

Základní pojmy digitální fotogrammetrie

1. Obor fotogrammetrie

- **Definice oboru fotogrammetrie**

Fotogrammetrie je vědní obor, který se zabývá získáváním **informací** (především geometrických vztahů) z **obrazových záznamů** (nejčastěji měřických snímků).

Informace → *geometrické vztahy*: tvar, velikost a poloha objektů zobrazených na snímcích (speciálními metodami, tj. snímkováním ve více spektrálních pásmech, lze zjišťovat též druh a stav objektů).

Obrazový záznam → *měřický snímek*: fotografický snímek pořízený za speciálních podmínek měřickou komorou (lze použít též snímky semiměřické, neměřické nebo jiné obrazové záznamy, např. data dálkového průzkumu Země).

- **Výhody použití fotogrammetrie**

Fotogrammetrie využívá **bezkontaktní metody měření** – objekty mohou být značně vzdálené od místa snímkování (není nutný kontakt s předmětem měření). Tato vlastnost se projeví především u obtížně přístupných nebo zdraví nebezpečných oblastí a prostor (např. nepřístupné horské masivy, skalní stěny, kamenolomy nebo skládky chemických látek).

Výhodou je také **krátká doba sběru dat** – doba snímkování je podstatně kratší (např. ve srovnání s geodetickým zaměřením velkého území nebo členitých objektů), většina prací se přesouvá do kanceláře (včetně volby podrobných bodů na snímcích).

Celková *doba potřebná pro mapování* území většího než cca 5 km² je oproti geodetickému zaměření *kratší a finanční náklady jsou menší*. Práce v terénu jsou kratší také v případě zaměření kamenolomů nebo zdobených průčelí budov (nepravidelné tvary, velké množství podrobných bodů).

Digitální pozemní fotogrammetrie

Další výhodou je možnost **periodického opakování snímkování** – vyhodnocením snímků lze získávat informace o změnách objektů v čase (např. při živelních pohromách).

- **Vztah fotogrammetrie k dalším oborům**

Příbuzným oborem fotogrammetrie je **dálkový průzkum Země (DPZ)**. Od počátku 90. let 20. století dochází díky společnému využívání digitálních obrazových dat ke sbližování postupů jejich zpracování. Rozdílem zůstává způsob vzniku obrazových záznamů: ve fotogrammetrii převážně středovým průmětem pomocí měřických komor a v DPZ postupným snímáním obrazu družicovými skenery (skenujícími radiometry).

Fotogrammetrie je vedle geodézie a dálkového průzkumu Země jedním z hlavních dodavatelů *geograficky lokalizovaných dat* pro **GIS – geografické informační systémy** (*Geographic Information System*).

- **Základní hlediska dělení fotogrammetrie**

Podle polohy stanoviska:

- **pozemní:** polohu komory na nepohyblivém stanovisku je možné určit přesně geodetickými metodami na zemském povrchu,
- **letecká** (aerofotogrammetrie): polohu pohyblivé komory v okamžiku pořízení snímku je možné určit pouze přibližně (např. pomocí GNSS a dalších pomocných zařízení),
- **družicová:** využívá družicových snímků s vysokým rozlišením pro tvorbu obecně-geografických a tematických map středního a malého měřítká.

Podle počtu snímků:

- **jednosnímková:** každý snímek vyhodnocujeme samostatně, použití je vhodné pouze pro rovinné objekty a terén
- 2D – získáváme dvě souřadnice v rovině (X, Y),

Digitální pozemní fotogrammetrie

- **dvousnímková** (stereofotogrammetrie): vyhodnocujeme oblast překrytu snímkové dvojice za pomoci umělého stereoskopického vjemu
→ 3D – získáváme tři souřadnice v prostoru (X, Y, Z),
- **vícesnímková** (průseková): pomocí prostorového protínání řešeného na dvou a více snímcích provádíme bodové vyhodnocení bez možnosti využití stereoskopického vjemu
→ 3D – získáváme tři souřadnice v prostoru (X, Y, Z)

- **Možnosti využití fotogrammetrie**

Letecká fotogrammetrie je **hlavní mapovací metodou pro mapy středních měřítek**. Důvodem je velká finanční a časová úspora oproti geodetickým metodám (pro území větší než cca 5 km²) při zachování požadované přesnosti.

Další možnosti využití jsou ve: **stavebnictví** (dokumentace staveb, zaměření liniových staveb, mapové podklady pro projekty a rekonstrukce, měření deformací), **archeologii a památkové péči** (dokumentace archeologických nalezišť, památkově chráněných objektů, nedestruktivní průzkum), **strojírenství** (proměřování výrobků, sledování montáže velkých dílů), **těžebním průmyslu** (sledování povrchových dolů a lomů, inventarizace skládek), **zemědělství** (sledování využití krajiny), **lesnictví** (porostní mapy, sledování těžby, polomy), **vodním hospodářství** (modelování povodí, zjišťování rozsahu záplav), **ekologii** (sledování skládek odpadu a znečištění, např. vodních toků), **urbanismu a architektuře** (3D modely měst, pohledové studie, sledování postupu výstavby), **designu** (určování a modelování tvarů), **policii a kriminalistice** (dokumentace velkých dopravních nehod a míst závažných zločinů), **medicíně a tělovýchově** (sledování a dokumentace výsledků rehabilitace, plastická chirurgie, zubní aplikace, pohybové studie), **vojenství** (rychlý průzkum rozsáhlých území, špionáž).

2. Měřický snímek

Základem pro využití fotogrammetrie je měřický snímek, tj. snímek, který splňuje požadavky na kvalitu, přesnost a pro který známe tzv. *prvky vnitřní a vnější orientace* – je pořízen *měřickou komorou*. Společně s rozvojem digitálního snímkování se v pozemní fotogrammetrii začaly využívat také *komory semiměřické* (výrobce pro použití ve fotogrammetrii upravené a kalibrované profesionální zrcadlovky) a *neměřické komory* (kvalitní fotoaparáty, u kterých se předem nepředpokládá využití ve fotogrammetrii). Při snímkování jinými než měřickými komorami musíme vždy brát v úvahu omezení přesnosti výsledků vyhodnocení a omezení vzdálenosti snímaných objektů (přesnost klesá s druhou mocninou vzdálenosti objektu od komory) – možné bude využití pouze pro blízkou fotogrammetrii (cca do 30 m).

Klasický analogový fotografický snímek vzniká změnou chemického složení citlivé (fotografické) vrstvy, která je způsobena energií dopadajícího záření během expozice (osvitu). Využívá se citlivosti některých halogenidů (halových solí) stříbra na světlo. Zachycený obraz nazýváme *latentní* (skrytý – není viditelný) a musí být vyvolán (stane se viditelným a trvalým).

Digitální fotografický snímek je obrazová informace převedená do číslicové formy. Dopadající záření (jeho absorbovaná energie) mění elektrické vlastnosti **čidla** (detektoru) – např. elektrický náboj (Q), odpor (R) nebo vodivost (G); při změně jedné veličiny dochází i ke změně ostatních.

- **Vznik digitálního obrazu**

Proces převodu obrazové informace do číslicové formy nazýváme *digitalizace obrazu*. Využívá se tzv. *vzorkování*, kdy jsou ve zvolené periodě odečtu (vzorkovacím kmitočtu) měřeny hodnoty analogového signálu pomocí A/D převodníku (*Analog To Digital*).¹ V případě digitalizace obrazu je odečítána intenzita záření dopadajícího na čidlo a perioda

¹ Podobný proces vzorkování se používá při digitalizaci nejrozličnějších analogových signálů (např. zvukových).

Digitální pozemní fotogrammetrie

odečtu je nahrazena rozlišením snímku (množství naměřených hodnot je dáno počtem všech čidel ve snímači – senzoru). Postup vzniku digitálního obrazu je následující: odečtení analogového signálu na čidle $\Rightarrow$ zesílení signálu $\Rightarrow$ vstup do A/D převodníku a vzorkování signálu (digitalizace) $\Rightarrow$ digitální výstup $\Rightarrow$ uložení digitálního obrazu.

- **Čidla** (detektory)

Všechna zde uvedená čidla patří mezi křemíkové fotodiody:

- **CCD** prvky (*Charge Coupled Device* – “zařízení se sdruženými náboji”) jsou polovodičové křemíkové prvky, reagující na záření vlnových délek 200 až 1100 nm. Jejich citlivost k barvám (tzn. k různým vlnovým délkám) musí být upravena pomocí filtrů tak, aby reagovaly pouze na oblast viditelného spektra (380 – 720 nm). Při expozici na čidlech vzniká elektrický náboj, který je následně přenesen do registru, v podobě analogového signálu zesílen, digitalizován a uložen.² Jednotlivá čidla jsou uspořádána do matic (senzorů), které zachycují obraz vytvořený objektivem.³
- **CMOS** prvky (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) pracují na bázi tranzistoru; oproti CCD mají výrazně nižší spotřebu elektrické energie (1%), jsou menší a výroba je levnější (o 80%), mohou mít ale nižší a nesterjnoměrnou citlivost (obecnou i k barvám).⁴
- **fotočlánek** – je polovodič jako CCD, ale mnohem větší (nevytváří matice prvků); používá se v bubnových (laboratorních) a družicových skenerech a také pro výrobu elektrické energie v solárních panelech.

² Předávání sdružených nábojů mezi čidly až do registru je využíváno u čipů s tzv. progresivním skenem.

³ Uspořádání čidel (detektorů) do řádek a sloupců (tj. do matice) nazýváme snímač (senzor) nebo také čip. Stejně uspořádání do matice potom mají i pixely pořízeného digitálního obrazu.

⁴ U pasivních CMOS je dalším problémem vysoký šum – používají se v levnějších fotoaparátech.

U aktivních CMOS je ke každému čidlu připojen obvod redukující šum – dosahují pak vysoké kvality obrazu.

