou ohniskovou vzdálenost, což může být nevýhodou, pokud se změní v průběhu pořizování dat. [6]

Kompaktní fotoaparáty s výměnnými objektivy

U těchto zařízení je možné vyměnit objektiv a tak můžeme pořídit kvalitnější fotografie než v případě použití kompaktního fotoaparátu. Nevýhodou je poměrně vysoká pořizovací cena a možnost zaprášení čipu a zadní strany objektivu. [6]

Digitální zrcadlovky s APS-C čipem

Tyto digitální zrcadlovky lze pořídit za přijatelnou cenu v poměru k vysokému výkonu. Při použití objektivu s pevnou ohniskovou vzdáleností, je možné fotoaparát přesně nakalibrovat a nedojde tak k problému se změnou ohniskové vzdálenosti. U těchto zařízení může také dojít k nežádoucímu zaprášení čipu a zadní strany objektivu. [6]

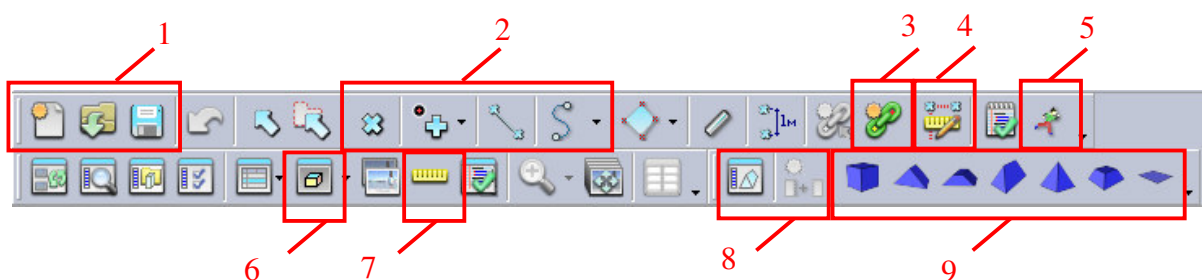
Profesionální digitální zrcadlovky

Fotografie pořízené tímto druhem neměřické komory mají vysokou kvalitu. Výhodou je možnost použití objektivu s pevnou ohniskovou vzdáleností, který se snadno kalibruje a nemůže dojít k problému změny ohniskové vzdálenosti. Nevýhodou je vysoká cena, velké rozměry fotoaparátu a objektivů a možnost zaprášení čipu a zadní strany objektivu. [6]

5 PHOTOMODELER

PhotoModeler je fotogrammetrický systém určený k bezdotykovému 2D a 3D měření. Je založen na principech metody průsekové fotogrammetrie. Kombinuje snímky a umístění bodů ve třírozměrném prostoru. Výsledkem je 3D model, který může být exportován do jiných grafických programů. V tomto případě bude využit program Autocad. [7]

Nejprve je nutné se seznámit se základními funkcemi programu PhotoModeler. Na obrázku 8 je hlavní panel programu.



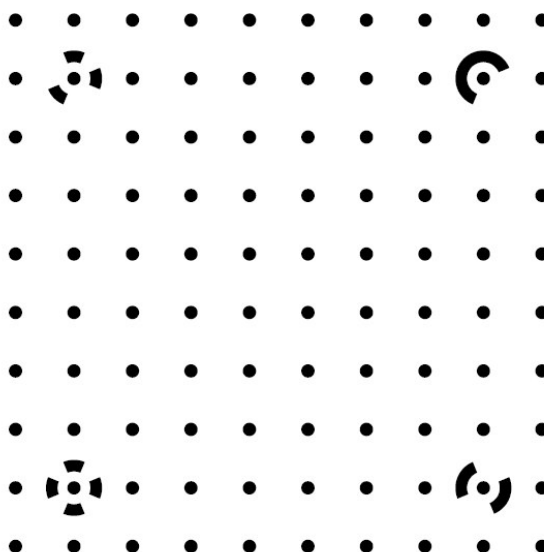
Obrázek 8: Hlavní panel Programu PhotoModeler

Pomocí ikon v oblasti 1 můžeme vytvořit nový projekt, otevřít projekt nebo projekt uložit. Oblast 2 budeme využívat při označování bodů, čar a křivek na fotkách. Ikonou *Reference Mode* v oblasti 3 spustíme referencování bodů na fotografiích. Ikonou *Scale/Rotate Wizard* v oblasti 4 slouží k určení měřítka a rotace modelu. V oblasti 5 se nachází ikona *Process*, kterou spustíme proces zpracování modelu. Pomocí ikony *Open 3D View* v oblasti 6 zobrazíme 3D model. Ikonou *Measurements* v oblasti 7 spustíme měření čar nakreslených pomocí *Mark Lines Mode*. Ikony v oblasti 8 se využívají v *Shape-based Project*, což je projekt, ve kterém modelujeme pomocí tvarů, které se nachází v oblasti 9.

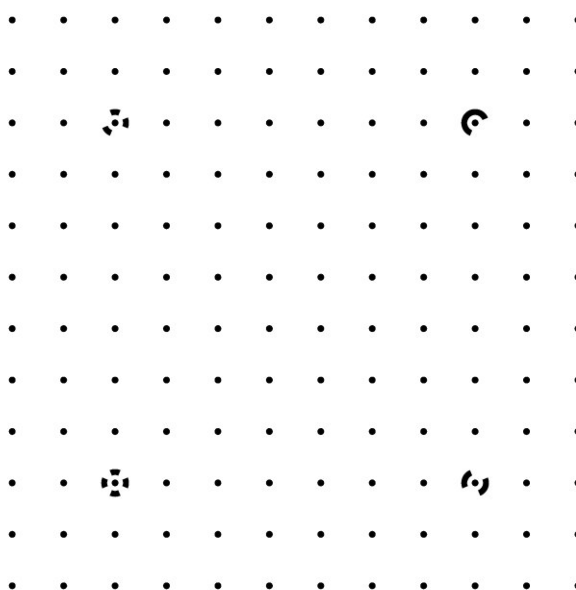
5.1 KALIBRACE NEMĚŘICKÉ KOMORY

Při použití neměřické komory je třeba ji nejprve nakalibrovat. Kalibrace probíhá v programu PhotoModeler. Důvodem kalibrace je problém s distorzí objektivu.

Před začátkem kalibrace musíme nejprve pořídit 12 snímků testovacího kalibračního pole. Toto pole najdeme ve formátu *pdf* ve složce programu PhotoModeler.



Obrázek 9: Kalibrační pole 1

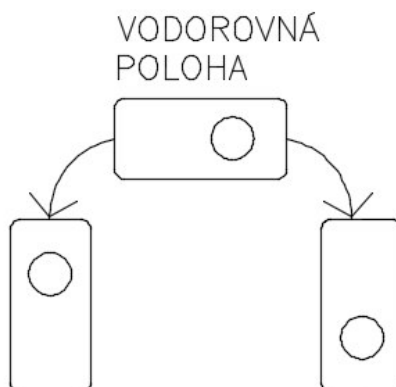


Obrázek 10: Kalibrační pole 2

Kalibrační pole 1 na Obrázku 9 je používáno na menší projekty, nebo pokud chceme, aby byla kalibrace rychlá. Pro takovouto kalibraci stačí toto pole vytisknout na papír formátu A4. Kalibrační pole 2 na Obrázku 10 má více bodů, které jsou menší, a proto je používáno při kalibraci kamer s větším rozlišením. Toto kalibrační pole je vhodné vytisknout na plotru, protože jeho rozměry jsou 90x90 cm.

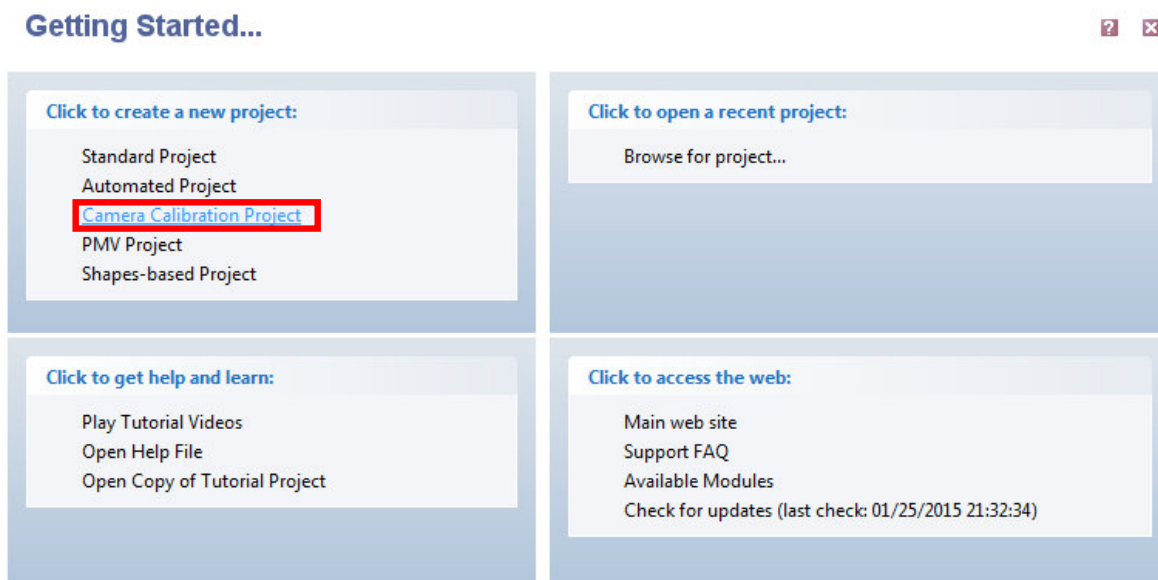
5.2 POSTUP KALIBRACE

Nejprve je třeba pořídit 12 snímků kalibračního pole. V první sérii snímků vyfotíme kalibrační pole z každé strany, poloha fotoaparátu bude vodorovná. Získáme tak 4 snímky. V další sérii otočíme fotoaparát o 90° a vyfotíme opět kalibrační pole z každé jeho strany. Ve třetí sérii budeme opět fotografovat kalibrační pole jednou z každé strany. Fotoaparát ale pootočíme o 180° oproti předchozí poloze.



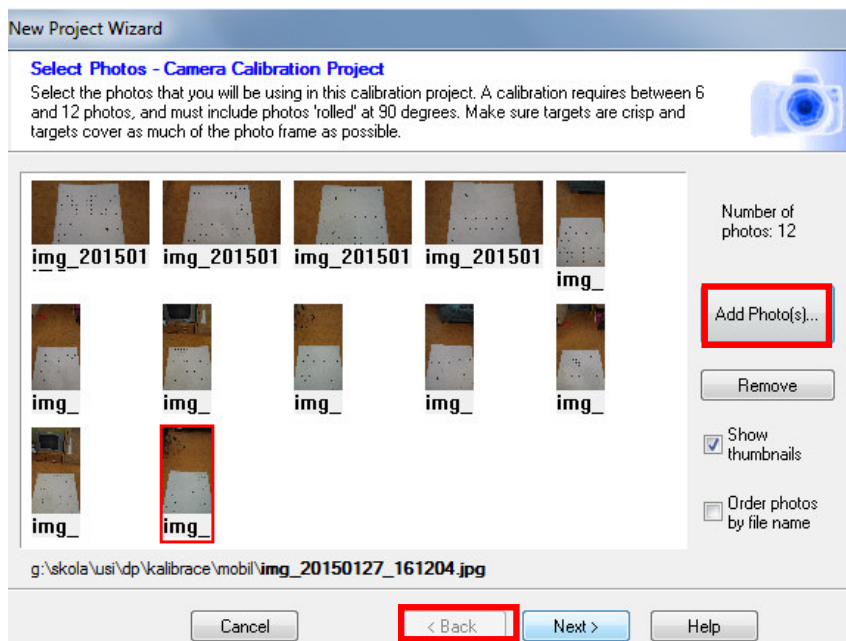
Obrázek 11: Natočení fotoaparátu při kalibraci

V další kroku v úvodní menu programu PhotoModeler vybereme možnost *Camera Calibration Project*.



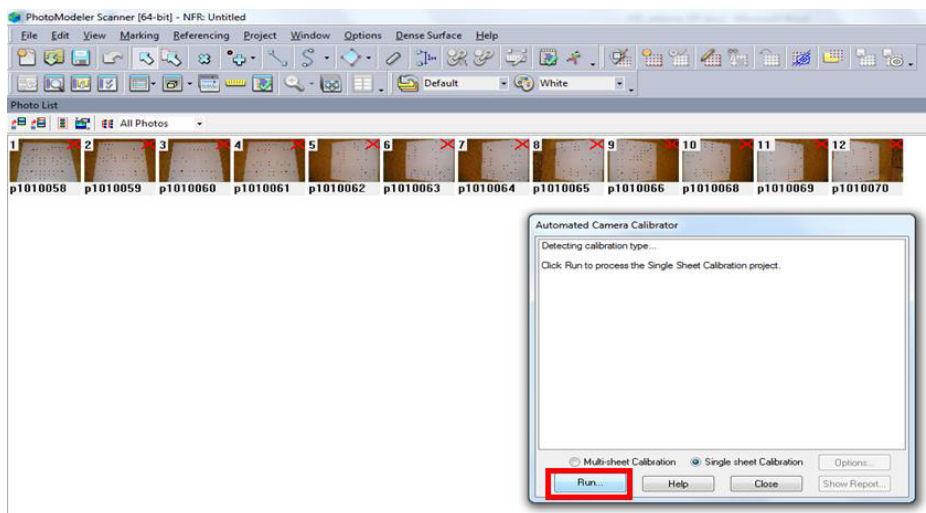
Obrázek 12: Úvodní menu programu PhotoModeler

Nyní bude potřeba nahrát 12 snímků kalibračního pole. V otevřeném okně zvolíme *Add Photo(s)* a najdeme cestu k souborům a po vložení všech potřebných fotografií zvolíme *Next*.