- **Základní pojmy digitálního obrazu**

- **pixel** (*Picture Element*), obrazový bod – základní a nejmenší jednotka digitálního obrazu; má určitou číselnou hodnotu (která vyjadřuje jeho barvu) a souřadnice (číslo řádku a sloupce v matici, číslováno od nuly s počátkem v levém horním rohu),
- **obrazová funkce** – udává vztah mezi souřadnicemi pixelu a jeho číselnou hodnotou; pro každý pixel zjistí podle polohy v obraze jeho barvu; je to funkce nespojitá (diskrétní),
- **kódování obrazu** – způsob zápisu digitální obrazové informace; podle počtu bitů potřebných na vyjádření barvy jednoho pixelu rozlišujeme 1bitové, 8bitové a 24bitové kódování obrazu (tato tři jsou nejpoužívanější); zvolené kódování má zásadní vliv na celkovou velikost obrazového souboru,⁵
- **barevná hloubka** – udává maximální počet barev v obraze, tj. maximální počet různých číselných hodnot vyjádřených pomocí určitého počtu bitů; závisí na zvoleném kódování a barevném systému,⁶
- **barevný systém RGB** – pro vyjádření úrovně každé ze tří základních barev (R-red, červená, G-green, zelená, B-blue, modrá) je použito 8bitové kódování, barva jednoho pixelu je tedy zapsána celkem 24 bity; získáváme tzv. pravé barvy (*True Colour*);⁷ systém RGB se nejvíce používá v digitální fotografii a pro zobrazování na počítačích,⁸

⁵ Pokud vynásobíme počet všech pixelů v obraze počtem bitů potřebných pro vyjádření barvy jednoho pixelu, získáme velikost nekomprimovaného obrazového souboru (Pozor: 1kB = 1024 B, 1MB = 1024 kB, atd.).

⁶ Zvolnému kódování odpovídá barevná hloubka obrazu: 1 bit → max. 2 barvy, 8 bitů → max. 256 barev, 24 bitů → více než 16 milionů barev (16 777 216).

⁷ V DPZ a digitální letecké fotogrammetrii se používá v rámci viditelné části spektra snímání ve třech samostatných pásmech (R, G, B) a barevný obraz vzniká jako syntéza těchto pásem.

⁸ Dalším barevným systémem je např. CMYK; používá se ve čtyřbarvotisku (barvy C-cyan, azurová, M-magenta, purpurová a Y-yellow, žlutá jsou doplňkové k barvám základním a K-black slouží pro tisk sytě černé barvy); barevný gamut (rozsah všech barevných odstínů, které lze v systému vyjádřit) je v CMYK menší než v RGB.

Digitální pozemní fotogrammetrie

- **vícépásmový obraz** (multispektrální) – vzniká, pokud pořizujeme obrazové záznamy ve více spektrálních pásmech (tj. v různých částech spektra) také mimo viditelné záření (především v oblasti záření dlouhovlnného: infračervené a mikrovlnné),
- **rozlišení digitálního obrazu** – nejčastěji se uvádí v *DPI (Dots per Inch)*, tj. počet obrazových bodů (pixelů) na délku jednoho palce ($1'' = 25,4 \text{ mm}$); u skenerů se rozlišení udává také velikostí jednoho čidla v řádce v μm ; pro obrazové záznamy DPZ (dálkového průzkumu Země) rozlišení leteckých snímků nebo ortofota se uvádí velikost jednoho pixelu ve skutečnosti (např. 1 pixel odpovídá na zemském povrchu ploše $10 \times 10 \text{ m}$) – označuje se zkratkou *GSD (Ground Sample Distance)*.

• Obrazové formáty

Obrazových formátů (tj. datových formátů určených pro uložení obrazových rastrových dat) je velké množství. Běžně používaných je ale jen několik:⁹

- BMP – *Windows Bitmap*
- PNG – *Portable Network Graphic*
- GIF – *Graphics Interchange Format*
- JPEG (JPG) – *Joint Photographic Experts Group*
- TIFF – *Tagged Image File Format*

• Komprese (komprimace) obrazových dat

- *formáty bez komprese* – není použit žádný kompresní algoritmus, objem dat zůstává stejný (odpovídá počtu pixelů v obraze a použitému kódování),
- *formáty s neztrátovou (bezztrátovou) kompresí* – zmenšením objemu dat se z obrazu neztrácí žádná informace; po dekompresi dostáváme naprosto stejná data,

⁹ Pro zjednodušení je v textu uvedeno označení obrazového formátu shodné s koncovkou (příponou) obrazového datového souboru.

Digitální pozemní fotogrammetrie

- *formáty se ztrátovou kompresí* – při zmenšení objemu dat dochází ke ztrátě informace (např. zjednodušení informace o intenzitě barev); v obraze se provedou neodstranitelné změny, po dekompresi nezískáme původní data

Kompresní poměr je poměr objemu dat komprimovaného a nekomprimovaného obrazového souboru – udává míru zmenšení množství dat.¹⁰

formát (přípona souboru)	kódování (max. možné)	barevná hloubka (max. počet barev)	komprese
BMP	24 bitů	max. 16 777 216	bez komprese
PNG	24 bitů	max. 16 777 216	bezztrátová
GIF	8 bitů	max. 256	bezztrátová
JPEG	24 bitů	max. 16 777 216	ztrátová
TIFF	všechny možnosti	viz kódování	různé volby

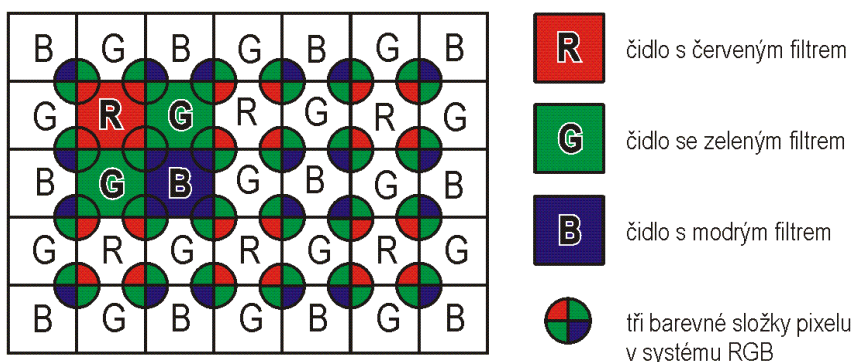
Formát **BMP** se nepoužívá pro obrazy větších rozměrů. Objemy dat bez komprese, při zachování plné barevnosti, totiž mohou být obrovské. Formát **PNG** umožňuje ukládat plně barevné obrazy, ale často se používá i s menším počtem barev, kdy jeho neztrátová komprese dává nejlepší výsledky. Formát **GIF** se používá pro obrazy s omezenou barevností nebo pro černobílé obrazy (max. 256 barev nebo stupňů šedi). Formát **JPEG** (JPG) je nejrozšířenější pro ukládání fotografických snímků; umožňuje plnou barevnost a poměrně malý datový objem. Vzhledem ke ztrátové kompresi ale není vhodný pro uložení čárové kresby (např. map nebo textů), tj. obrazů s prudkými barevnými přechody (barevnými hranami) nebo velkých obrazů s malým počtem barev. Formát **TIFF** poskytuje velké množství voleb (počet barev, kompresní algoritmus), takže jeho správné použití závisí na vhodném nastavení. Využívá se pro přenos dat mezi různými softwary.

¹⁰ Pro některé formáty lze ve specializovaných softwarech velikost kompresního poměru nastavit.

- **Tvorba barevného obrazu**

Všechny tři uvedené postupy vytvářejí barevné obrazy v systému RGB. Jejich úkolem je získat digitální výstup pro tři základní barvy (červenou, zelenou a modrou):

- **tři průchody** (*Three Pass*) – předloha je snímána třikrát pomocí jednoho senzoru, pokaždé s jiným předřazeným barevným filtrem (R, G, B); používá se ve skenerech; výhodou je jednoduchá konstrukce zařízení a kvalitní barevné podání; naopak nevýhodou velká časová prodleva,
- **tři senzory** – světlo se rozkládá do barevného spektra (hranolem nebo mřížkou), ze kterého se třemi filtry vymezí a třemi senzory zaznamenávají základní barvy (R, G, B); používá se v profesionálních komorách, kvalitních videokamerách a skenerech,
- **jedna expozice** (*One Shot*) – barevné filtry jsou nanесeny přímo na čidlech uspořádaných do řádek a sloupců v senzoru (čipu), sousední čidla tvoří čtveřici s barvami RGBG¹¹ – toto uspořádání se nazývá Bayerova mřížka nebo filtr;¹² každá čtveřice čidel dává výstupní barevný signál pro jeden pixel; výsledný počet pixelů je v každé řádce a v každém sloupci o jeden menší než je počet čidel v řádku resp. ve sloupci; plně barevný obraz vzniká během jedné expozice; používá se u většiny digitálních fotoaparátů.



Použitý zdroj – autor textu

¹¹ Zelená barva se opakuje dvakrát a její výstupní signál (G) se proto musí dělit dvěma. Důvodem pro toto řešení je zvýšená citlivost lidského oka na žlutozelenou barvu.

¹² Podle svého vynálezce Bryce E. Bayera z firmy Kodak.

3. Vlícovací body

- **Vlastnosti vlícovacích bodů**

Pomocí vlícovacích bodů (VB) určíme vztah mezi snímkem (pro jednosnímkovou fot.) nebo prostorovým modelem (pro dvousnímkovou fot.) a mapou (při analogovém vyhodnocení) nebo geodetickými souřadnicemi (při analytickém a digitálním vyhodnocení). Používáme je jako identické body při transformacích.

- **Vlastnosti vlícovacích bodů**

- leží na vyhodnocovaném terénu nebo objektu,
- jsou jednoznačně identifikovatelné (rozpoznatelné) na snímku i v terénu,
- mají určeny geodetické souřadnice dvojím nezávislým geodetickým měřením v terénu nebo fotogrammetricky pomocí snímkové triangulace,
- přesnost určení a identifikace závisí na měřítku snímku: má být dvakrát vyšší než přesnost výsledného plánu nebo mapy (např. grafická přesnost výsledného plánu 0,2 mm, pro vlícovací body dvakrát vyšší 0,1 mm, v měřítku 1:100 to znamená přesnost požadovaná pro určení vlícovacího bodu 0,01 m),
- mohou mít přirozenou nebo umělou signalizaci,
- velikost signálu s závisí na měřítkovém čísle snímku m_s a velikosti měřické značky d ,

$$s = d \cdot m_s = d \cdot \frac{y}{f} \text{ (pro pozemní fot.)}, \text{ kde } d = 0,05 \text{ mm je průměr měřické značky ve}$$
vyhodnocovacím přístroji,¹³ y – vzdálenost předmětů před objektivem a f – konstanta komory.

¹³ Velikost měřické značky se liší podle konkrétního výrobce a výrobku; obvykle se pohybuje mezi 0,04 až 0,06 mm.

- **Volba vlíčovacích bodů**

- *jednosnímková fotogrammetrie*

Pro překreslení snímku nebo kolineární rovinnou transformaci rastru potřebujeme alespoň **4 vlíčovací body** o dvou souřadnicích $[X, Y]$ rovnoměrně rozmístěné v rovině překreslení (např. v rozích snímku) na vyhodnocovaném terénu nebo objektu.

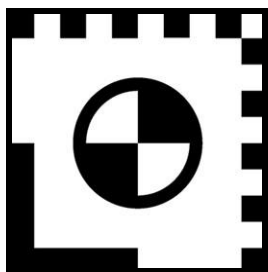
- *dvousnímková a průseková fotogrammetrie*

Pro vnější orientaci prostorového modelu nebo prostorovou podobnostní (resp. projektivní) transformaci potřebujeme alespoň **3 vlíčovací body** o třech souřadnicích $[X, Y, Z]$; pro dvousnímkovou metodu musejí ležet v překrytové části snímků.

Uvedené počty vlíčovacích bodů jsou minimální pro danou metodu. Běžně ovšem volíme nadbytečný počet bodů tak, aby mohla být při vyhodnocení provedena kontrola a případně i vyrovnání zpřesňující výsledky vyhodnocení.¹⁴

- **Signalizace vlíčovacích bodů v pozemní fotogrammetrii**

- *přirozená signalizace*: rohy oken, dveří, křížení řím, vrcholy stožárů, apod.
- *umělá signalizace*: papírové čtverce a kruhové terče na kůlu, cílová zařízení na stativu, samolepící reflexní terčíky (pro menší objekty, na kratší vzdálenosti).



Použitý zdroj – archiv autora textu

¹⁴ Pro dvousnímkové metody nejčastěji 4-5 VB v překrytu. Pro jednosnímkové metody max. 8-12 VB.

Pracovní list 1

Postup prací v pozemní fotogrammetrii

Přípravné práce

1) Volba metody pozemní fotogrammetrie (podle počtu snímků)

Jednosnímková fot. – umožňuje jednoduché a rychlé určení polohy v rovině. Prostorové členění způsobuje chyby v poloze bodů.

Výsledkem vyhodnocení je fotoplán, nad kterým lze následně provést vektorizaci.

☞ Vhodná pro vyhodnocení rovinných průčelí budov nebo jejich částí.

Průseková fot. – umožňuje určení polohy bodů v prostoru bez použití umělého stereoskopického vjemu. Lze dosáhnout vysoké přesnosti určení uměle signalizovaných bodů na krátké vzdálenosti. Mohou nastat obtíže při identifikaci nesignalizovaných bodů na více snímcích. Veškerá kresba musí být rozložena na jednotlivé body.

Výsledkem vyhodnocení jsou prostorové souřadnice jednotlivých bodů, vektorová kresba (tzv. drátový model) nebo model objektu včetně povrchů.

☞ Vhodná pro vyhodnocení menších prostorově členěných stavebních objektů s dostatkem přirozeně signalizovaných bodů.¹

Dvousnímková fot. – umožňuje určení polohy v prostoru s využitím umělého stereoskopického vjemu s vysokou přesností i na větší vzdálenosti (náročná na použité technologie a vybavení, dosah 300-500 m). Stereoskopický vjem usnadňuje identifikaci bodů na snímcích a umožňuje vyhodnocovat i prostorové křivky.

Výsledkem vyhodnocení jsou prostorové souřadnice jednotlivých bodů nebo vektorová kresba.

¹ Při použití velmi blízké fotogrammetrie (cca do 3 m) lze pro uměle signalizované body dosáhnout submilimetrové přesnosti.

☞ Vhodná pro vyhodnocení prostorově členěných objektů s nepravidelnými tvary nebo pro mapování nepřístupného terénu.

	<i>Jednosnímková fot.</i>	<i>Průseková fot.</i>	<i>Dvousnímková fot.</i>
<i>Lze použít jednoduché vybavení</i>	✓	✓	✗
<i>Potřeba zaměření vlíčovacích bodů</i>	✗	✗	✓
<i>Určení polohy bodů v prostoru</i>	✗	✓	✓
<i>Využití umělého stereoskopického vjemu</i>	✗	✗	✓
<i>Potřeba použít měřickou komoru</i>	✗	✗	✓
<i>Práce vyšší přesnosti na velké vzdálenosti</i>	✗	✗	✓

2) Volba digitální komory

Podle zvolené metody, požadované přesnosti a vzdálenosti objektů volíme komoru **měřickou** (známé prvky vnitřní orientace, možnost měřit nebo nastavit prvky vnější orientace, vysoká vnitřní přesnost snímků), **semiměřickou** (fotoaparáty upravené a kalibrované výrobcem pro použití ve fotogrammetrii) nebo **neměřickou** (kvalitní fotoaparáty, např. digitální zrcadlovky). Při vyhodnocování snímků pořízených neměřickou komorou bychom měli využívat pouze oblast kolem jejich středů (cca 60% z plochy snímku). Na okrajích snímku se totiž výrazněji projevují zkreslení způsobená objektivem.

Velikost konstanty komory (resp. ohniskové vzdálenosti) volíme opět podle požadované přesnosti a vzdálenosti objektů: pro práce vyšší přesnosti a na větší vzdálenosti **delší konstanta komory** (tzn. menší obrazový úhel), pro větší objekty a krátké vzdálenosti (např. při omezeném prostoru před objektem) **menší konstanta komory** (tzn. větší obrazový úhel).

Digitální pozemní fotogrammetrie

Dále zvolíme **formát** a **orientaci snímku**, resp. rozměr a rozlišení snímku v hodnotách pixelů. **Rozlišení snímku**, tj. velikost jednoho pixelu digitálního obrazu ve skutečné velikosti na snímaném objektu lze vypočítat ze vzorce

$$r = m_s \cdot r' = s / f \cdot r',$$

kde m_s – měřítkové číslo snímku, s – vzdálenost objektu od místa snímkování, f – ohnisková vzdálenost objektivu (resp. konstanta komory), r' – velikost jednoho čidla na snímači.

Protože poslední veličinu často neznáme, lze rozlišení jednoduše odhadnout tak, že rozměr celé scény snímku ve skutečnosti (tj. šířku záběru), vydělíme počtem pixelů digitálního snímku v jedné řádce (tj. šířkou snímku v pixelech).

	<i>Měřická komora</i>	<i>Semiměřická komora</i>	<i>Neměřická komora (fotoaparát)</i>
<i>Známé prvky vnitřní orientace</i>	✓	✓	✗
<i>Potřeba odstraňovat vliv zkreslení objektivu</i>	✗	✓	✓
<i>Nastavení nebo měření orientačních úhlů</i>	✓	✗	✗
<i>Práce vyšší přesnosti na velké vzdálenosti</i>	✓	✗	✗

Pracovní list 2.1. a

Metoda jednosnímkové fotogrammetrie – tvorba fotoplánu

Práce v terénu

1) Rekognoskace terénu

- Volba a případně umělá signalizace vlíčovacích bodů – volíme min. 4 vlíčovací body v rovině překreslení (vhodnější je nadbytečný počet).
- Vlíčovací body mohou být přirozeně nebo uměle signalizované.
- Vlíčovací body musejí rovnoměrně pokrývat celou rovinu objektu pro překreslení.
- Volba stanoviska snímkování je ovlivněna především vzdáleností od objektu, která má vliv na rozlišení výsledného fotoplánu (rozměr pixelu ve skutečné velikosti v rovině objektu).
- Volíme raději menší obrazový úhel (tj. větší ohniskovou vzdálenost), takže stanovisko snímkování bude od objektu více vzdáleno, ale vzniknou menší zákryty za případnými výstupky, menší měrou se projeví vliv radiálních posunů a zkreslení objektivu budou také menší (zmenšení vlivu zkreslení má význam zvláště u neměřických komor – tj. fotoaparátů). Volba obrazového úhlu ovlivní pouze vzdálenost snímkování nikoli rozlišení fotoplánu, pokud bude snímkována stále stejná část objektu.
- Osa záběru má být alespoň přibližně kolmá k rovině snímkaného objektu (zkreslení rovnoběžek na snímku vlivem perspektivy pak nebude příliš velké).
- Pokud se na objektu vyskytuje výrazný výstupek, je vhodné umístit jej do středu snímku (ve středu snímku jsou radiální posuny minimální).¹

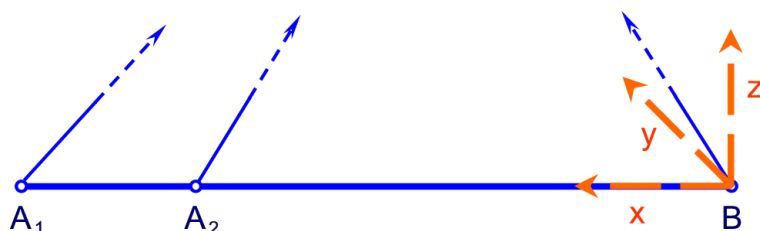
¹ Radiální posun je chyba v poloze bodu způsobená perspektivním zobrazením snímku (středovým průmětem). Body ležící mimo rovinu překreslení se posouvají ve směru od středu snímku k okraji. Velikost těchto posunů závisí na vzdálenosti bodu od středu snímku, velikosti prostorového členění objektu (např. výstupků na průčelí budovy) a na konstantě komory (ohniskové vzdálenosti objektivu). Volbou objektivu s větší ohniskovou vzdáleností lze velikost radiálních posunů zmenšit.

2) Pořízení snímku

- Lze používat automatické ostření a optické přiblížení obrazu (využívat digitální zoom nemá smysl).
- Snímky je možné ukládat ve formátu JPEG (tj. se ztrátovou kompresí).
- U velkých objektů je možné pro dosažení návaznosti překreslených částí pořídit více snímků s částečným překrytem. Každý snímek (resp. rovina překreslení) musí mít vlastní vlíčovací body.