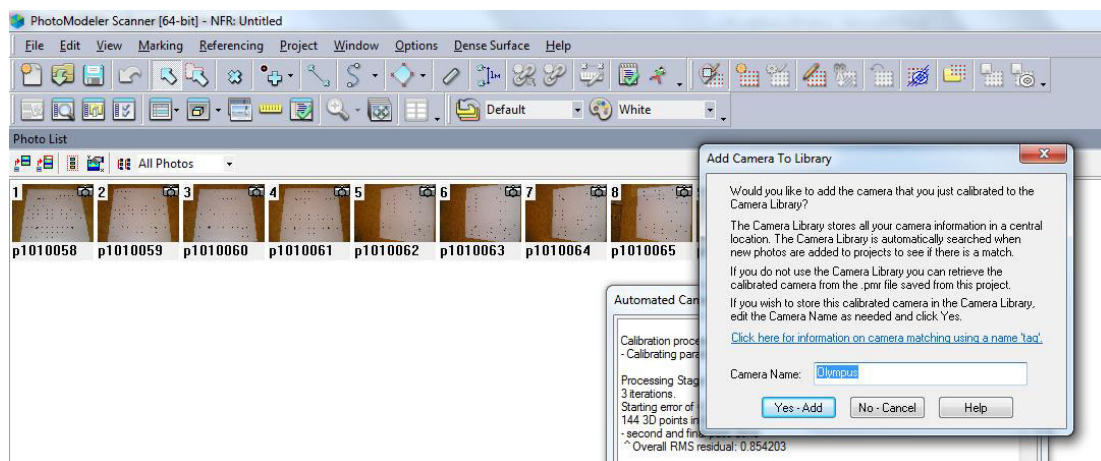
Obrázek 13: Přidání fotografií do projektu

Po nahrání fotografií vznikne nový projekt, ve kterém budou všechny fotografie označeny červeným křížkem v pravém horním rohu. Nabídka v dolní části okna umožňuje vybrat, jaký druh kalibrace jsme zvolili. *Multi-sheet Calibration* je kalibrace, která využívá více kalibračních polí vytisknutých na papírech formátu A4. V našem případě jsme použili kalibraci pomocí jednoho pole, proto tedy vybereme variantu *Single sheet Calibration*. Po stisknutí tlačítka „Run“ dojde ke zpracování fotografií. Délka kalibrace závisí na počtu fotografií vložených do projektu.



Obrázek 14: Spuštění kalibrace

Pokud vše proběhne v pořádku, červený křížek na fotografiích bude nahrazen ikonou fotoaparátu. Poté se program dotáže, zda chceme nakalibrovanou kameru uložit do knihovny a jak ji chceme pojmenovat. Takto nakalibrovanou kameru bude možno použít v příštích projektech a nebude nutné jí příště znovu kalibrovat. Výhodné je si takto připravit všechny kamery, které budeme ke snímkování využívat.



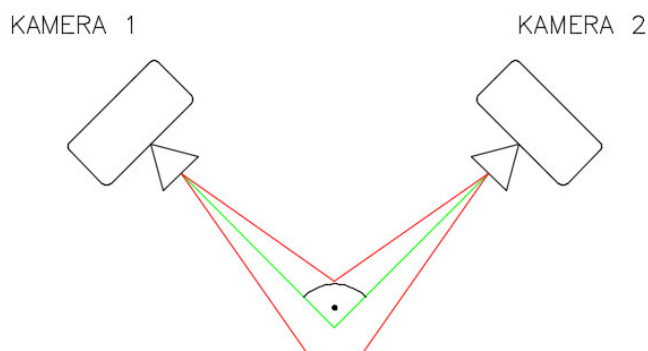
Obrázek 15: Uložení nakalibrované kamery

5.3 ZÁSADY POŘIZOVÁNÍ SNÍMKŮ

Kvalita snímků má vliv na přesnost výsledného prostorového modelu. S tím souvisí pozice stanoviště fotografování.[7]

Podmínky, které by měly být dodrženy při pořizování snímků:

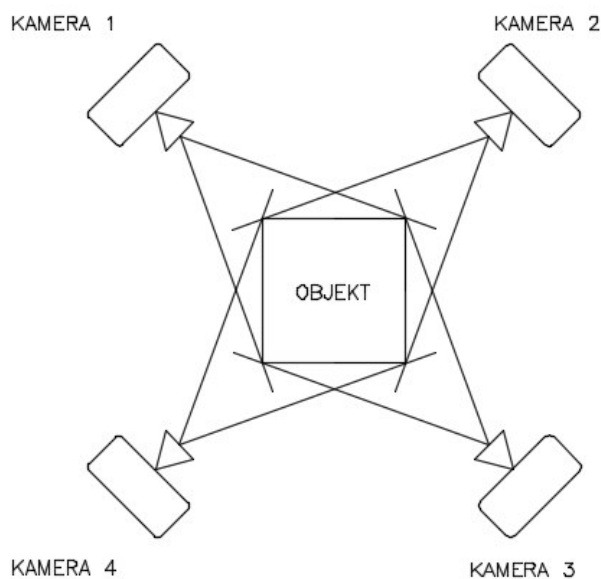
1. Osy záběru by měly svírat pravý úhel. [7]



Obrázek 16: Pozice komor při snímkování

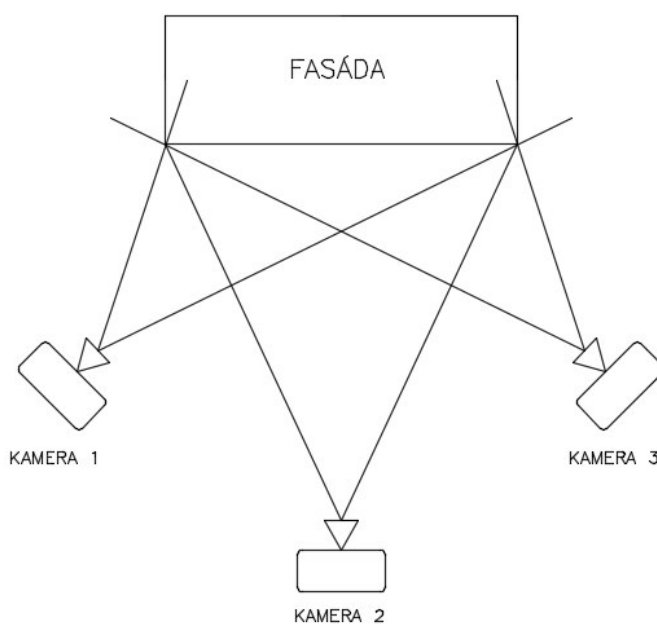
2. Všechny důležité body by měly být zobrazeny nejméně na třech snímcích. Pro lepší kvalitu výsledného modelu by body objektu měly být zobrazeny na více snímcích. Pro

snímkování objektu byly zvoleny 4 stanoviště fotografování. Každý bod bude zobrazen na dvou snímcích, tj. nejmenší možný počet snímků. [7]



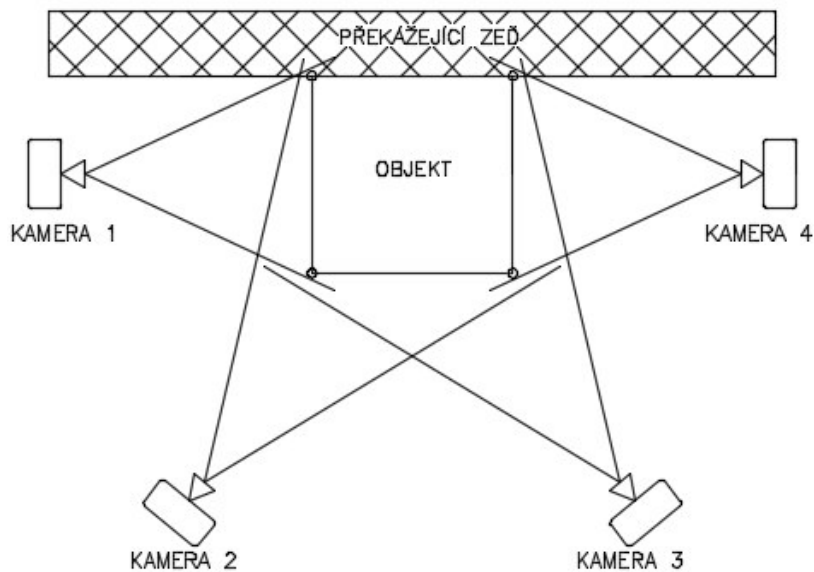
Obrázek 17: Pozice komor při snímkování reálného objektu

Pro zaměření fasád se používají nejméně tři stanoviště fotografování. [7]



Obrázek 18: Pozice komor při zaměření fasády

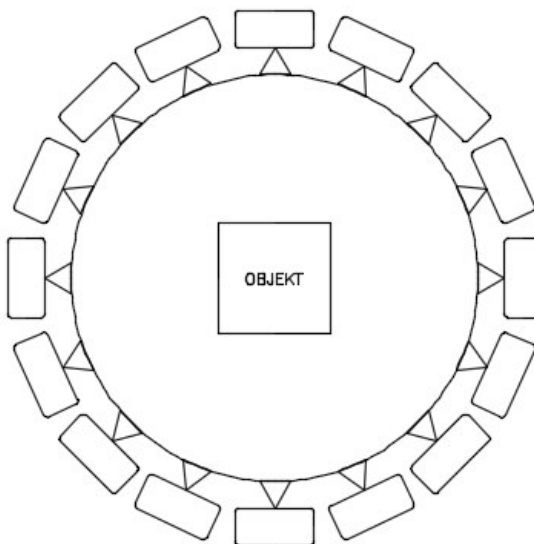
3. Snímky by měly být pořízeny s maximálním překrytem. Tím bude zajištěna viditelnost stejných bodů na větším počtu snímků. [7]



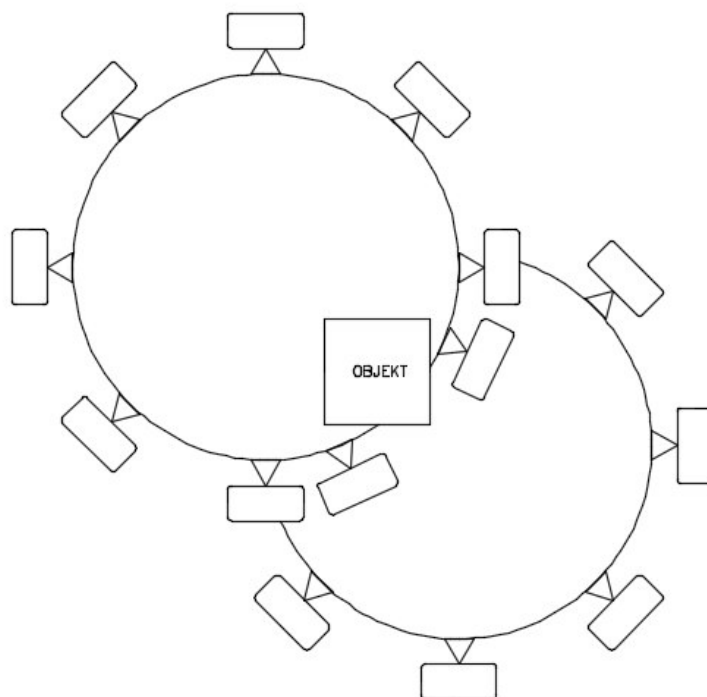
Obrázek 19: Překryt snímků

4. Je dobré pořídit maximální počet snímků objektu. Pro vytvoření 3D modelu můžeme využít jen ty, které budou vhodné. Během zpracování je možné snímky libovolně do projektu přidávat. [7]

5. Pokud je to možné, pořídíme také snímky nad, pod a kolem objektu. [7]



Obrázek 20: Pozice kamer kolem objektu



Obrázek 21: Pozice kamer kolem objektu

6. Během snímkování je třeba změřit vzdálenost mezi dvěma body na objektu. Nejprve je vytvořen prostorový model v obecné poloze. Změřenou vzdálenost mezi dvěma body využijeme pro určení měřítka výsledného 3D modelu. Měřené body musí být dobře viditelné a identifikovatelné na snímcích.[7]

5.4 MODELOVÁNÍ EXTERIÉRU

5.4.1 Standardní projekt

Před tvorbou projektu je nutné si nejprve uvědomit, jaký druh projektu budeme využívat. *Standard Project* je vhodný k tvorbě exteriérů. V případě *Shape-based Project* se jedná o projekt, kde používáme tvary, ze kterých skládáme modelovaný objekt. Program PhotoModeler nabízí tyto tvary: krychle, klín, komolý klín, čtyřboký jehlan, komolý čtyřboký jehlan, obdélník a tvar klasické sedlové střechy.

Ke tvorbě exteriéru budeme využívat *Standard Project*. Po zvolení tohoto druhu projektu vybereme pomocí tlačítka *Add Photos* fotky, které budeme využívat ke tvorbě modelu, a poté klikneme na *Next*. Nyní se nás program upozorní, že nahrané fotografie jsou automaticky přiřazeny k nakalibrované kameře. Program sám rozezná, o kterou z kamer se jedná. Z nahraných fotografií se nám vytvoří tzv. *Photo Set*. V průběhu práce s projektem je možné fotografie přidávat nebo odebírat.

Označování

Pro správné zpracování modelu je nutné, aby na každé fotografii bylo vyznačeno minimálně 6 bodů a tyto body se zároveň nacházely na více než jedné fotografii. Dále je nutné, aby byly fotografie mezi sebou vzájemně orientované.

K označování slouží hned několik nástrojů. Nejčastěji používaným nástrojem je *Mark Points Mode*, kterým se označují body nebo *Mark Lines Mode* sloužící k označování úseček. Dalšími nástroji je možné označovat křivky (*Mark Curves Mode*), válce (*Mark Cylindres Mode*) nebo hrany tvarů (*Mark Shapes Mode*). Každý bod, který na fotografiích vyznačíme, má své vlastní číslo (*ID*). V případě, že bod smažeme, toto číslo už se znovu v projektu neobjeví.



Obrázek 22: Označování bodů a čar v Mark Lines Mode

Samotné označování bodů na fotografii je velice jednoduché. Po vybrání vhodného druhu nástroje označujeme postupně na fotografiích body, ze kterých bude následně tvořen model. Tyto body je vhodné označovat co nejpřesněji. Pokud je bod špatně viditelný, můžeme pomocí kolečka myši fotku přiblížit a označit tak bod přesněji. Důležité také je, aby body, které označujeme, neležely na okrajích fotky, kde už není přesně nakalibrovaná oblast.

Referencování

Když máme na fotografiích vyznačený dostatečný počet bodů, přejdeme k referencování, tedy propojení bodů na různých fotografiích. Na začátku referencování mají všechny body šedou barvu. To znamená, že nemají přiřazený bod na jiné fotografii.

Nejvhodnějším postupem je začít první fotografií. Po stisknutí písmene R na klávesnici nebo kliknutím na ikonu Reference Mode, spustíme referenční mód. Označením bodu na fotografii se tato fotografie stane referenční fotografií, ke které budeme přiřazovat body na ostatních fotografiích. Barva referencovaných bodů se změní z šedé na bílou.



Obrázek 23: Referencování bodů



Obrázek 24: Tabulka referenčního módu

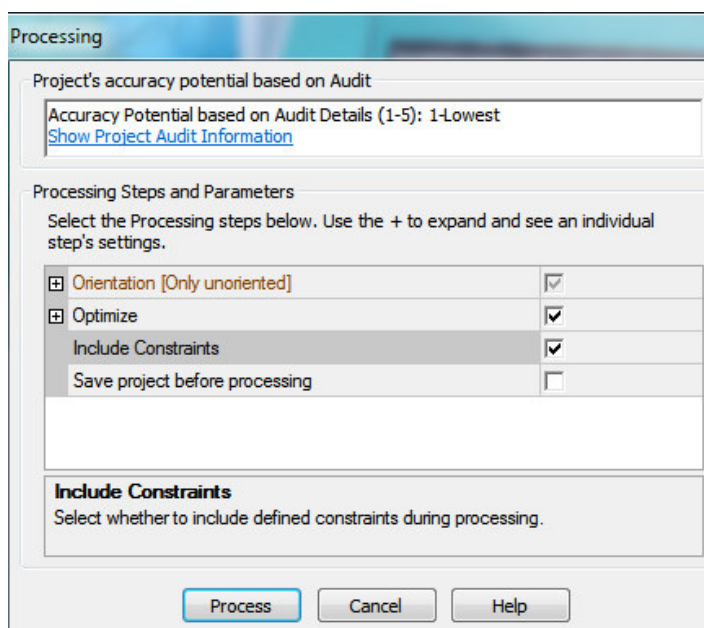
Pokud se námi zvolený bod na nabízené fotografii nenachází, vyvoláme kliknutím pravým tlačítkem nabídku, kde zvolíme *Skip Object*. Tímto dojde k přeskočení fotky na další, která se nachází v setu.

Po referencování 6 bodů nacházejících se na jedné fotografii nás program upozorní, že tato fotka může být nyní orientovaná. Cílem referencování je, aby všechny fotografie nacházející se v projektu byly orientované.

Pokud jsou některé fotografie už orientované a označujeme na nich body, na fotkách se poté objevují pomocné referenční čáry a v referenčním okně hodnota zbytkové chyby, která by neměla být více jak 5.

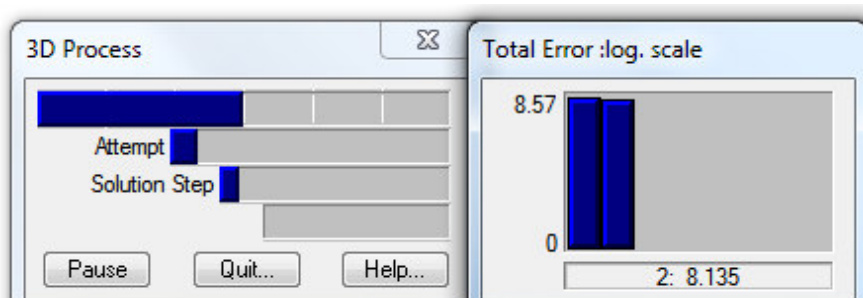
Zpracování projektu

Program PhotoModeler nás v případě vhodné reference bodů a jejich dostatečného množství sám upozorní na to, že je vhodné spustit zpracování modelu. To učiníme kliknutím na tlačítko *Process* nebo stisknutím klávesy F5. Otevře se nám okno (obrázek 25), kde nastavujeme, které fotografie se budou v procesu vypočítávat.



Obrázek 25: Nastavení výpočtu projektu

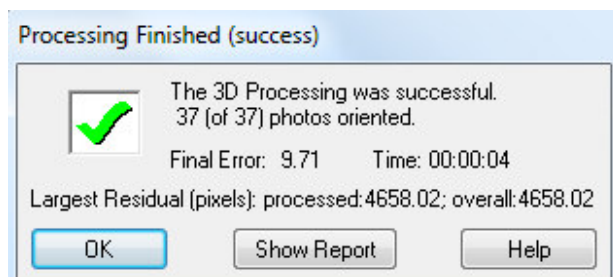
Zde můžeme zvolit variantu všechny fotky (*All Photos*) nebo pouze neorientované (*Only unoriented*). Dále můžeme nastavit optimalizaci kamery a bodů. V posledním řádku je možné nastavit, zda chceme projekt před procesem výpočtu uložit. Pokud jsme hotovi s nastavením procesu výpočtu, klikneme na tlačítko *Process*. Objeví se dvě okna, která jsou zobrazeny na obrázku 26.



Obrázek 26: Výpočet projektu

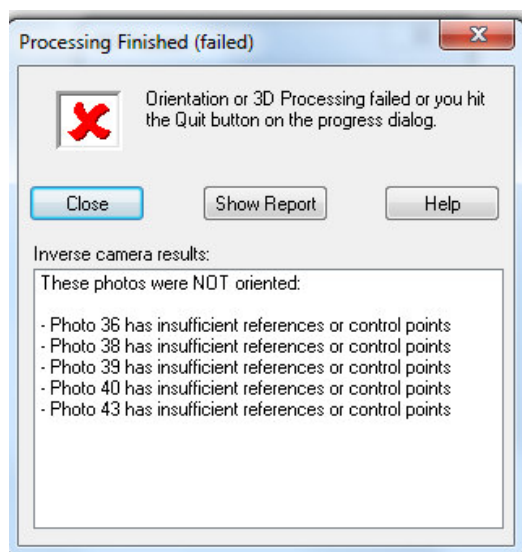
V prvním okně vidíme průběh výpočtu, a jaká část výpočtu právě probíhá. V druhém okně se počítá celková chyba. Každý sloupec představuje jednu iteraci, tedy zpřesnění výpočtu. Sloupce by se měly v tomto okně snižovat, což naznačuje, že chyba se v jednotlivých iteracích zmenšuje.

Pokud vše proběhne v pořádku, zobrazí se nám okno (*obrázek 27*), které nás informuje o tom, že výpočet proběhl v pořádku. Dále v okně najdeme jaká je celková chyba projektu a jak dlouho výpočet trval.



Obrázek 27: Úspěšný výpočet projektu

V případě, že program našel v projektu chybu, kvůli které nemohl výpočet proběhnout, objeví se okno (*obrázek 28*), ve kterém je uvedeno, proč výpočet neproběhl.

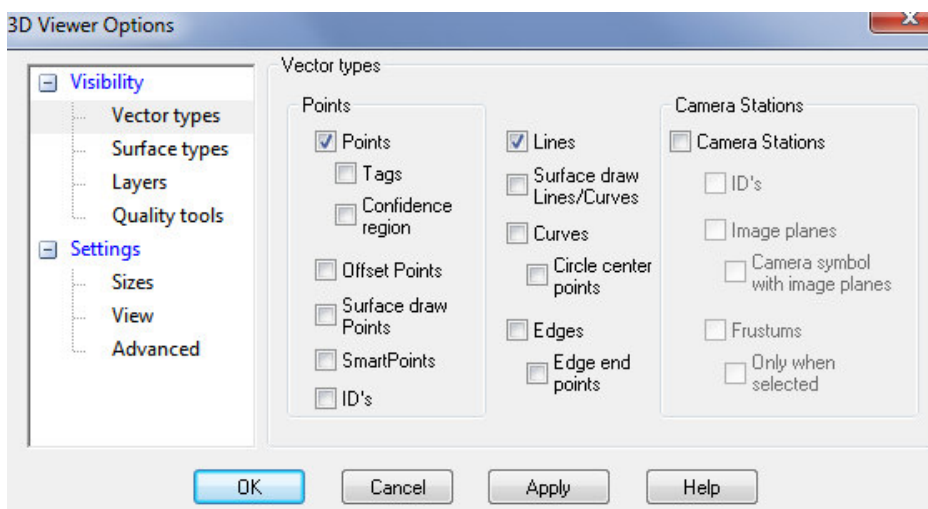


Obrázek 28: Neúspěšný výpočet projektu

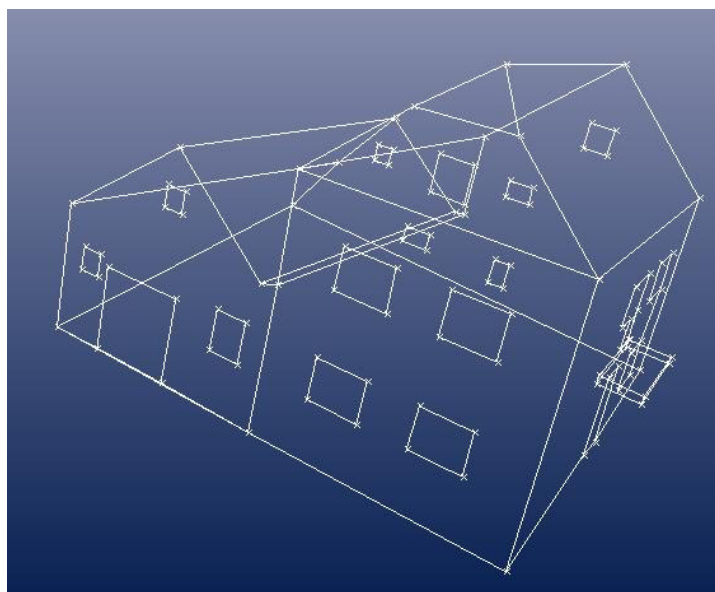
Model a nastavení měřítka modelu

Při správném výpočtu jakéhokoliv druhu projektu (s výjimkou projektu *Automated Project*) je výsledkem 3D model, který můžeme zobrazit přímo v programu PhotoModeler, a to po kliknutí na ikonu *Open 3D View*. Zobrazí se nám okno, ve kterém budeme možné pomocí nástrojů 3D model rotovat, posouvat a přibližovat. V pravém dolním rohu je také kromě

zmíněných nástrojů i ikona sloužící k vyvolání okna (obrázek 29), kde nastavíme zobrazení modelu. Zde můžeme nastavit, jaký druh modelu chceme. Zaškrtnutím varianty body (*Points*) a čáry (*Lines*) si zobrazíme drátový model.