3) Geodetické zaměření vlíčovacích bodů nebo délek

- Provedeme geodetické měření pro určení souřadnic (X, Y) min. 4 vlíčovacích bodů v rovině objektu (např. polohu protínáním a výšky trigonometricky). Pro zvýšení přesnosti fotoplánu a kontrolu jeho zpracování (výpočtu transformace rastru) je vhodné volit nadbytečný počet bodů.
- Souřadnice mají být určeny dvojím nezávislým způsobem s přesností vyšší než je požadovaná přesnost fotoplánu.



Použitý zdroj – autor textu

 Příklad rozložení stanovišek geodetického zaměření na základně pro určení souřadnic vlíčovacích bodů (orientace os odpovídá geodetickému systému souřadnic ve fotogrammetrii).²

- Určování souřadnic vlíčovacích bodů lze nahradit zaměřením sítě délek (4 strany čtyřúhelníku a alespoň jedna úhlopříčka).

² Pokud všechny tři body leží na jedné přímce, lze z měření na těchto stanoviších provést výpočet souřadnic a výšek VB ze základů A₁B a A₂B.

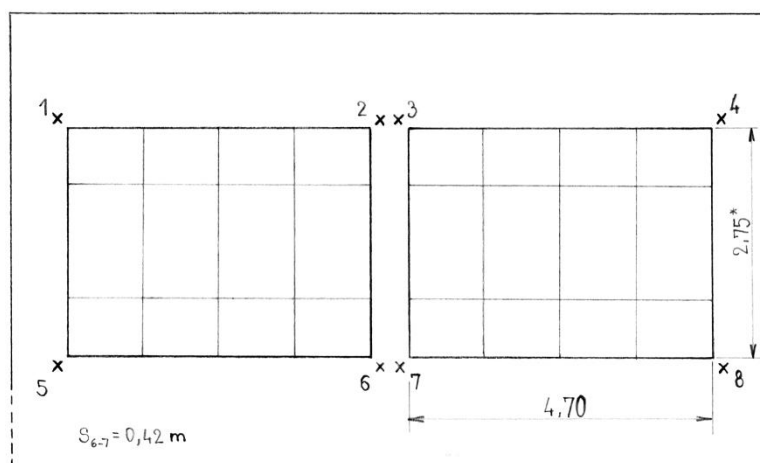
Digitální pozemní fotogrammetrie

- Síť délek je možné zjednodušit na pouze dvě měřené délky ve svislém a vodorovném směru (v tomto případě je však geodetické měření bez kontroly).
- Pokud je možné zajistit kolmost osy záběru k rovině objektu, lze měřit pouze jednu délku pro určení měřítka fotoplánu (vzniká ale riziko chyb, které nebude možné při zpracování snímku zjistit).
- Ve všech třech případech bez měření vlíčovacích bodů je vhodné zajistit také vodorovný nebo svislý směr, který se zobrazí na snímku (např. jedna z délek by měla být ve svislém směru nebo použijeme závěs olovnice).
- Změříme kontrolní oměrné: alespoň jednu délku mezi vlíčovacími body (pro kontrolu výpočtu jejich souřadnic) a jednu délku mezi dalšími prvky na objektu (pro kontrolu přesnosti výsledného fotoplánu).
- Není třeba zaměřovat souřadnice stanoviště snímkování.

4) Vyhotovení náčrtu

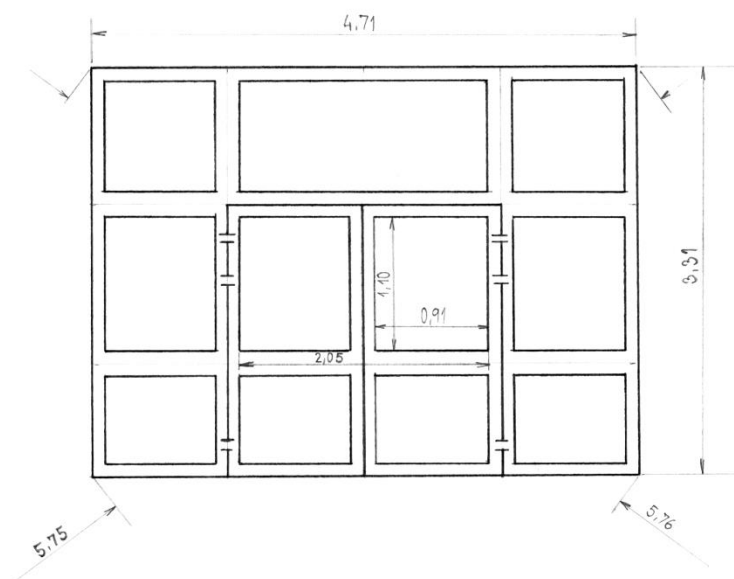
- Do schématického náčrtu objektu zakreslíme umístění vlíčovacích bodů a kontrolní oměrné nebo síť měřených délek.
- Při použití přirozené signalizace doplníme ke každému bodu jeho detail s nejbližším okolím.

Náčrt umístění vlíčovacích bodů



* měřeno pod parapet

Náčrt sítě měřených délek



Použitý zdroj – autor textu

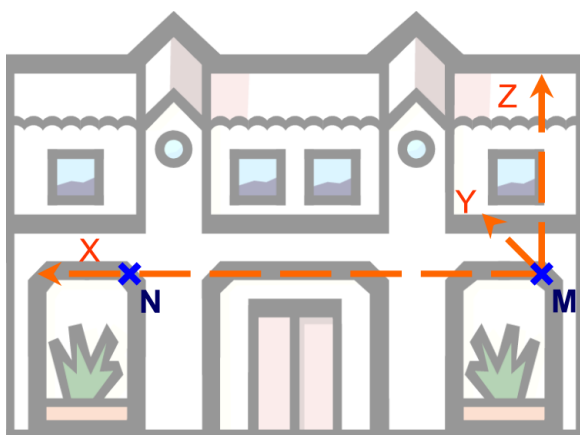
Pracovní list 2.1. b

Metoda jednosnímkové fotogrammetrie – tvorba fotoplánu

Kancelářské práce

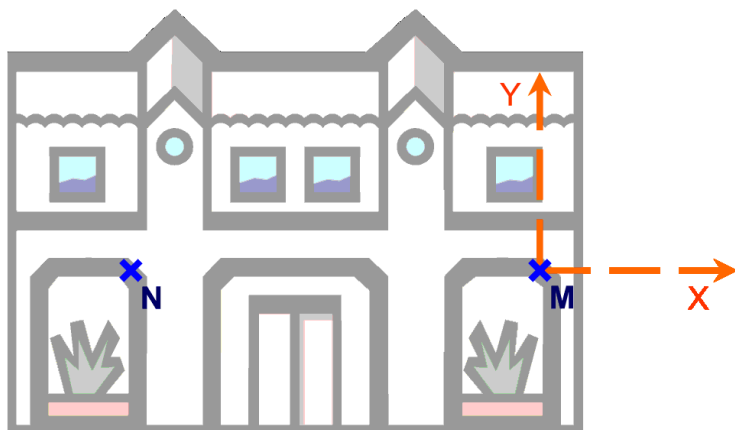
1) Výpočet souřadnic vlíčovacích bodů

- Souřadnice vlíčovacích bodů musejí být určeny v rovině překreslení – tzn. osy souřadnicového systému leží v rovině se zvolenými vlíčovacími body na objektu (souřadnice mohou být ze systému základny geodetického zaměření převedeny do souřadnicového systému roviny překreslení shodnostní transformací pomocí dvou identických bodů zvolených v rovině překreslení – provede se pouze posunutí a otočení, změna měřítka nemá význam).



Použitý zdroj – autor textu

-  Příklad umístění geodetického souřadnicového systému v rovině průčelí se dvěma identickými body (M, N) pro výpočet **shodnostní** transformace.
- Pro další zpracování se požaduje kartézský systém souřadnic X, Y, do kterého přejdeme ze systému geodetických souřadnic (souřadnice Y pak může představovat nadmořskou výšku bodů na fotoplánu): $X \rightarrow -X$, $Y = 0$ a $Z \rightarrow Y$ (pro program SIMphoto – v jiných programech může být orientace os odlišná). Souřadnice Y geodetického systému bude mít nulovou hodnotu – v rovině překreslení se nezobrazí.



Použitý zdroj – autor textu

☞ Příklad umístění kartézského rovinného systému souřadnic v rovině průčelí.

2) Tvorba fotoplánu v programu SIMphoto

Přehled pracovního postupu:

- A. Načtení snímku do projektu
- B. Tvorba fotoplánu
 - 1. pomocí vtlíčovacích bodů
 - 2. pomocí sítě měřených délek
 - 3. pomocí svislé a vodorovné délky
 - 4. pomocí jedné délky
- C. Kontrola správnosti fotoplánu
- D. Tisk fotoplánu

Následující text uvádí pracovní postup použitelný při práci v programu **SIMphoto**, který byl vyvinut na Stavební fakultě Českého vysokého učení technického v Praze v rámci diplomové práce Ing. Davida Čížka. Slouží především pro jednoduché metody vyhodnocení jednosnímkové fotogrammetrie (viz <http://www.simpphoto.wz.cz>).