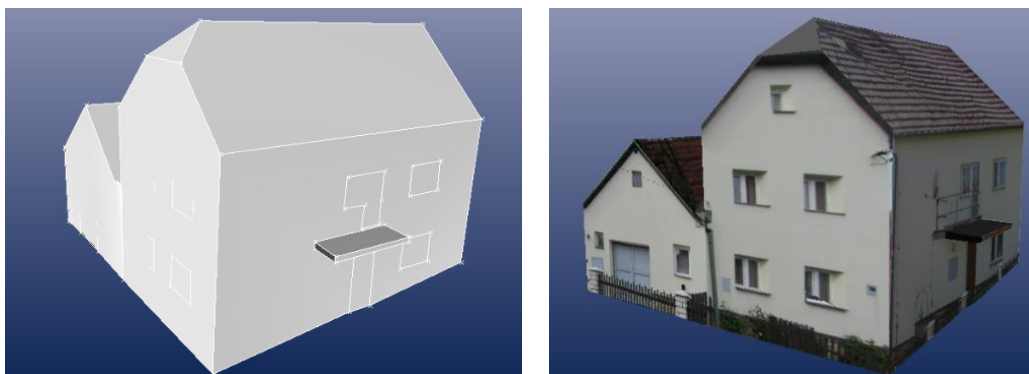
Obrázek 29: Nastavení zobrazení 3D modelu



Obrázek 30: Drátový model

Tento druh modelu můžeme dále přímo ve PhotoModeleru doplnit o plochy. Na to využijeme funkci *Path Mode*, kterou najdeme na hlavním panelu v záložce *Marking*, poté *Surface Tools*. Vyznačením jednotlivých čar vytvoříme plochy. Po vytvoření všech ploch dostaneme model, na který je možno dále zobrazit texturu, kterou získáme z fotek. Texturu do fotek doplníme přes okno nastavení 3D modelu, kde už jsme nastavovali čáry a body v předchozím kroku. Tentokrát zvolíme položku *Surface Types*, kde v *Display Style* vybereme možnost *Quality textures*. Po potvrzení tlačítkem *OK* program začne vypočítávat texturu. Na

místech, která nebyla na fotografiích dobře viditelná, např. střecha, nebude textura příliš odpovídat skutečnosti. Tento problém by šel vyřešit pořízením fotografií z větší výšky nad modelovaným objektem.



Obrázek 31: 3D model s plochami a texturou

U hotového modelu je třeba nastavit měřítko. To provedeme pomocí funkce *Scale/Rotation Wizard*. Nejprve zvolíme jednotky, ve kterých budeme změřenou délku zadávat. Poté klikneme na *Next*, zadáme skutečnou změřenou délku a znovu zvolíme *Next*. Nyní musíme na fotografii označit, o kterou délku se jedná, a znovu zvolíme *Next*. Takto modelu nastavíme měřítko, dále je možné nastavit i rotaci.

Přímo v programu PhotoModeler můžeme po nastavení měřítka odměřovat vzdálenosti nakreslených čar, a to pomocí funkce *Measurements*. Objeví se nám okno, ve kterém po kliknutí na měřenou čáru, uvidíme její délku v námi zadaných jednotkách.

5.4.2 Výstupy

Z programu PhotoModeler je možné provést hned několik výstupů. Zajímavým výstupem je animace, kde pomocí jednotlivých snímků modelu vytvoříme animaci ve formátu *gif* nebo video ve formátu *avi*. V našem případě, ale využijeme výstup modelu, kde nastavíme formát *3D dxf*, který je možné dále zpracovávat v programu Autocad. V tomto výstupu je nejdůležitější nastavit, které části modelu chceme vyexportovat. Pro nejjednodušší práci s modelem je vhodné nastavit pouze položku čáry (*Lines*) a popřípadě i body (*Points*).

Dalšími formáty výstupu 3D modelu jsou *txt*, ve kterém najdeme souřadnice bodů, poté formát *3dm*, se kterým se dá pracovat v programu Rhino 3D. V novějších verzích programu PhotoModeler najdeme i výstup do formátu *kml* a *kmz*, což je formát spojený s aplikací Google Earth.

5.4.3 Problematické části standardního projektu

Prvním problémem, který může nastat, je chybějící nebo špatná kalibrace kamery. Proto je vhodné vždy před začátkem projektu nakalibrovat kameru a zkontrolovat si, které parametry byly nakalibrovány.

Dalším problémem je špatný set fotek. Nejčastějším problémem je to, že fotky na sebe vůbec nenavazují nebo mají malé množství společných bodů a program tedy není schopen fotky orientovat a vytvořit tak model.

Problematické může být i označování bodů na fotkách. Nejdůležitější je, aby fotky byly dostatečně ostré, foceně za dobrých světelných podmínek a bod byl tak na nich dobře viditelný. Tato skutečnost velice ovlivňuje přesnost samotného modelu.

Při referencování můžeme chybně spojit body, které k sobě vůbec nepatří. Tuto chybu lze napravit tak, že bod smažeme nebo krok vrátíme. Program bohužel nabízí vrácení pouze o jeden krok zpět. Dalším chybným krokem je označení stejných bodů na různých fotografiích pod dvěma a více různými čísly. Tuto chybu zjistíme v modelu, kde se nám stejný bod objeví vícekrát. Je ale možné to zjistit mnohem dříve, a to v tabulce *Point Table - Quality*, kterou najdeme na hlavním panelu v záložce *View*. V této tabulce vidíme použití jednotlivých bodů na fotografiích a můžeme zde odhalit, který bod byl použit jen na jedné fotografii, a také zde zjistíme, u kterého z bodů se vyskytuje největší chyba.

Table Windows													
Point table - Quality													
Id	Name	RMS Residual (pixels)	Largest Residual (pixels)	Photo Largest Residual	Photos (used)	X Precisi...	Y Precisi...	Z Precisi...	Tightn... (project units)	Angle (deg.)	Use In Proces...	Frozen	Photos (mark...
561		1649.4...	4650.492...	10	10,18,2...	0.027003	0.048372	0.047265	27.728...	87.348...	yes	no	10,18,2...
771		1165.1...	3489.755...	10	6,7,8,1...	0.036332	0.035054	0.039191	26.103...	88.844...	yes	no	6,7,8,1...
748		621.24...	1631.736...	10	5,6,7,1...	0.042277	0.046929	0.063073	9.893777	84.224...	yes	no	5,6,7,1...
749		485.03...	1278.042...	10	1,3,4,1...	0.034793	0.032235	0.032107	7.522077	86.403...	yes	no	1,3,4,1...
369		480.97...	1177.744...	27	12,24,2...	0.022792	0.046488	0.046919	1.334556	89.528...	yes	no	12,24,2...
370		324.12...	793.821170	27	12,24,2...	0.024854	0.049397	0.048094	1.059773	85.493...	yes	no	12,24,2...
778		179.13...	593.483711	33	5,6,9,1...	0.032956	0.045223	0.043536	0.405092	58.529...	yes	no	5,6,9,1...
607		313.02...	538.664568	27	26,27,3...	0.038278	0.082963	0.172074	0.650215	22.344...	yes	no	26,27,3...
608		156.06...	300.967951	46	26,27,3...	0.040328	0.075609	0.125421	0.621875	38.379...	yes	no	26,27,3...
644		41.448...	129.059769	33	6,12,13...	0.019668	0.034181	0.036400	0.044275	88.620...	yes	no	6,12,13...

Obrázek 32: Tabulka s body použitými v projektu

5.5 MODELOVÁNÍ INTERIÉRU

U modelování interiéru v programu PhotoModeler je možné využít hned několika druhů projektů. Jednotlivé problémy a podmínky jsou popsány konkrétně u použitých druhů projektu.

5.5.1 Standardní projekt

Při modelování interiéru je tento druh projektu poměrně problematický. Nevýhodou je nutnost pořízení velkého množství fotek, které musí být vzájemně orientované. Dalším problémem je také častá absence pravých úhlů, i když jsou vyznačené úsečky na sebe ve skutečnosti kolmé. Tím vzniká chyba, které se může pohybovat až v řádech desítek centimetrů.

Tento projekt jsem použila pouze pro modelování schodiště, kde bylo možné nafotit dostatečné množství fotek z různých stanovišť. Při vyznačování schodů jsem použila i *Mark Curves Mode*, který slouží k vyznačování křivek. Pouze v jednom případě, kdy byla křivka zachycena z několika úhlů, vyšel oblouk. V ostatních případech byla křivka značně zkreslená.



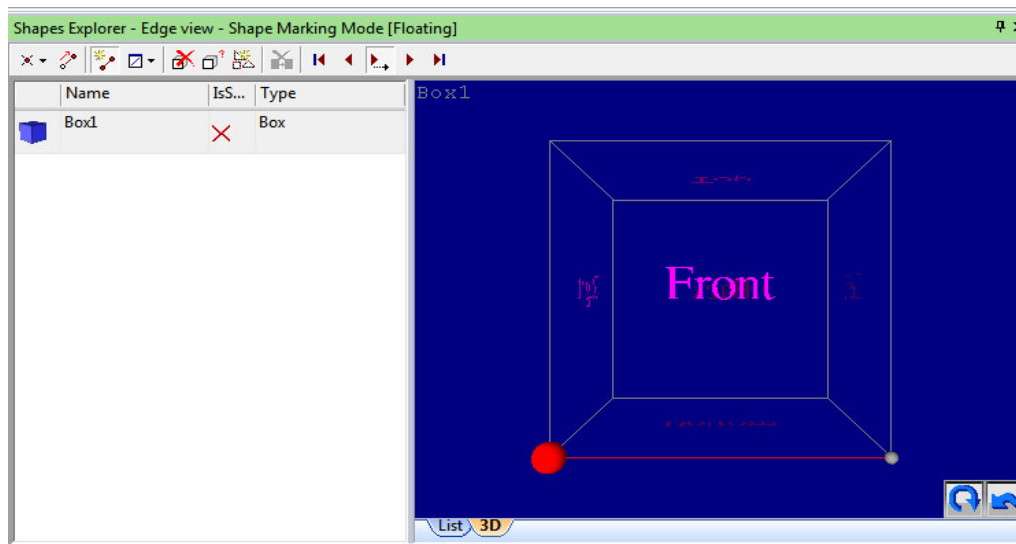
Obrázek 33: Model schodiště

5.5.2 Shape-based Project

Tento druh projektu je vhodný k vytvoření modelů exteriérů i interiérů. Musíme však splnit několik podmínek, díky kterým je ale jeho využití dost omezené. V případě exteriérů musí být objekt rozložitelný na tvary, které jsou k dispozici v projektu. Stejně je tomu i v případě interiérů, u kterých je možné modelovat i z jedné fotografie, ale musíme znát rozměr, který na fotce vyznačovat nebudeme.

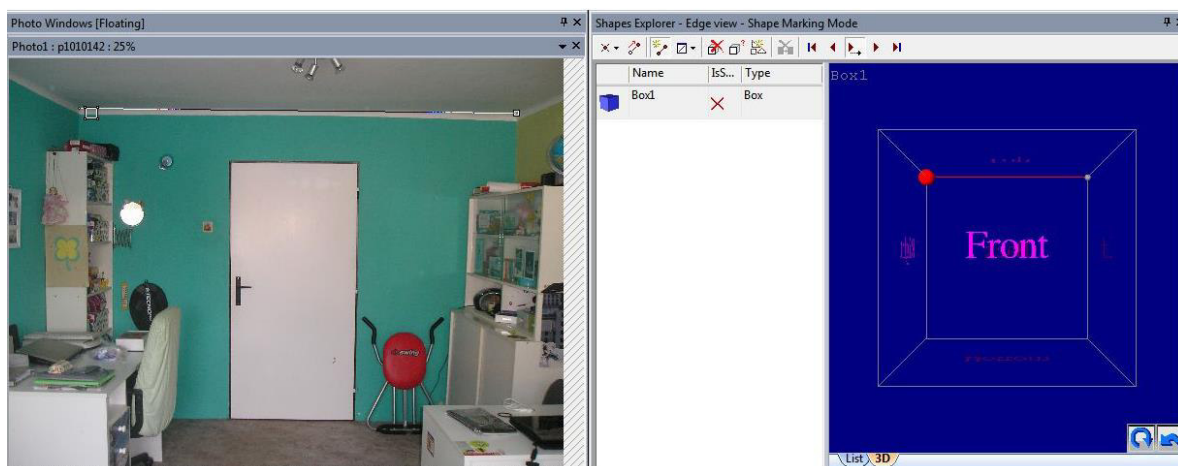
Model z jedné fotografie

Jako vstupní data je možné využít pouze jednu fotografii, na které ale musí být zachycena celá jedna stěna, respektive všechny její hrany.



Obrázek 34: Model krychle

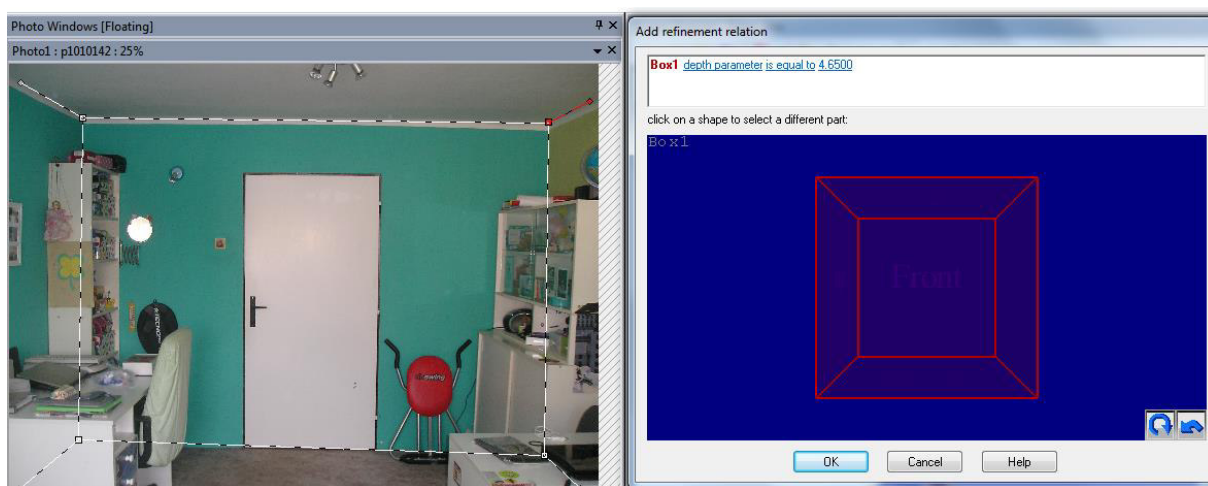
V úvodní menu vybereme *Shape-based Project* a do projektu nahrajeme pouze jednu fotku. Poté vybereme na hlavním panelu tvar *Krychle*. Otevře se nám okno *Shapes Explorer*, kde máme tabulku, ve které jsou všechny tvary použité v projektu. V pravé části tohoto okna překlikneme na záložku *3D*. Pomocí první ikony si vybereme, jaký druh hrany budeme nastavovat. Jestliže vidím celou hranu, vybereme možnost *Mark Shape Edge Vertex*, kterým na fotce označíme hrany. V náhledu v pravé části okna musíme kontrolovat, jestli označujeme správný roh. Červený bod ukazuje, který bod právě vyznačujeme. V případě, že je vyznačen jiný bod, než chceme, překlikneme v náhledu na ten, který chceme.



Obrázek 35: Zpracování modelu z jedné fotky

Pokud chceme vyznačovat hrany, které nejsou na fotce viditelné celé, musíme pomocí první ikony v okně změnit volbu na *Mark Shape Edge*. Nyní v náhledu vyznačujeme pouze hrany, které vychází z rohů, které jsme označovali v předchozích krocích. Na fotce budou čáry vycházet přímo z předem označených rohů.

Po vyznačení všech hran na fotce, musíme nastavit délku hrany, kterou nevidíme celou. K tomu slouží funkce *Add relation to a single shape*. Ikonu této funkce najdeme před ikonou *Krychle*. Zde nastavíme, aby hloubka krychle byla rovná 1. Skutečnou hloubkou místnosti poté upravíme v programu Autocad. Nevýhodou tohoto postupu je, že musíme znát dva rozměry. Jeden rozměr musí být ten, který je na fotce vyobrazena a druhý, který není viditelný. Naopak výhodou je vysoká přesnost.



Obrázek 36: Nastavení hloubky místnosti

Model z více fotografií

Sestavení modelu z těles je možné i v případě použití více fotografií. Zde je ale podmínkou, aby tyto fotografie byly všechny orientované. K orientaci fotografií je možné využít těleso, které se nachází na stěnách modelovaného objektu, např. obraz, dveře nebo okno.

Postup je stejný jako u modelu z jedné fotografie. Rozdíl je pouze v tom, že u prvního tělesa nenastavujeme hloubku. Prvním tělesem je věc, které se nachází na modelovaném objektu. Po přidání dalšího tělesa, pomocí kterého budeme modelovat místnost, se nás program dotáže na vzájemný vztah těles. Zde nastavíme, kterou stranu mají tělesa společnou. Poté opět pomocí čar označíme viditelné hrany stěny. Po označení všech hran spustíme proces výpočtu a výsledkem jsou dvě tělesa.

Dveře nebo okna je možné z modelu dodatečně vyříznout. To provedeme pomocí funkce *Mark Surface Points - Line Mode*, kterou najdeme v záložce *View* na hlavním panelu, kde dále zvolíme položku *Surface Tools*. Čárami označíme otvor, který chceme vyříznout.

Výhodou této metody je, že stačí znát pouze jeden rozměr místnosti, který zadáme přes funkci *Scale/Rotation Wizard*.

5.5.3 Automatizovaný projekt

Tento druh projektu využívá technologii SmartPoints. Jedná se o automatické vyznačení bodů na fotce. Body jsou vyznačovány podle barevné hloubky. Tento typ projektu je vhodný pro orientaci fotek. Neorientované fotky je třeba orientovat pomocí manuální reference, stejně jako ve standardním projektu.

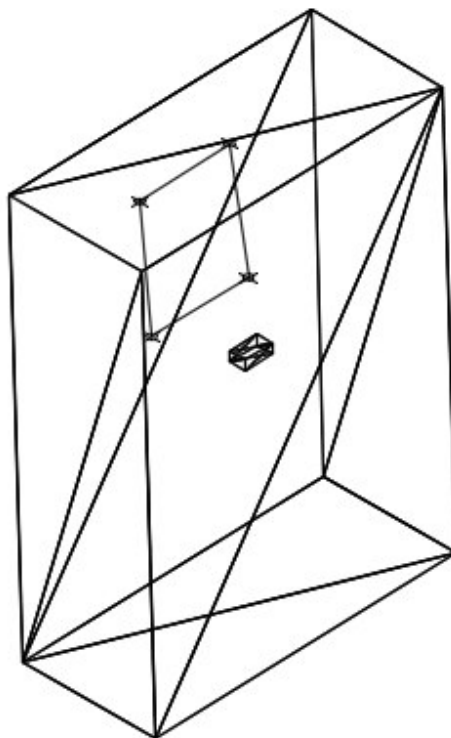
V tomto druhu projektu může nastat problém se vstupními daty. Fotografie by měly být pořízeny za dobrých a hlavně stejných světelných podmínek. Jedině tak budou mít body shodnou hloubku barev a dojde k jejich automatickému referencování. Podle počtu použitých fotografií a nastavení hustoty vytvářených bodů také trvá automatické referencování projektu. Při použití 30 fotografií může zpracování trvat deset minut a více. U dodatečného manuálního referencování vzniká problém s polohou automatických bodů. Ačkoliv ve skutečnosti body leží například na jedné stěně, v modelu jsou tyto body rozptýleny. Tímto bohužel vzniká tak velká zbytková chyba, že tato metoda nemůže být k modelování interiéru použita.

5.5.4 Výstupy

Při modelování interiéru byly využity pouze délky odečtené z jednotlivých projektů. V programu PhotoModeler není možné modelovat celý interiér naráz. Problémem je velké množství fotek, které je potřeba nahrát v případě standardního projektu. Program se při nahrání více jak 50 fotek stává značně nestabilní a zpracovávání všech fotek je poměrně problematické a nepřehledné. V případě modelování pomocí tvarů je sice potřeba pouze malé množství fotek, ale zároveň je nutné, aby modelované místnosti bylo možné složit z jednotlivých tvarů, což splňují pouze některé místnosti v domě. Jednotlivé projekty se od sebe odlišují i způsobem zpracování, což také znemožňuje zpracovávat celý interiér najednou.

Při využití projektu modelujícího z tvarů je výstupem model, který vyexportujeme do formátu *dxf*. V programu Autocad potom tento model tvoří *Obecnou síť* (obrázek 37). V případě této sítě je možné pracovat pouze z rohy modelovaného objektu. Proto je vhodnější využít tento výstup pouze k odečtení rozměrů. Tato síť se vytvoří proto, že při použití modelování z tvarů

se nedefinují žádné čáry ani body, program PhotoModeler je tedy nemůže vytvořit k exportování.



Obrázek 37: Obecná síť - model místnosti

6 MODELOVANÝ RODINNÝ DŮM

6.1 POPIS RODINNÉHO DOMU

Rodinný dům, který je řešen v rámci této práce, se skládá ze dvou částí. První část je převážně obytná a sestává ze sklepa, 1NP, 2NP a půdy. Sklep byl bohužel v době zpracování nepřístupný, proto není v modelu vůbec uvažován. V hlavní části se v 1NP nachází dva dětské pokoje, kuchyně, komora, WC a prádelna. Na konci chodby se nachází schodiště, které zpřístupňuje 2NP, kde se nachází třetí dětský pokoj, ložnice, obývací pokoj, WC a koupelna. Na chodbě 2NP je schodiště, které umožňuje přístup na půdu. Podlaha je v dětských pokojích a obývacím pokoji pokryta koberci. V kuchyni, ložnici, koupelně a horním WC je položeno linoleum. Podlahy v chodbě, WC, prádelně a komoře v 1NP jsou pokryty dlaždicemi. Tloušťka obvodového zdiva je 500 mm a tloušťka vnitřních zdí je 160 mm a 330 mm. Světla výška v prvním patře činí 2,41 m a v druhém patře 2,68 m. Střecha nad hlavní částí domu je sedlová s valbou.

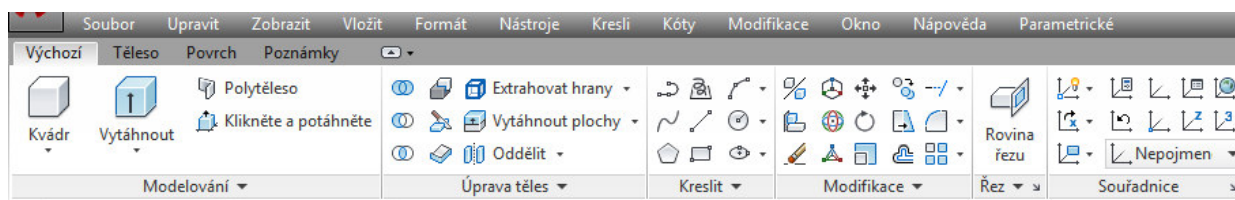
Druhá část domu se skládá z části dětského pokoje nacházejícího se v 1NP a zbylý prostor slouží ke skladování sezónních věcí, proto je zde podlaha tvořena betonovými panely. Tloušťka obvodového zdiva je také 500 mm. Světla výška v tomto prostoru dosahuje hřebene střechy a činí 5,64 m. Střecha nad touto částí domu je sedlová.

7 ZPRACOVÁNÍ MODELŮ - PROGRAM AUTOCAD

Program Autocad je software pro rýsování ve 2D a 3D. Využívá se v celé řadě oborů - stavebnictví, strojírenství, architektuře, geodézii, chemii i astronomii. V tomto případě bude využit ke zpracování 3D modelu rodinného domu a následné tvorbě řezů tohoto modelu.

Výhodou práce v programu je možnost umístit čáry do různých hladin, které je možné v průběhu práce vypínat a zpřehlednit si tak práci. Výhodou je také nastavení různých barev čar pro lepší orientaci ve výkresu.

Nejprve je nutné se alespoň základně seznámit s hlavním panelem programu Autocad v pracovním prostoru *3D modelování*. Novější verze programu Autocad (od verze 2010) obsahují funkce, které jsou přehledně uloženy na kartách. Při vytváření modelu budeme využívat čtyři základní karty. První karta je *Výchozí* a obsahuje nejzákladnější funkce, které budeme využívat nejčastěji. Další karty *Těleso* a *Povrch* obsahují funkce, které nejsou tak často používané a detailněji se zaměřují na řešené objekty. Poslední karta *Poznámky* slouží ke kótování a popisování výkresu.



Obrázek 38: Hlavní panel programu Autocad - pracovní prostor modelování 3D

7.1 ROZDĚLENÍ MODELŮ

Kvůli problematickému zpracování fotografií interiéru bylo použito také ruční zaměření pomocí laserového měřidla. Vznikly tak dva modely. Rozdíl mezi ručním měřením exteriéru a modelem exteriéru tvořil maximálně 5 cm. Proto byl při vytvoření exteriéru prvního modelu pro zjednodušení práce využit výstup z programu PhotoModeler. Interiéry byly zaměřeny ručně a dokresleny v programu Autocad. Druhý model byl vytvořen z délek, které byly odečteny z programu PhotoModeler. Podrobnější popis modelů je v následujících podkapitolách.