Obecný postup řešení	Práce v programu
A. Načtení snímku do projektu	
Otevření rastrového souboru snímku	- v programu lze otevřít pouze soubory ve formátu JPG / JPEG nebo TIFF <i>Snímek – Načíst snímek</i> - vyhledejte a otevřete soubor okna.jpg - v pracovním okně se snímek zobrazuje vždy v plném rozlišení (1 : 1) - na levé straně se zobrazí náhled, který zároveň slouží pro posun na snímku
Odstranění vlivu zkreslení objektivu	- program umožňuje odstranit zkreslení (distorze) způsobené vadami objektivu <i>Funkce – Eliminace distorze</i> - požadovány jsou hodnoty pro polohu hlavního snímkového bodu, velikost formátu snímku, koeficienty radiální a tangenciální distorze, které je ovšem třeba pro použitou komoru zjistit v jiném software jako výsledek kalibrace komory (např. PhotoModeler, viz http://photomodeler.com) - zjednodušené (ale méně přesné) zmírnění vlivu zkreslení je možné provádět i v jiných programech (např. ShiftN, viz http://www.shiftn.de) - pro práce nižší přesnosti není třeba vliv zkreslení odstraňovat
B. 1. Tvorba fotoplánu pomocí vlíčovacích bodů	
Snímání polohy vlíčovacích bodů na snímku	<i>Fotoplán – metoda zaměření vlíčovacích bodů</i> - v okně náhledu se posuneme přibližně na polohu prvního VB (viz náčrt z terénu) – snímek zůstává stále v plném rozlišení - v okně pod náhledem stiskneme tlačítko [<i>Spustit snímání</i>]

- v okně snímku se objeví VB číslo jedna
- na snímku klikneme do místa s obrazem prvního VB, zobrazí se lupa, a druhým kliknutím umístíme bod přesně
- koeficient zvětšení lupy je možné nastavit v roletovém menu **Zobrazit – Lupa** (volíme 3násobné nebo 5násobné zvětšení, případně lze lupu vypnout)
- změnit barvu kurzoru (v kontrastu k barvě okolí VB) lze z menu **Zobrazit – změna barvy ukazatele**
- pokud chceme polohu bodu opravit, zadáváme jeho umístění opět stejným způsobem (opakujeme kliknutí do snímku)
- pro snímání dalšího bodu se v náhledu snímku přesuneme do přibližného místa jeho polohy, v okně pod náhledem snímku zadáme číslo **2** (nebo šipkou navýšíme hodnotu čísla bodu o 1), kliknutím zobrazíme lupu a zadáme přesnou polohu bodu
- stejným způsobem snímáme polohu všech ostatních VB na snímku

Pozor – vždy je třeba ručně nastavit číslo zadávaného bodu (po sejmutí polohy VB program automaticky čísla nezvyšuje) – přecházet na následující nebo předchozí číslo bodu lze také pomocí kláves **Q** a **A**

- volbou [**Odstranit poslední bod**] je možné smazat bod s nejvyšším číslem
- opravit polohu bodu lze provést zadáním jeho čísla v okně pod náhledem a sejmutím správné polohy na snímku

- Vložení geodeticky určených souřadnic vřícovacích bodů
 - po sejmutí polohy všech VB stiskneme tlačítko [\[Otevřít tabulku bodů\]](#)
 - souřadnice bodů vypočtené z geodetického měření lze zadávat do sloupců **X** [m] a **Y** [m] ručně nebo načíst z připraveného textového souboru – tento seznam souřadnic je třeba připravit předem v předepsaném formátování (záhlaví sloupců: **bod**, **x**, **y**, oddělovačem je mezera nebo tabulátor, lze použít desetinnou čárku i tečku)
 - čísla bodů jsou pouze pořadová – program neumožňuje pracovat s jinými čísly bodů
 - stiskněte tlačítko [\[Načíst souřadnice\]](#) a vyhledejte soubor **okna-VB.txt**
 - objeví se informační okno: *Nyní proběhne kontrola přiřazení souřadnic sejmutým bodům* [\[OK\]](#)
 - program postupně zobrazuje načtené souřadnice bodů a posouvá zobrazení snímku do jejich přibližného umístění – funkce slouží především ke kontrole správné orientace os před výpočtem transformačního klíče pro překreslení snímku
 - správnost polohy bodu potvrzujeme tlačítkem [\[Další bod\]](#) nebo je možné změnit polohu každého bodu na snímku jeho opětovným sejmutím
 - po kontrole posledního bodu stiskneme tlačítko [\[Otevřít tabulku bodů\]](#)
 - nyní je vhodné uložit souřadnice sejmutých bodů do externího souboru volbou [\[Uložit tabulku\]](#) – v případě potřeby lze uloženou tabulku opět načíst z roletového menu *Funkce – Načíst tabulku bodů*
 - zadejte umístění a název pro uložení tabulky **okna-transformace.txt**

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Výpočet transformačního klíče a překreslení snímku | <ul style="list-style-type: none"> - tlačítkem [Ukázat opravy] zobrazíme zbytkové chyby na vlíčovacích bodech po výpočtu transformačního klíče - v prvním sloupci tabulky Použít lze zaškrtnutím volit, které body budou do výpočtu transformace zahrnuty – po odškrtnutí řádky vyloučeného bodu je třeba aktualizovat zobrazení chyb tlačítkem [Ukázat opravy] - pokud je třeba upravit polohu sejmutého bodu v rastru, použijeme tlačítko [Přejít na snímání] - pokud jsme dosáhli uspokojivého výsledku, potvrdíme vypočtený transformační klíč tlačítkem [Transformovat] – program provede překreslení snímku (kolineární rovinnou transformaci rastru) - v následujícím okně zadáme rozměr pixelu vytvářeného fotonáplánu ve skutečné velikosti (program nabízí hodnotu, která odpovídá rozlišení původního snímku) – zadáme 0,01 m (nabízenou hodnotu je vhodné zaokrouhlit nahoru proto, aby nevznikaly příliš velké rastry) - následně dojde k převzorkování transformovaného snímku a zobrazí se výsledný fotonáplan - fotonáplan uložíme do rastrového souboru volbou Snímek – Uložit snímek jako (použít lze pouze formát JPG nebo TIFF) - zadejte umístění a název pro uložení fotonáplánu okna-fotonáplan.jpg - současně s rastrem fotonáplánu vzniká i pomocný textový soubor, který obsahuje informace o rozlišení rastru (velikost pixelu) a jeho umístění v souřadnicovém systému |
|--|---|

B. 2. Tvorba fotoplánu pomocí sítě měřených délek

Otočení snímku podle svislice	- načteme snímek vstup.jpg Funkce – Otočit rastr / změnit velikost pixelu - volíme pouze otočení rastru (velikost pixelu ponecháme podle původního snímku) - následně je třeba umístit dva body (horní a spodní) na svislici – mezi prvním a druhým bodem je třeba přepínat ručně - pro přesné zadání polohy na snímku se automaticky zobrazuje lupa - stiskneme tlačítko [Transformovat]
Zadání měřených délek	Fotoplán – Metoda zaměření sítě - objeví se schéma sloužící pro zadání měřených stran čtyřúhelníku a jeho úhlopříček – ve spodní části okna volíme, zda jsou měřeny obě úhlopříčky nebo jen jedna (v tomto projektu jsou měřeny obě úhlopříčky) - zadáme měřené hodnoty podle náčrtu - pokud jsou zadány obě úhlopříčky, dochází ke kontrole měření a výpočtu maximální polohové odchylky
Snímání koncových bodů měřených délek na snímku	- v okně pod náhledem snímku volíme [Spustit snímání] - podle zvoleného schématu postupně zadáváme koncové body délek v pořadí podle nastaveného čísla - číslo následujícího koncového bodu musíme nastavit ručně
Překreslení snímku	- stiskneme tlačítko [Otevřít tabulku bodů] - zobrazí se geodetické souřadnice 4 bodů, které byly programem vypočteny na základě měřených délek a jejich poloha

	na snímku (souřadnice v pixelech) – protože jsou body pouze čtyři, nemohou být zobrazeny opravy - pro případné pozdější použití lze tabulku uložit - stiskneme tlačítko [Transformovat] - objeví se okno pro zadání velikosti pixelu fotoplánu (zadaná hodnota viz odstavec B. 1.) - fotoplán uložíme: vstup-fotoplan1.jpg
B. 3. Tvorba fotoplánu pomocí svislé a vodorovné délky	
• Snímání bodů, zadání délek a překreslení snímku	- Fotoplán – Metoda zaměření délek - zvolíme Svislá a vodorovná délka – náhled schématu ukazuje čísla bodů na svislém (1-2) a vodorovném směru (2-3) - volíme [Spustit snímání] - postup je obdobný jako v předchozím případě - po označení všech bodů stiskneme tlačítko [Vložit délky] - zadáme obě měřené délky podle náčrtu a požadovanou velikost pixelu fotoplánu 0,005 m (v tomto případě program nenabízí hodnotu rozlišení) – snímek bude podle směru zadaných délek také natočen - potvrdíme [Transformovat] - fotoplán uložíme: vstup-fotoplan2.jpg
B. 4. Tvorba fotoplánu pomocí jedné délky	
• Snímání bodů, zadání délky a překreslení snímku	- Fotoplán – Metoda zaměření délek - zvolíme Jedna měřená délka - volíme [Spustit snímání] - postup je obdobný jako v předchozím případě

	- po označení obou bodů stiskneme tlačítko [Vložit délku] - zadáme měřenou délku a požadovanou velikost pixelu fotoplánu (program nenabízí hodnotu rozlišení) – pokud je délka svislá zaškrtneme příslušnou volbu (v tomto případě dojde také k natočení snímku) - potvrdíme [Transformovat] - fotoplán uložíme: vstup-fotoplan3.jpg
C. Kontrola správnosti fotoplánu	
• Měření vzdáleností	- provedeme kontrolu rozměru fotoplánu pomocí v terénu měřené oměrné - posuneme snímek do místa s měřenou délkou a spustíme Funkce - Měření - na snímku se zobrazí dva body (1, 2), jejichž polohu měníme kliknutím myši – opět je nutné v okně pod náhledem snímku ručně nastavit číslo bodu, který chceme přesouvat (použít lze také klávesy Q a A) - podle zápisu v náčrtu zkontrolujte rozměr okna, resp. vstupních dveří (velikost odchylky závisí především na rozlišení snímku, přesnosti zaměření VB, resp. délek a na kvalitě transformace snímku) Pozor – vlivem tzv. radiálních posunů lze měřit správné rozměry pouze v rovině překreslení - funkci ukončíme tlačítkem [Ukončit měření]

D. Tisk fotoplánu

- Příprava pro tisk

- *Funkce – Vložit grafické měřítko*
- kliknutím do snímku se měřítko vloží
- následně je možné upravit požadované parametry: volíme jednotky grafického měřítko, násobek velikosti elementárního dílku a velikost textu (minimální hodnota je 10)
- změna nastavení se projeví po dalším kliknutí do snímku – současně měřítko určíme požadovanou polohu
- stiskneme tlačítko [*Dokončit*]
- pokud je fotoplán s vloženým měřítkem uložen, bude výsledný rastr měřítko obsahovat
- fotoplán uložený do rastrového souboru je možné připravit pro tisk v jiném programu (připojení do souřadnicového systému je uloženo v pomocném textovém souboru)