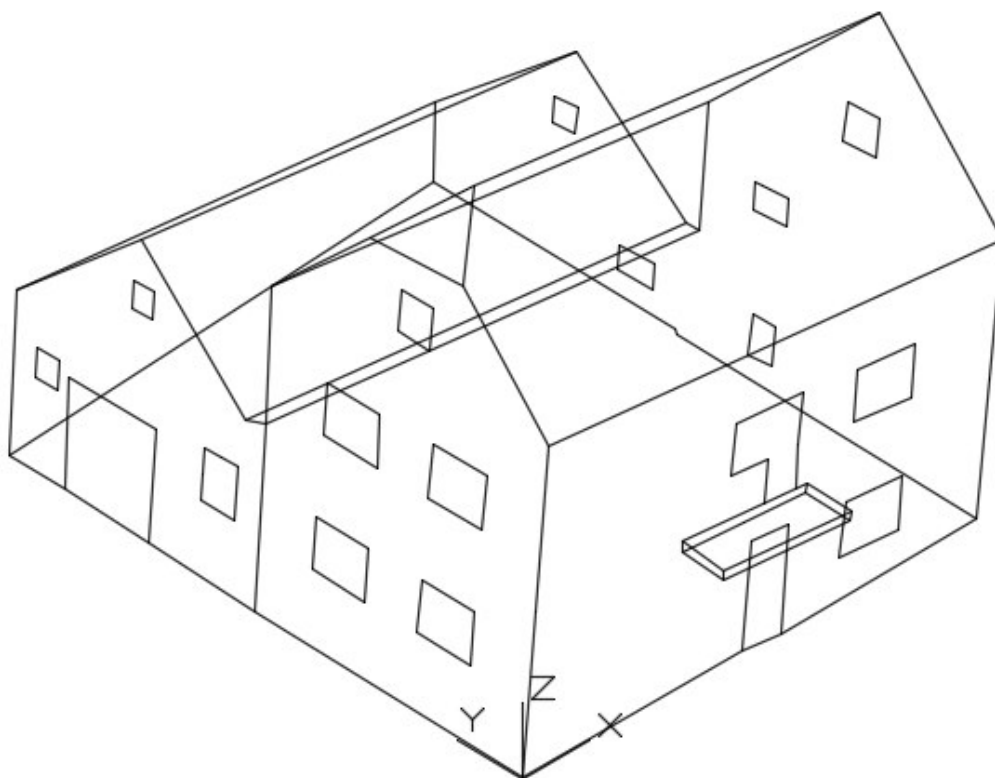
7.1.1 Idealizovaný model

Tvorba idealizovaného 3D modelu

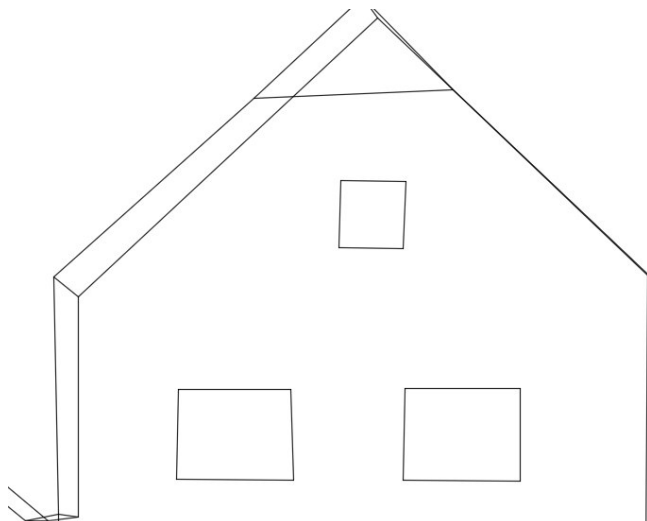
Po vyexportování modelu exteriéru do formátu *dxf* je nejprve nutné v programu Autocad nastavit pracovní prostor na *3D Modelování*. Při práci v tomto pracovním prostoru budeme často měnit směr os *XYZ*. K tomu slouží ikona *3 body*, kterou najdeme na kartě *Výchozí*, v panelu *Souřadnice*.

Největší nepřesnost, kterou na modelu vyexportovaném z programu PhotoModeler najdeme, je absence pravých úhlů. Proto je nutné všechny strany „narovnat“. Nepřesnost lze vidět i na oknech a dveřích. Dalším problémem je, že se okna ani dveře v mnoha případech nenacházejí v rovině stěny, na které ve skutečnosti jsou. Proto bylo nejprve nutné model „narovnat“ tak, aby svíraný úhel na sebe kolmých stěn byl přesně 90°.

Interiér tohoto modelu byl změřen ručně laserovým měřidlem a dokreslen v programu Autocad.

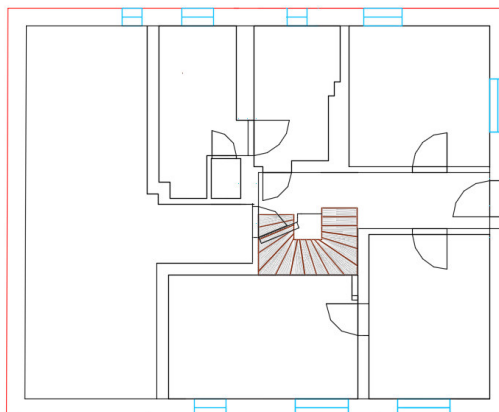


Obrázek 39: Model rodinného domu bez úpravy

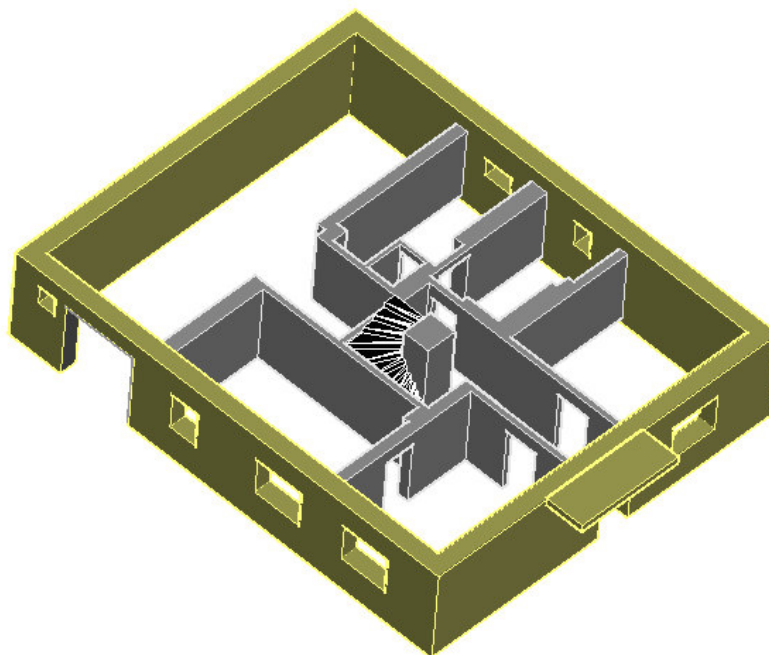


Obrázek 40: Nepřesnost oken

Samotný program Autocad nemá prvky, ze kterých by bylo možné vykreslit dům. Nejjednodušším způsobem sestavení je nakreslení půdorysu, na který budeme kreslit dále tělesa, jejich výška bude odpovídat výškám stěn místností. Obvodové stěny vytvoříme pomocí obrýsu z výstupu programu PhotoModeler, který pouze narovnáme. Tloušťka zdiva byla změřena a je rovna 500 mm. Pomocí ekvidistanty vykreslíme další obrýs zdiva ve vzdálenosti 250 mm, což je přesně polovina a funkci *Polytěleso* vytvoříme vnější obvodové zdivo. Pokud celé vnitřní zdivo nakreslíme nebo popřípadě dodatečně spojíme v jeden celek, můžeme pro přetvoření stěn do 3D využít funkci *Vytažení*, kterou najdeme na hlavním panelu programu Autocad v záložce těleso. Při vytažení úsečky nebo křivky vytvoříme plochu, při vytažení uzavřeného tvaru vytvoříme těleso. Okna a dveře, která jsou v přízemí, vykreslíme pomocí tělesa *Kvádr*, kde zadáme tloušťku, výšku a šířku okenního nebo dveřního otvoru a tyto tělesa poté pomocí funkce *Rozdíl*, kterou najdeme na kartě *Výchozí*, v panelu *Úprava těles*, odečteme od těles stěn, ve kterých ve skutečnosti leží.

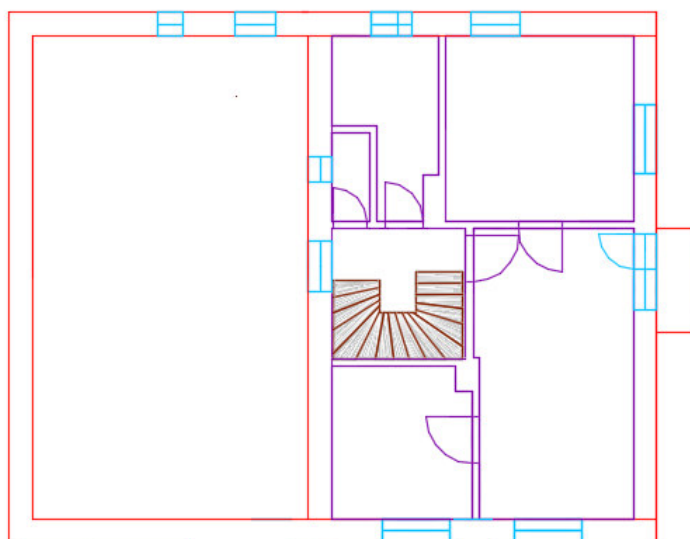


Obrázek 41: Půdorys 1NP

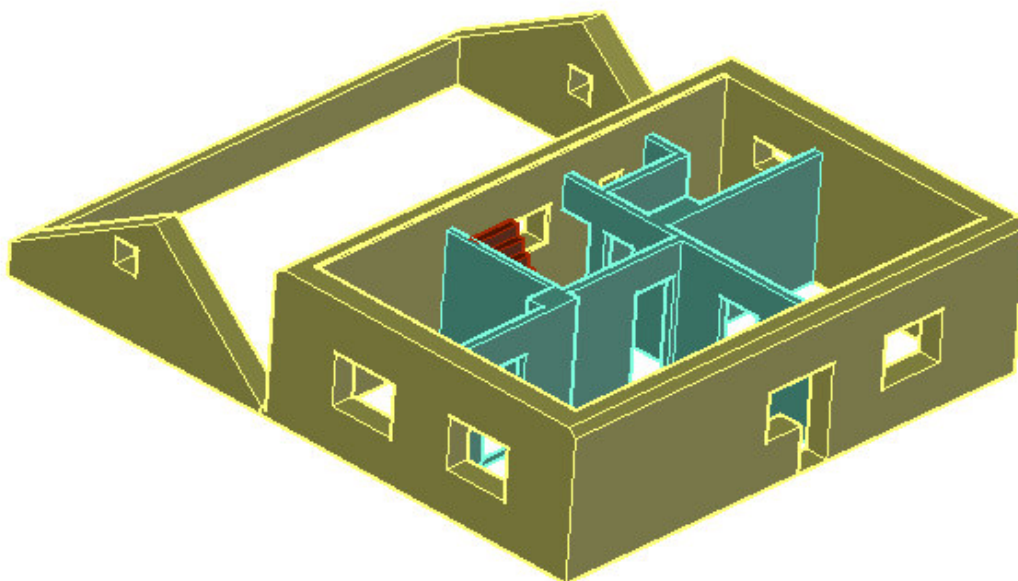


Obrázek 42: Model 1NP

Po vymodelování prvního patra je nutné nejprve vymodelovat patro druhé. To provedeme tak, že opět vykreslíme půdorys a následně stěny. Protože z výstupu z programu PhotoModeler známe polohu oken na fasádě a zároveň máme změřenou výšku parapetní desky uvnitř, můžeme půdorys přesunout do takové výšky, v jaké se ve skutečnosti nachází podlaha 2NP. Okna jsou vyříznuta stejným způsobem jako v 1NP. Výhodou je, že některá okna jsou velikostně shodná s okny v 1NP, a proto si můžeme usnadnit práci tím, že je pouze zkopírujeme.



Obrázek 43: Půdorys 2NP



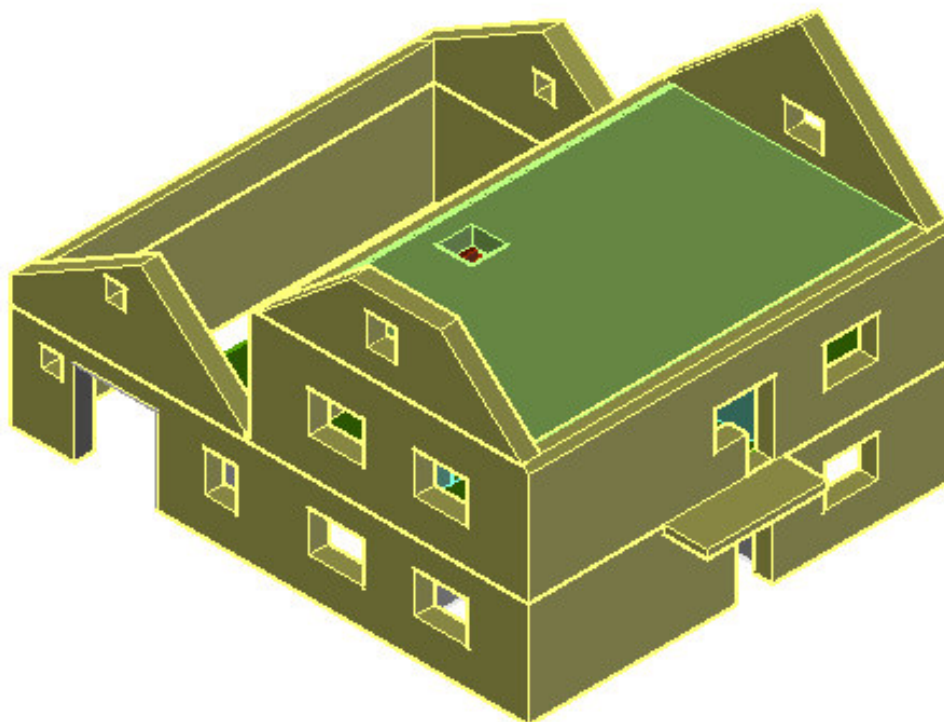
Obrázek 44: Model 2NP

Vzdálenost, která vznikne mezi horní hranou stěn v prvním patře a spodní hranou stěn v patře druhém, tvoří tloušťku stropní desky. Tato stropní deska se nachází nad všemi místnostmi umístěnými v prvním patře. Do této desky je poté nutné vyříznut otvor, kterým vede schodiště do 2NP.



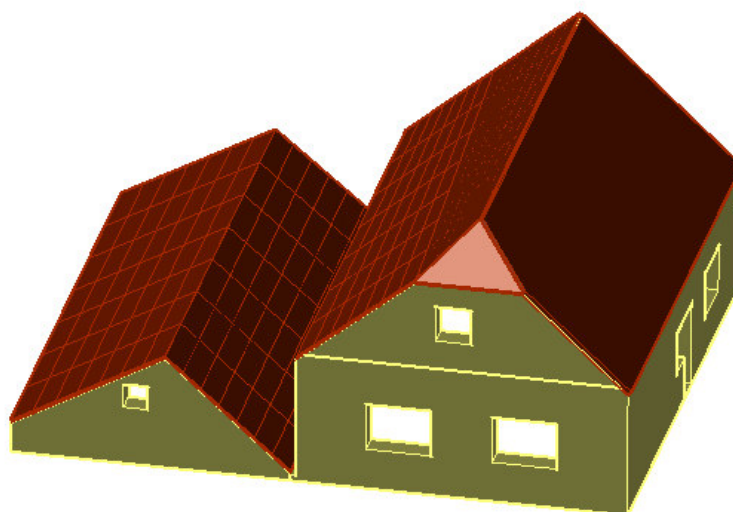
Obrázek 45: Modelování stropní desky

Půdní prostor a střecha jsou domodelovány díky výstupu z programu PhotoModeler, kterým jsme určili výšku střechy v hřebeni. Stěny byly modelovány stejně jako v předchozích dvou patrech. Ve stropní desce byl vyříznut otvor pro schodiště, které vede ze 2NP na půdu.



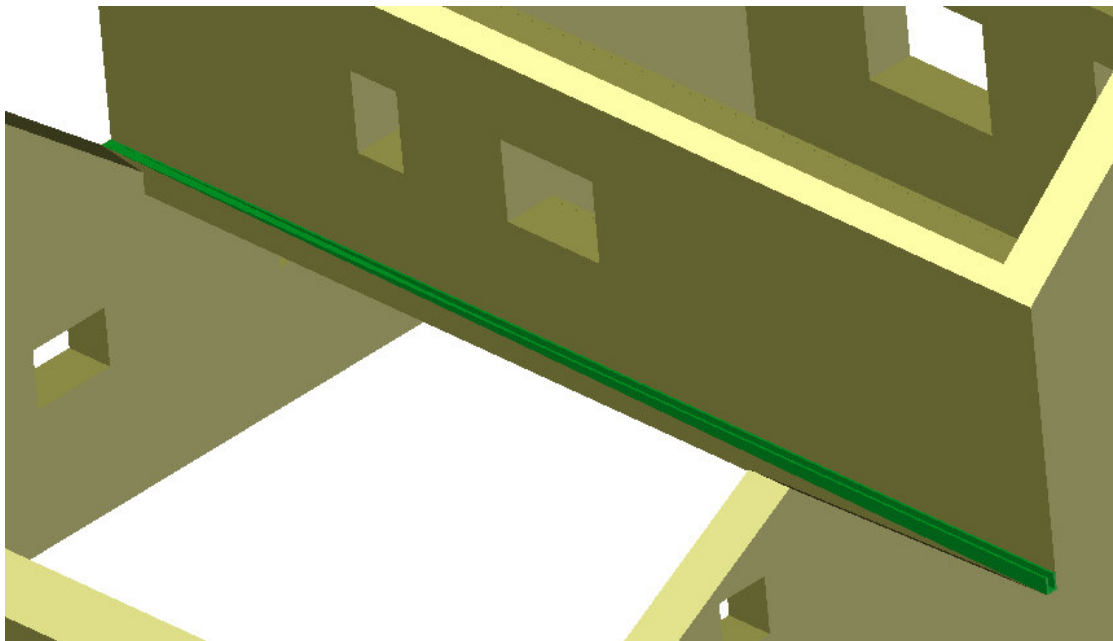
Obrázek 46: Model půdního prostoru

Střecha nad skladovací částí je vymodelována pomocí funkce *Šablonování*, která se nachází na kartě *Povrch*, v panelu *Vytvořit*. Tato funkce mezi dvěma úsečkami vytvoří plochu. Střecha nad hlavní částí domu má valbu, které byla vymodelována také pomocí funkce *Šablonování*. Ostatní části střechy byly vytvořeny pomocí funkce *Rovinné*, které se nachází na kartě *Povrch*, v panelu *Vytvořit*.



Obrázek 47: Vymodelované střechy

V modelu se také nachází okap, který se nachází mezi hlavní a vedlejší částí domu a byl vytvořen pomocí tělesa *Klín*.

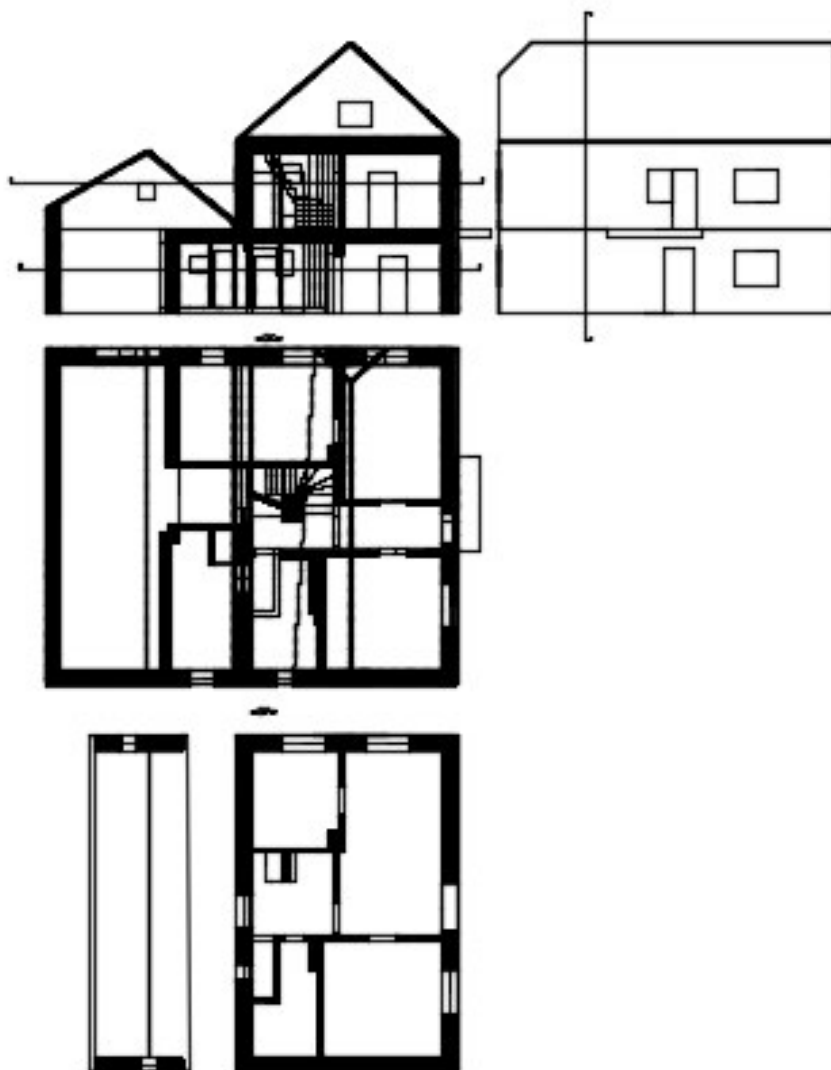


Obrázek 48: Okap

Pomocí funkce *Šablonování* byly vymodelovány také okna, dveře a vrata.

Řezy a pohledy 3D modelu

Řezy a pohledy hotového modelu vytvoříme ve výkresovém prostoru *Rozvržení*. Na hlavním panelu programu se přepneme na kartu *Rozvržení*, kde na panelu *Základní* vybereme funkci *Základní*, a poté možnost *Z modelového prostoru*. V pracovním prostoru se objeví pohled na model. Orientaci pohledu můžeme změnit v panelu *Orientace* výběrem jiného pohledu. Poté pohled vložíme do pracovního prostoru. V panelu *Vzhled* vybereme, jestli chceme vidět všechny čáry (varianta *Skryté čáry*). Tato varianta je vhodná pro řezy a půdorysy. Další možnou variantou jsou *Viditelné čáry*, které využijeme převážně v pohledech. Pokud máme vše nastaveno, klikneme na panelu na *OK*. Vybraný pohled se nám nyní zobrazí tak, jak můžeme vidět na obrázku 49.



Obrázek 49: Tvorba řezů a pohledů v rozvržení

Pokud chceme pracovat s více různými pohledy, na panelu *Rozvržení* vybereme funkci *Promítnutý* a označíme předchozí výřez. Podle směru, kterým táhneme, přikresluje se nám do pracovního prostoru další pohled. Takto si vytvoříme řezy a půdorysy. Pokud máme v pracovním prostoru zobrazeny všechny požadované řezy a pohledy, napíšeme do příkazového řádku *EXPORTROZVRŽENÍ*. Tento příkaz slouží k vyexportování pracovního prostoru *Rozvržení*. Vytvoříme si tak nový soubor ve formátu *dwg*, který je možno ještě poupravit. Výsledné pohledy, půdorysy a řezy jsou v příloze 1-4.

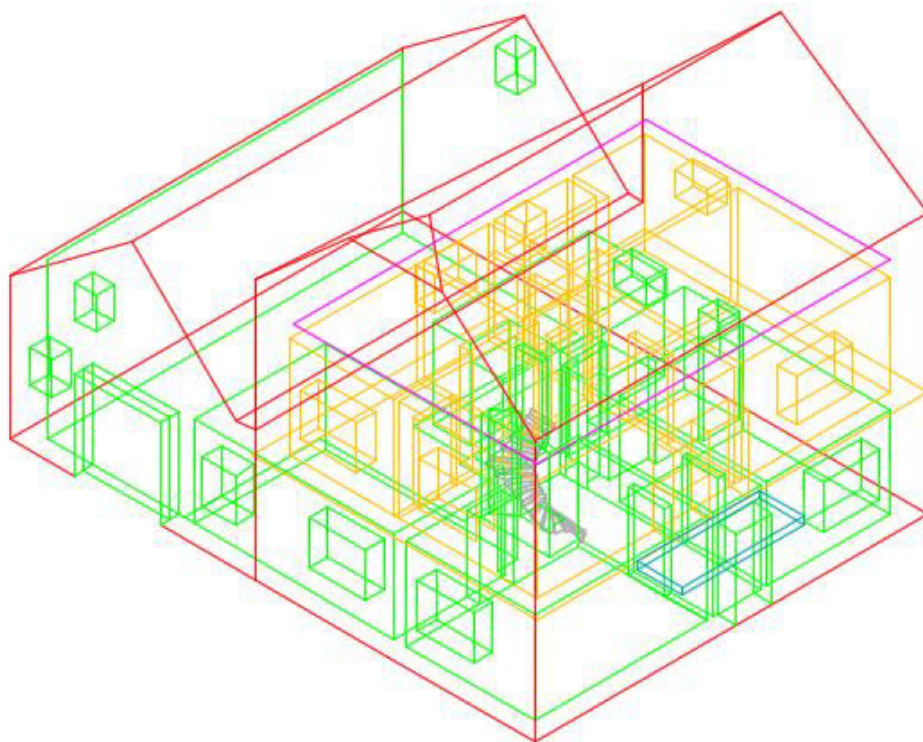
7.1.2 Model z programu PhotoModeler

V rámci této práce byl vytvořen ještě druhý model, který slouží k porovnání přesnosti měření v interiéru pomocí programu PhotoModeler. Kvůli problematickému zpracování

fotografií byl program PhotoModeler alespoň využit na odměření délek, ze kterých byl sestaven druhý model vykreslený v programu Autocad.

Odměření délek probíhalo přímo v programu PhotoModeler pomocí funkce *Measurements*. Celý dům byl rozdělen na jednotlivé projekty podle místností. Kvůli nedostatečné orientovanosti fotek byla často výsledkem projektu pouze jedna stěna místnosti, ze které ale bylo možné odměřit alespoň jednotlivé délky. U místností, které měly půdorys tvaru čtverce nebo obdélníku, byl využit projekt pracující s tvary krychle. Zbylé části místností byly vymodelovány ve standardním projektu.

Pro zjednodušení tvorby modelu byl mezi jednotlivými stěnami uvažován pravý úhel. Překreslením jednotlivých délek tak vznikl drátový model. Schody v tomto modelu byly vymodelovány pomocí programu PhotoModeler a je na nich patrné zkreslení určitých délek. Exteriér vznikl doplněním tlouštěk zdí.