- Tisk do souboru PDF

- *Snímek – Tisk do PDF*
- v náhledu zadáme dvěma (samostatnými) kliknutími výřez fotoplánu pro tisk – zadání je možné vícekrát opakovat a opravit
- potvrdíme [*Další>>*]
- kliknutím umístíme výřez na prázdný list (zadání polohy výřezu je možné opakovat i po následujících nastaveních)
- dále volíme formát papíru (A4-A2), orientaci formátu (Na výšku / Na šířku) a měřítko tisku (číselně)
- v pravé spodní části okna přepneme na *Vložit název*
- text zadáme do příslušné řádky a zvolíme velikost písma

- polohu názvu lze opět měnit kliknutím do náhledu fotoplánu
- v pravé spodní části okna přepneme na [Vložit popis](#)
- postupujeme obdobným způsobem (*pozn.* aby ve výstupním tisku nedocházelo k ořezání znaků, osvědčuje se vložit před a za text popisu mezeru)
- tisk výstupu spustíme tlačítkem [[Tisk do PDF](#)]

SPŠ zeměměřická - 4. NP



fotoplán v měřítku 1 : 50

Použitý zdroj – autor textu

🖨 Ukázka tiskového výstupu fotoplánu – **okna-fotoplan.jpg** (zmenšeno)

SPŠ zeměměřická - vstup



fotoplán v měřítku 1: 25

Použitý zdroj – autor textu

🖨 Ukázka tiskového výstupu fotoplánu – **vstup-fotoplan.jpg** (zmenšeno)

Pracovní list 2.2. a

Metoda průsekové fotogrammetrie – tvorba prostorového modelu

Práce v terénu

1) Rekognoskace terénu

- Volba a případně umělá signalizace vlíčovacích bodů – volíme min. 3 vlíčovací body rovnoměrně rozložené na objektu (vhodnější je nadbytečný počet).
- Vhodné je signalizovat také tzv. spojovací body tak, aby byly viditelné na každém snímku – při vyhodnocení budou snáze identifikovatelné (body přirozeně signalizované může být obtížné na snímcích v dostatečném počtu rozpoznat). Není třeba určovat geodetickým měřením jejich souřadnice.
- Pokud se uměle signalizují i body podrobné, může být na krátké vzdálenosti (cca do 3 m) při vyhodnocení dosaženo vysoké přesnosti.
- Vybrané body je možné signalizovat pomocí kódových signálů, které budou při zpracování snímků rozpoznány automaticky.
- Osy záběru se protínají zhruba uprostřed objektu.
- Stanoviska snímkování volíme pokud možno kolem celého objektu, tak aby se snímky mohly při zpracování vzájemně propojit.

2) Pořízení snímků

- Nutné jsou minimálně dva snímky, ale většinou jich bývá více – souřadnice podrobného bodu bude možné určit, pokud se zobrazí alespoň na dvou snímcích.
- Ohnisková vzdálenost (konstanta komory) má být pro všechny snímky stejná – je třeba zvolit optické přiblížení (zoom) a již jej neměnit. Pokud možno volíme krajní polohy (tj. minimální nebo maximální obrazový úhel). Automatické ostření (autofokus) musí

být vypnuté - volíme manuální režim, zaostříme ručně (nejlépe na nekonečno) a již nepřeostřujeme.

- Ostrost snímků je zajištěna díky tzv. hloubce ostrosti. Proto volíme raději vyšší clonové číslo a delší doby osvitů. Vhodné je použít režim „priorita času“, nastavit clonu a kontrolovat doby osvitů. Nejdelší přípustné expozice pro snímkování z volné ruky jsou 1/60 až 1/30 s. Pro delší doby osvitů je třeba použít stativ, jinak dojde k rozmazání snímku. Doba osvitů je v případě potřeby možné zkrátit nastavením vyšší citlivosti – tzn. více než 100 ISO (pozor na příliš velký šum na snímku v případě volby vysokých citlivostí, tj. více než cca 600 ISO).¹
- Vhodné je používat kalibrovanou komoru – kalibrace může být provedena zpracováním snímků testovacího pole v předchozím projektu.

3) Geodetické zaměření vlícovacích bodů nebo délek

- Provedeme geodetické měření pro určení souřadnic (X, Y, Z) min. 3 vlícovacích bodů rovnoměrně rozložených po celém objektu. Pro zvýšení přesnosti a kontrolu zpracování je vhodné volit nadbytečný počet bodů.
- Vlícovací body mohou být přirozeně nebo uměle signalizované.
- Pokud není třeba umístit objekt v souřadnicovém systému, lze určování souřadnic vlícovacích bodů nahradit zaměřením jedné délky, která určí zpracovávanému modelu správný rozměr (přesnost určení této délky bude mít vliv na kvalitu celého vyhodnocení). Možné je použít například výtyčku nebo jiný délkový etalon.

¹Velikost hloubky ostrosti závisí na ohniskové vzdálenosti (podle použitého objektivu), zvolené cloně (tj. světelnosti objektivu) a na vzdálenosti zaostřovaného objektu. Při zaostření na nekonečno budou ostře zobrazeny objekty v tzv. **hyperfokální vzdálenosti** a všechny vzdálenější. Její hodnotu lze vypočítat ze vzorce $h = (f^2/K \cdot u) + f$, kde f – ohnisková vzdálenost, K – clonové číslo, u – průměr rozptýleného kroužku, který volíme 0,02-0,03 mm. Zaostřit lze také přímo na hyperfokální vzdálenost a potom budou ostře zobrazeny všechny objekty od poloviny její hodnoty až do nekonečna. Pokud chceme určit hloubku ostrosti pro libovolné zaostření, vypočteme hodnotu přední hranice ostrosti $a_p = h \cdot a / (h + a - f) = a \cdot f^2 / (f^2 + K \cdot (a - f) \cdot u)$ a zadní hranice ostrosti $a_z = h \cdot a / (h - a - f) = a \cdot f^2 / (f^2 - K \cdot (a - f) \cdot u)$, kde a – je vzdálenost zaostřovaného objektu. Postup lze také obrátit a na základě poloviční hodnoty hyperfokální vzdálenosti vypočítat pro zaostření až do nekonečna potřebné clonové číslo $K = f^2 / 2 \cdot a_p \cdot u$, kde a_p je vzdálenost nejbližších objektů, které mají být zobrazeny ostře. Při výpočtech je samozřejmě nutné dosazovat všechny hodnoty ve stejných jednotkách.

- Vhodné je zajistit také vodorovný nebo svislý směr (např. pomocí závěsu olovnice nebo opět svislou výtyčkou).
- Změříme kontrolní oměrné: alespoň jednu délku mezi vlíčovacími body (pro kontrolu výpočtu jejich souřadnic) a jednu délku mezi dalšími prvky na objektu (pro kontrolu přesnosti výsledného modelu objektu).
- Není třeba zaměřovat souřadnice stanovišek snímkování (pro usnadnění vyhodnocení postačuje zakreslení jejich polohy do náčrtu).

4) Vyhotovení náčrtu

- Do náčrtu zakreslujeme snímkaný objekt, přibližnou polohu stanovišek snímkování, orientaci os záběru a umístění vlíčovacích bodů. Pro přirozeně signalizované vlíčovací body je vhodné vyhotovit jejich detaily pro přesnou identifikaci při zpracování.
- Provedeme záznam kontrolních oměrných pro ověření přesnosti souřadnic vlíčovacích bodů a kontrolu správnosti určení měřítka modelu při zpracování projektu.

Pracovní list 2.2. b

Metoda průsekové fotogrammetrie – tvorba prostorového modelu

Kancelářské práce

1) Výpočet souřadnic vlíčovacích bodů

- Požaduje se kartézský systém souřadnic X, Y, Z (nikoli souřadnicový systém JTSK), ovšem souřadnice Z může vyjadřovat nadmořskou výšku (Bpv).
- Orientace os zvoleného souřadnicového systému bude mít vliv na natočení modelu vyhodnocovaného objektu v prostoru.
- Souřadnice vlíčovacích bodů mají být vypočteny dvojím nezávislým způsobem s přesností vyšší než je požadovaná přesnost určovaných bodů na objektu.

2) Tvorba prostorového modelu v programu PhotoModeler

Přehled pracovního postupu:

- A. Založení nového projektu
- B. Označení spojovacích bodů
- C. Propojení snímků (tzv. referencování)
- D. První výpočet modelu
- E. Kontrola výsledku výpočtu
- F. Přidání dalších snímků a doplnění kresby
- G. Druhý výpočet modelu a dokončení kresby
- H. Určení měřítka a orientace modelu
- I. Kontrola druhého výpočtu, oprava chyb a závěrečný výpočet modelu
- J. Tvorba povrchů
- K. Export dat

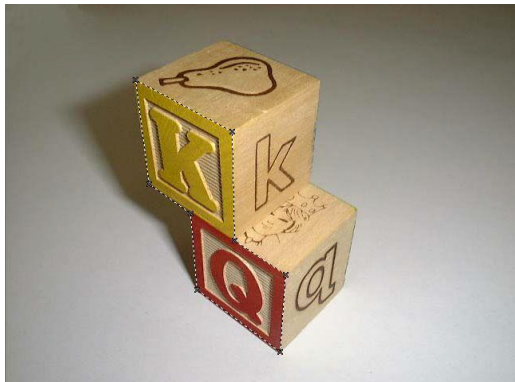
Následující postup není univerzálním řešením pro všechny projekty. Slouží především pro seznámení se všemi základními funkcemi programu.