Obrázek 50: Model z délek odečtených z programu PhotoModeler

8 POROVNÁNÍ MODELŮ

Z obou modelů byly odečteny rozměry a pomocí následujících dvou tabulek byla porovnána zastavěná plocha a obestavěný prostor. Dále byly také z obou modelů odečteny podlahové plochy a výšky jednotlivých místností. V následujících tabulkách jsou červeně vyznačeny nejvíce odlišné parametry obou modelů.

Tabulka 1: Zastavěná plocha (ZP) a obestavěný prostor (OP) prvního modelu

Ruční měření		délka [m]	šířka [m]	výška [m]	ZP [m ²]	OP [m ³]
1NP	<i>Hlavní a vedlejší část domu</i>	14,13	11,56	2,87	163,34	468,79
2NP	<i>Hlavní část domu</i>	7,60	11,56	3,18	87,86	279,39
	<i>Vedlejší část domu - zastřešení</i>					
	Zastavěná plocha - obdélník	6,41	11,56		74,10	
	Výška půdní nadezdívky			0,96		71,14
	Výška hřebene nad nadezdívkou			1,72		63,73
Zastřešení	<i>Hlavní část domu</i>					
	Zastavěná plocha - obdélník	7,60	11,56		87,86	
	Výška půdní nadezdívky			0,55		48,32
	Výška hřebene nad nadezdívkou			2,91		127,83
	Valba (odečítá se)					
Balkon		3,26	1,19	1,00	3,88	3,88
						1058,67

Tabulka 2: Zastavěná plocha (ZP) a obestavěný prostor (OP) druhého modelu

PhotoModeler		délka [m]	šířka [m]	výška [m]	ZP [m ²]	OP [m ³]
1NP	<i>Hlavní a vedlejší část domu</i>	13,96	9,42	2,80	131,5	368,20
2NP	<i>Hlavní část domu</i>	7,41	9,42	3,06	69,8	213,59
	<i>Vedlejší část domu - zastřešení</i>					
	Zastavěná plocha - obdélník	6,55	9,42		61,70	
	Výška půdní nadezdívky			0,96		59,23
	Výška hřebene nad nadezdívkou			2,30		70,96
Zastřešení	<i>Hlavní část domu</i>					
	Zastavěná plocha - obdélník	6,45	9,42		60,76	
	Výška půdní nadezdívky			1,40		85,06
	Výška hřebene nad nadezdívkou			2,34		71,09
	Valba (odečítá se)					
Balkon		3,26	1,20	1,00	3,91	3,91
						867,75

Tabulka 3: Porovnání podlahové plochy a výšky místností

		podlahová plocha [m ²]		výška [m]	
		PhotoModeler	Ruční měření	PhotoModeler	Ruční měření
1NP	Kuchyně	12,86	15,88	2,41	2,41
	Dětský pokoj 1	18,17	17,79	2,41	2,41
	Dětský pokoj 2	15,62	15,86	2,45	2,41
	Chodba	7,94	10,05	2,40	2,41
	Komora	4,07	8,82	2,35	2,22
	WC	0,94	0,94	2,22	2,22
	Prádelna	7,67	9,88	2,35	2,22
	Skladovací prostor	44,10	43,03	4,13	4,33
2NP	Chodba	4,55	6,62	2,70	2,68
	WC	1,50	1,50	2,68	2,68
	Koupelna	6,99	6,86	2,67	2,68
	Ložnice	16,32	16,32	2,68	2,68
	Obývací pokoj	19,40	22,16	2,68	2,68
	Dětský pokoj 3	8,86	9,99	2,69	2,68

Oba modely byly pro lepší názornost porovnány i graficky proložením přes sebe. Porovnání proběhlo mezi půdorysy 1NP a 2NP a dvěma řezy. Pro lepší viditelnost byla každému modelu přiřazena jiná barva. Výstupy tohoto porovnání jsou v příloze 5-8.

8.1 VYHODNOCENÍ POROVNÁNÍ OBOU MODELŮ

Z uvedených tabulek je patrné, že modely vykazovaly značné rozdíly převážně v šířce. Velká nepřesnost vznikla v místnostech, které byly modelovány pomocí standardního projektu. Tuto nepřesnost způsobila absence pravých úhlů v modelu. Došlo tak ke značnému zkreslení. Největší odchylka byla v místnostech: komora a kuchyně. Z grafických výstupů je patrné, že největší chyba v měření pomocí programu PhotoModeler vznikala u místností, které neměly jednoduchý tvar půdorysu.

Naopak poměrně dobrá přesnost byla u výšek místností. Jen ve třech případech se výška odečtená z PhotoModeleru lišila od výšky měřené ručně o víc jak 10 cm. Ve většině případů byl rozdíl výšek okolo 1-2 cm. Tato přesnost je dána tím, že výšky místností jdou na fotkách viditelné ve své skutečné délce. Nedochozí tak k jejich zkreslení, kvůli chybným úhlům jak je tomu u vodorovných hran místností. Vysoká přesnost byla také zjištěna u místností modelovaných pomocí tvarů. Konkrétně se jednalo o obě WC. Zde mohl být použit tento nejpřesnější druh projektu z důvodů zachytitelnosti dvou stěn místnosti z dobrého stanoviska.

Odlišné vnější rozměry byly způsobeny velkým zkreslením délek vnitřních místností, které „zúžily“ výsledný model ve výsledku o 2 m. Výsledná zastavěná plocha se pak lišila o 32 m² a obestavěný prostor se proto lišil o 191 m³.

9 ZÁVĚR

Cílem práce bylo stanovit optimální postup, jak z pořízené fotodokumentace sestavit 3D model rodinného domu. Ke zpracování pořízených fotografií byl využit program PhotoModeler.

Fotodokumentace je běžně pořizována při místním šetření. V případě využití této fotodokumentace k sestavení modelu je třeba pořídit větší množství fotek než obvykle. Při pořizování fotografií byl použit fotoaparát Canon PowerShot SX120 IS.

Při focení bylo potřeba dodržet dobré světelné podmínky, aby bylo body dobře viditelné. Problémem při pořizování fotografií byla občas malá vzdálenost od modelovaného objektu. Vzhledem ke stísněné zástavbě nebylo možné pořídit detailní fotodokumentaci všech stran domu a bylo nutné fotit tyto strany z boku pod malým úhlem. V některých případech tak fotografie při následném zpracování vykazovaly vysokou zbytkovou chybu.

Samotná práce v programu PhotoModeler byla vcelku intuitivní. Program ale bohužel není v českém jazyce a neobsahuje český návod. Na internetu jsou v češtině dostupné pouze zkrácené návody ke starším verzím. Absenci návodu nahrazují anglická videa, tzv. tutoriály, které na příkladech ukazují základní funkce programu. Programové výstupy z těchto tutoriálů se nainstalují společně s programem. Jen v několika případech se program jevil jako nestabilní. Nejčastěji to způsobovalo velké množství fotek nebo náročnější zpracování textury pro výsledný 3D model.

Práci v programu jsem s ohledem na stabilitu programu a přehlednost práce proto rozdělila na dvě části. V první části jsem zpracovávala pouze exteriér. Po bližším seznámení s programem byla tvorba modelu poměrně rychlá. Nejvhodnějším druhem projektu pro modelování mnou vybraného rodinného domu byl standardní projekt. Pro rodinný dům jednodušších tvarů by byl vhodnější a rychleji zpracovatelný projekt, který skládá model z tvarů. Celý dům jsem změřila i pomocí laserového měřidla. Vznikly tak hodnoty pro další model, pomocí kterého jsem porovnávala přesnost programu PhotoModeler a ručního měření.

V exteriéru se rozdíl ručně naměřených a programem PhotoModeler vypočítaných hodnot lišil maximálně o 10 cm. Při zpracování interiéru jsem však narazila na problémy způsobené převážně obtížnějšími podmínkami focení. Nejčastěji se jednalo o nedostatečný odstup od modelovaného objektu, který následně způsobil nedostatečné zachycení modelované místnosti na fotkách, čímž vznikl problém s orientovaností fotek. Co se týče interiéru, může

tedy program PhotoModeler sloužit spíše k případnému doměření zapomenuté délky nebo ověření správnosti měření.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Archipelag: Slovníček pojmů. *Archipelag* [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: <http://www.archipelag.cz/typove-projekty-rodinnych-domu/slovnicek-pojmu.html>
- [2] PAVELKA, K., *Fotogrammetrie 10*. Skriptum. Vydání druhé přepracované. Praha: ČVUT. 2003. 194 s.
- [3] BÖHM, J. *Fotogrammetrie*. Učební texty Ostrava: Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava, Ostrava, 2002. 16 str.
- [4] HANZL, V. *Fotogrammetrie, Teoretické základy fotogrammetrie, studijní opora*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2006, 101 s.
- [5] ŠIMÍČEK, M. *Neměřické komory při fotogrammetrickém studiu památkových objektů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky, 2012. 47 s. Vedoucí práce RNDr. Jakub Miřijovský.
- [6] VIKTORA, J. *Využití fotogrammetrie pro realitní praxi*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2014. 93 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Klika.
- [7] ČVUT. Fakulta stavební. Laboratory of Photogrammetry. *Manuál - práce se systémem PhotoModeler* [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: http://lfgm.fsv.cvut.cz/data/download/m_PhotoModeler_manual.pdf

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Zastavěná plocha	4
Obrázek 2: Obestavěný prostor	5
Obrázek 3: Fotogrammetrický plán Vyšehradské pláně [3]	7
Obrázek 4: Projekce mapy a snímku [3].....	8
Obrázek 5: Vnitřní orientace snímku [3]	8
Obrázek 6: Prvky vnější orientace snímku [3].....	9
Obrázek 7: Dělení fotogrammetrie podle polohy stanoviška	10
Obrázek 8: Hlavní panel Programu PhotoModeler	16
Obrázek 9: Kalibrační pole 1	17
Obrázek 10: Kalibrační pole 2	17
Obrázek 11: Natočení fotoaparátu při kalibraci	18
Obrázek 12: Úvodní menu programu PhotoModeler	18
Obrázek 13: Přidání fotografií do projektu	19
Obrázek 14: Spuštění kalibrace	19
Obrázek 15: Uložení nakalibrované kamery.....	20
Obrázek 16: Pozice komor při snímkování.....	20
Obrázek 17: Pozice komor při snímkování reálného objektu	21
Obrázek 18: Pozice komor při zaměření fasády.....	21
Obrázek 19: Překryt snímků	22
Obrázek 20: Pozice kamer kolem objektu	22
Obrázek 21: Pozice kamer kolem objektu	23
Obrázek 22: Označování bodů a čar v Mark Lines Mode	24
Obrázek 23: Referencování bodů	25
Obrázek 24: Tabulka referenčního módu	25
Obrázek 25: Nastavení výpočtu projektu.....	26

Obrázek 26: Výpočet projektu	26
Obrázek 27: Úspěšný výpočet projektu	27
Obrázek 28: Neúspěšný výpočet projektu	27
Obrázek 29: Nastavení zobrazení 3D modelu.....	28
Obrázek 30: Drátový model.....	28
Obrázek 31: 3D model s plochami a texturou.....	29
Obrázek 32: Tabulka s body použitými v projektu	30
Obrázek 33: Model schodiště.....	31
Obrázek 34: Model krychle.....	32
Obrázek 35: Zpracování modelu z jedné fotky	32
Obrázek 36: Nastavení hloubky místnosti	33
Obrázek 37: Obecná síť - model místnosti	35
Obrázek 38: Hlavní panel programu Autocad - pracovní prostor modelování 3D	37
Obrázek 39: Model rodinného domu bez úpravy	38
Obrázek 40: Nepřesnost oken	39
Obrázek 41: Půdorys 1NP.....	39
Obrázek 42: Model 1NP	40
Obrázek 43: Půdorys 2NP.....	40
Obrázek 44: Model 2NP	41
Obrázek 45: Modelování stropní desky	41
Obrázek 46: Model půdního prostoru.....	42
Obrázek 47: Vymodelované střechy.....	42
Obrázek 48: Okap.....	43
Obrázek 49: Tvorba řezů a pohledů v rozvržení	44
Obrázek 50: Model z délek odečtených z programu PhotoModeler	45

12 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Zastavěná plocha (ZP) a obestavěný prostor (OP) prvního modelu	46
Tabulka 2: Zastavěná plocha (ZP) a obestavěný prostor (OP) druhého modelu	46
Tabulka 3: Porovnání podlahové plochy a výšky místností	47

13 SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy č.1-8 jsou v tištěné podobě přiloženy k práci a jsou spolu s projekty z programu PhotoModeler uloženy na přiloženém CD ve formátu dwg. Na CD se také nachází oba modely ve formátu *dwg*.

Příloha č.1 - Pohledy

Příloha č.2 - Půdorys 1NP

Příloha č.3 - Půdorys 2NP

Příloha č.4 - Řez A-A'

Příloha č.5 - Srovnání modelů - půdorys 1NP

Příloha č.6 - Srovnání modelů - půdorys 2NP

Příloha č.7 - Srovnání modelů - řez A-A'

Příloha č.8 - Srovnání modelů - řez B-B'

Příloha č.9 - Složka s projekty z programu PhotoModeler