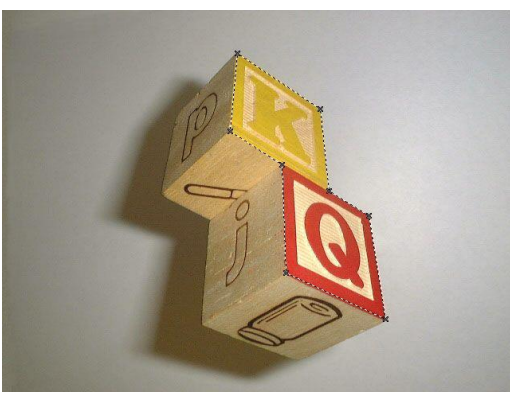
<i>Obecný postup řešení</i>	<i>Práce v programu</i>
A. Založení nového projektu	
Nový soubor projektu (PRM) a volba jeho typu	File – New Project... A Standard PhotoModeler Project (volba pro standardní vyhodnocení polohy bodů v prostoru)
Nastavení délkových jednotek a přibližné velikosti projektu	- délkové jednotky projektu [milimeters] - přibližná velikost vyhodnocovaného objektu v novém projektu [100 mm]
Volba použité komory	A camera used by PhotoModler previously (snímky byly pořízeny kalibrovanou nebo v dřívějším projektu již použitou komorou) - vyhledáme soubor s projektem, ve kterém již byla komora použita [Browse...] – soubor Done.prm je připraven ve stejném adresáři jako snímky - získáváme informaci o zvolené komoře: název (FUJI CAM), konstanta komory (7,600 mm), vypočtený formát snímku (7,1451 x 5,2908 mm), poloha hlavního snímkového bodu (3,5726; 2,6454 mm) a velikost snímků v pixelech (640 x 480 pix)
Načtení snímků do projektu	- tlačítko [Add/Remove Image(s)] - pokud je třeba, vyhledáme adresář s umístěním snímků [Change directory...] - snímky označíme a přesuneme do okna projektu [>>] – prozatím pouze dva: top2.jpg a bottom.jpg - potvrdíme nově vytvořený projekt [Finished]

• Uložení projektu	- <i>File – Save Project</i> - zadáme umístění a název nového projektu – zvolte stejný adresář, ve kterém jsou umístěny snímky a zadejte název <i>kostky.prm</i>
B. Označení spojovacích bodů	
• Otevření prvního snímku	- na záložce <i>Photos</i> označíme snímek 1 (<i>top2.jpg</i>) a použijeme volbu [<i>Open</i>] nebo dvojklik na náhled snímku  - znak v pravém horním rohu náhledu snímku informuje o tom, že snímky zatím nejsou orientovány - prozatím ponecháme zobrazení snímku 1:1
• Označení jednotlivých bodů na snímku¹ (pro označování bodů lze využívat také automatické vyhledávání signálů nebo označování signalizovaných bodů se subpixelovou přesností)	- <i>Marking – Mark Points Mode</i> – označíme pouze dva body² 

¹ V tomto projektu jsou spojovací body pro propojení snímků totožné s body podrobnými.

² V projektu používané nástroje je možné spouštět z roletových nabídek, palet nástrojů nebo z kontextové nabídky (po kliknutí pravým tlačítkem myši).

	- není třeba používat zvětšení – umístění bodů zpřesníme později
• Spojení označených bodů linií	- <i>Marking – Mark Lines Mode</i> - body spojíme linií 
• Přímá kresba linie	- pomocí stejného nástroje pokračujeme kresbou dalších linií – vznikne celkem 8 linií ohraničujících přední plochu obou kostek (kolem písmen K a Q)  - k výchozímu bodu lze kresbu přichytit a vytvořit tak uzavřenou linii - kresbu linie ukončíme klávesou [Esc] nebo volbou <i>End draw</i> z kontextové nabídky

Vyhledání a označení identických, tj. totožných bodů na druhém snímku – kresba linie	- otevřeme snímek 2 (<i>bottom.jpg</i>) - přímo nástrojem <i>Mark Lines Mode</i> vykreslíme totožnou linii na druhém snímku a ukončíme kresbu 
Smazání chybně zadaného bodu nebo linie	prvek vybereme nástrojem <i>Edit – Select Items Mode</i> a smažeme volbou <i>Edit – Delete Selected Items</i> nebo klávesou [Delete]
C. Propojení snímků (tzv. referencování)	
Uspořádání oken na pracovní ploše	<i>Window – Tile</i> (tzv. dlaždice)
Propojení snímků pomocí již označených spojovacích bodů – snímky stále nejsou orientovány (je třeba použít alespoň 6 totožných bodů na každém snímku)	- nástrojem pro výběr <i>Select Items Mode</i> a tažením myši označíme všechny body na snímku 1 – použít lze také klávesovou zkratku [Ctrl+A] nebo volbu <i>Select All Marks/Objects in Active View</i> z menu <i>Edit</i> nebo z kontextové nabídky – vybrané prvky jsou zobrazeny červeně - spustíme nástroj <i>Referencing – Reference Mode</i> (pokud nebyly snímky uspořádány, rozmístí se na pracovní ploše automaticky) - objeví se nová paleta s nástroji a první snímek je zvolen jako zdrojový: <i>Source photo 1</i> (informace se zobrazí také v horní liště okna snímku <i>Reference: 1</i>)

	- kurzor myši umístíme do okna druhého snímku - označujeme postupně všechny body na snímku 2 v pořadí podle čísel bodů na snímku 1 – barva bodů se postupně mění na žlutou (tzn. body jsou již propojeny)
• Kontrola propojení snímků podle čísel bodů	- přepneme záložku <i>Photos</i> na <i>Marked</i> - zvolíme zobrazení čísel bodů – <i>Point ID's</i> - provedeme pohledovou kontrolu propojených bodů na snímcích - přepne zpět na záložku <i>Photos</i>
D. První výpočet modelu	
• Otevření okna pro výpočet modelu	- <i>Project- Process...</i> - levá část okna <i>Processing</i> informuje o proveditelných krocích výpočtu (<i>Steps</i>), umožňuje volit, které výpočty proběhnou (<i>Options</i>) a shrnuje informace ke zdůvodnění nastavení výpočtu (<i>Reasons</i>) - pravá část okna uvádí souhrn informací o stavu projektu s odhadem přesnosti a případnými doporučeními pro její zlepšení (<i>Audit Summary</i>), přehled (<i>Audit Overview</i>) a detailní informace o kontrolách snímků a bodů v projektu (<i>Audit Photo</i> a <i>Audit Points</i>)
• Spuštění výpočtu modelu a kontrola výsledku	- tlačítkem [<i>Process</i>] spustíme výpočet orientace snímků – před výpočtem je vhodné zvolit uložení celého projektu (<i>Save Project before processing</i>) - zobrazí se okno s informací o úspěšnosti výpočtu – ve druhém okně se vypíše počet opakování výpočtu (iterací) a střední chyba v poloze vypočtených bodů v hodnotách pixelů (projekt zatím nemá zadáno měřítko)

	- první dva snímky jsou nyní orientovány – ikona v pravém horním rohu náhledu snímků se změnila 
• Zobrazení zprávy o stavu projektu	- zvolíme Project – Project Status Report... nebo stiskneme tlačítko [Show Report] - čísla v závorkách za názvy jednotlivých položek zprávy znamenají počet případných problémů – uveden je také návrh na jejich řešení
E. Kontrola výsledku výpočtu	
• Kontrola středních a největších zbytkových chyb pro jednotlivé snímky	- Project – Tables – Photo Table - tabulka zobrazuje informace o použitých komorách (viz Vytvoření nového projektu), úspěšnosti jejich orientace, střední chybu v poloze bodů na snímku a počet bodů na snímku označených - volbou [Quality] z roletového menu získáme další informace o úhlu protnutí os záběru nebo maximální zbytkové chybě bodu na snímku
• Kontrola středních a největších zbytkových chyb pro body (velikost chyb je uvedena jen v hodnotách pixelů – pokud jsou uvedeny hodnoty v jiných jednotkách, vycházejí pouze z přibližné velikosti objektu zadané při zakládání nového projektu)	- Project – Tables – Point Table - tabulka zobrazuje informace o souřadnicích (X, Y, Z) vypočtených bodů a o umístění každého bodu na snímcích – obsah tabulek je možné exportovat do textového dokumentu (lze tak získat seznam souřadnic vypočtených bodů) - volbou [Quality] z roletového menu získáme informace o střední a maximální zbytkové chybě bodů (včetně čísla snímku, na kterém je bod s největší chybou označen) nebo o úhlu protnutí promítacích paprsků na určený bod

	- kliknutím na záhlaví sloupce lze řádky s body řadit podle jednotlivých charakteristik - zjištěné chyby na bodech zatím nebudeme opravovat
• Pohledová kontrola ve 3D zobrazení – zobrazení bodů, linií, nastavení zobrazení polohy a orientace komor	- Project – Open a 3D Viewer – New 3D Viewer - objeví se okno pro nastavení 3D prohlížeče – zvolíme zobrazení bodů (Points), linií (Lines) a stanovisek komor (Cam Stations) - pro otočení, přiblížení a posun ve 3D zobrazení slouží ovladače v pravém spodním rohu prohlížeče  Pozor – funkce se ovládají kliknutím a držením levého tlačítka myši na příslušné ikoně (nikoli v ploše okna 3D prohlížeče) - tlačítko Reset obnoví původní směr, velikost a umístění pohledu - tlačítko Options umožňuje měnit nastavení 3D prohlížeče: - na záložce Visibility zvolte zobrazení čísel bodů (Point ID's) a čísel komor (Camera ID's) - na záložce Settings změňte velikost zobrazení bodu na 5 (Symbol sizes: Point), tloušťku linie na 1 (Symbol sizes: Line) a velikost zobrazení komory na 30 (Symbol sizes: Camera Station) - na záložce Advanced zvolte zobrazení os souřadnicového systému (Display Axis) – počátek je automaticky vložen do stanoviště první komory, osa Z je totožná s osou záběru a má opačný směr

F. Přidání dalších snímků a doplnění kresby

Přidání třetího snímku do projektu	<i>File – Add/Remove Photos...</i> - označíme a přesuneme do projektu třetí snímek: <i>top1.jpg</i>
Doplnění kresby a propojení nových bodů mezi snímky	- pomocí nástroje <i>Mark Lines Mode</i> dokončíme kresbu bodů a linií na hranách zobrazených na snímku 1 – využíváme přichytávání ke stávajícím bodům, možné je kreslit přes existující linie, kresbu ukončíme klávesou [Esc] nebo volbou <i>End draw</i> - vybereme všechny body na snímku 1 (<i>Select Item Mode</i>) a provedeme propojení nových bodů na snímku 2 (<i>Reference Mode</i>) – promítací paprsek pro bod zvýrazněný na zdrojovém snímku usnadňuje označit polohu na druhém snímku - body, které nejsou viditelné (na snímku se nezobrazují nebo jsou zakryté), lze přeskočit volbou <i>Skip object</i> z kontextové nabídky nebo klávesou [Esc] - po označení posledního nového bodu na snímku 2 se změní podoba kurzoru, která nabízí přechod na další snímek v projektu – po kliknutí kdekoli v okně snímku 2 se automaticky otevře snímek 3 - označujeme umístění identických bodů na snímku 3 (zadávaný bod se stále zvýrazňuje na snímku 1) – body, které nejsou viditelné, přeskakujeme, automaticky se vykreslují linie převzaté z ostatních snímků, promítací paprsky se zatím zobrazovat nemohou (snímek 3 dosud není orientován)

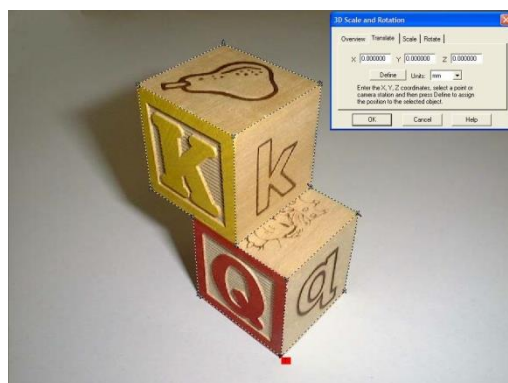
G. Druhý výpočet modelu a dokončení kresby

• Spuštění druhého výpočtu modelu	- <i>Project- Process...</i> - orientován bude jen jeden snímek (záložka <i>Steps</i>), celkové hodnocení projektu se díky přidaným bodům zlepšilo (záložka <i>Audit Summary</i>) - spustíme výpočet [<i>Process</i>]
• Dokončení kresby a propojení nových bodů mezi snímky	- otevřeme snímek 2, dokončíme kresbu zbývajících viditelných hran (šedou barvou jsou vykresleny body, které ještě nemají vypočtenou polohu) a provedeme výběr všech bodů na snímku - spustíme nástroj <i>Reference Mode</i> - jako zdrojový zvolíme snímek 2 (<i>Source photo 2</i>), pro připojení zvolíme snímek 3 (<i>Destination photo 3</i>) - nepropojené body jsou zobrazeny bílou barvou (body, které nejsou viditelné, opět přeskakujeme) – protože je snímek 3 již orientován, kurzor se u bodů o známých souřadnicích automaticky umísťuje na předpokládanou polohu bodu - zadáváme polohu nových bodů a současně dokresluje zbývajících viditelné hrany – pro body označené alespoň na jednom snímku (tedy zatím bez souřadnic) se zobrazuje promítací paprsek - nyní jsou všechny snímky orientovány a určena poloha všech označených bodů, model ale nemá správný rozměr a není správně natočen v prostoru (viz zobrazení ve 3D prohlížeči)

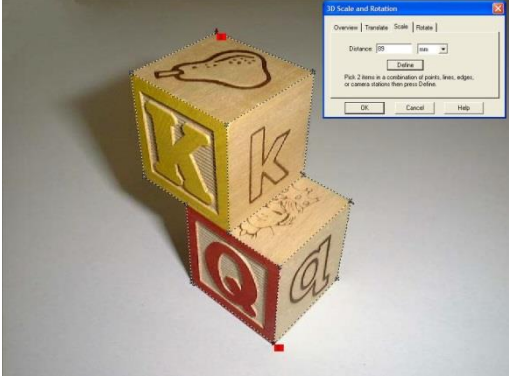
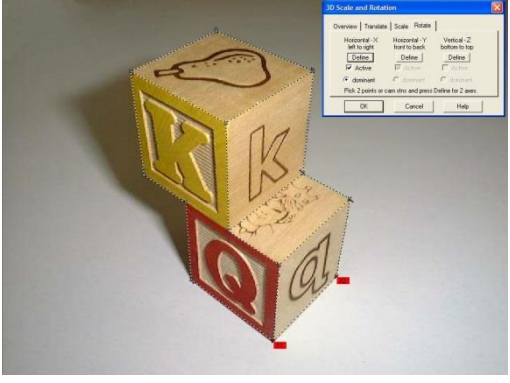
H. Určení měřítka a orientace modelu

- Určení měřítka pomocí známé délky

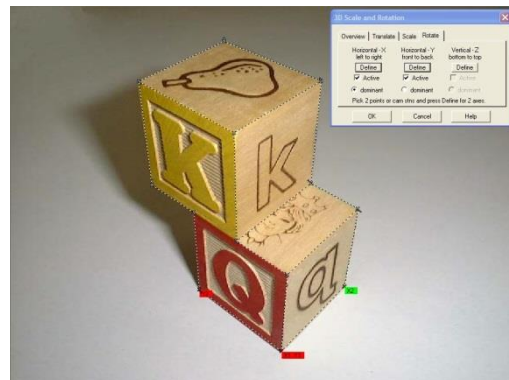
- maximalizujeme okno s prvním snímkem a zvětšíme snímek do okna (*Zoom To Fit*)
- *Project – Scale / Rotate...*
- na záložce *Overview* zvolíme způsob zadání měřítka a orientace modelu (*Type: position, distance, axes*)
- na záložce *Translate* lze zadat souřadnice počátku (nulové hodnoty a přednastavené jednotky projektu ponecháme), vybereme bod na spodní hraně kostky, který je z našeho pohledu nejbližší, a stiskneme tlačítko [*Define*] – u bodu se objeví písmeno *T* (posunutí je zadáno)



- na záložce *Scale* zadáme velikost známé délky [*Distance: 89 mm*], pomocí klávesy [*Shift*] přidáme do výběru bod na horní hraně kostky, který je z našeho pohledu nejvzdálenější a stiskneme tlačítko [*Define*] – u obou bodů se objeví písmeno *S* (měřítko je zadáno)

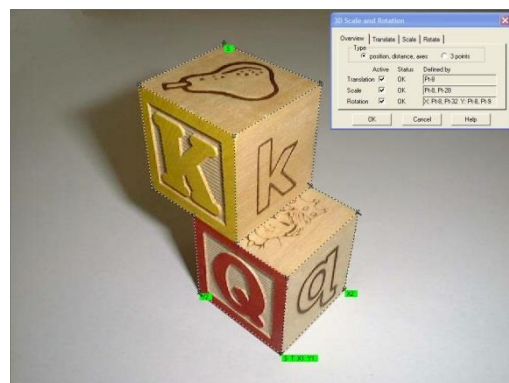
	 - zrušíme výběr (kliknutím do snímku mimo body)
• Určení orientace pomocí známého směru	- přepneme na záložku Rotate - pomocí klávesy [Shift] vybereme dva sousední body na spodní straně kostky, které směřují zleva doprava a stiskneme tlačítko [Define] v prvním sloupci (Horizontal – X left to right) – u bodů se objeví označení X1 a X2 (směr osy X je zadán)  osa X je automaticky nastavena jako dominantní – přesně prochází zadanými body - zrušíme výběr a pomocí klávesy [Shift] vybereme další dva body na spodní straně kostky, které směřují zprava doleva a stiskneme tlačítko [Define]

ve druhém sloupci (*Horizontal – Y front to back*) – u bodů se objeví označení **Y1** a **Y2** (směr osy Y je zadán)



osa Y již nebude nastavena jako dominantní – nemusí přesně procházet zadanými body

- zrušíme výběr a přepneme na záložku *Overview* – orientace je hotova, ve všech řádcích (*Translation*, *Scale* a *Rotation*) je status **OK**



směr osy Z není třeba zadávat – natočení kartézského systému souřadnic v prostoru je jednoznačně definováno směrem dvou os

Měření délek pro kontrolu měřítka modelu	<i>Project – Measure Mode</i> - označením 1 bodu zjistíme jeho souřadnice a odhad přesnosti souřadnic bodu (ověřte souřadnice zvoleného počátku) - označením 2 bodů pomocí klávesy <i>[Shift]</i> nebo 1 linie zjistíme délku (ověřte délky stran kostek – výsledky by se měly pohybovat v rozmezí 31-34 mm) - označením 3 bodů zjistíme plochu trojúhelníka - označením 2 linií zjistíme součet jejich délek, úhel mezi liniemi a nejkratší vzdálenost (ověřte rovnoběžnost, resp. kolmost hran kostek) - prvky pro měření je možné označovat na všech orientovaných snímcích i ve 3D prohlížeči
Zobrazení nově natočeného modelu ve 3D prohlížeči	<i>Project – Open a 3D Viewer – New 3D Viewer</i> - ponechte nastavenou pouze viditelnost bodů a linií, zvolte zobrazení os (záložka <i>Advanced – Display Axis</i>) - pohled je automaticky nastaven na směr shora (tedy směrem od počátku) – zkontrolujte umístění počátku a směr os - vyzkoušejte změnu nastavení natočení pohledu při spuštění prohlížeče (<i>Options – Settings – Reset direction: Top / Bottom / Front / Back / Left / Right</i>) - vyzkoušejte změnu nastavení zobrazení z perspektivního na pravoúhlé (<i>Options – Settings – View: Perspective / Orthographic</i>)

I. Kontrola druhého výpočtu, oprava chyb a závěrečný výpočet modelu

Zobrazení zbytkových chyb bodů na snímcích	- záložku <i>Photos</i> přepneme a <i>Marked</i> - zvolíme zobrazení zbytkových chyb (<i>Residuals</i>) - zadáme koeficient zvětšení (<i>Magnify</i>) – např. 8
Zobrazení tabulky snímků	<i>Project – Tables – Photo Table</i> - zjistíme snímek s největší střední chybou (na tomto snímku pravděpodobně leží chybně umístěné body)
Zobrazení tabulky bodů (chyby se po určení měřítka modelu zobrazují ve skutečné velikosti, tj. v nastavených jednotkách modelu)	<i>Project – Tables – Point Table</i>, volba [Quality] - zjistíme bod/body s největší střední, resp. zbytkovou chybou a označíme jejich řádky (pomocí kláves Shift nebo Ctrl) - v kontextové nabídce zvolíme otevření snímků s vybranými body (<i>Open Photos Showing Selected</i>) - vybrané body vidíme zvýrazněné červenou barvou a současně můžeme posoudit velikost a směr jejich zbytkové chyby na snímcích
Zpřesnění polohy bodů	- body lze vybírat (<i>Select Items Mode</i>) a posouvat na přesnější pozici - používáme nástroje pro zvětšení a posun snímku dostupné z roletového menu <i>Window</i>, palety nástrojů <i>Standard</i>, z kontextové nabídky (po kliknutí pravým tlačítkem myši) nebo používáme klávesové zkratky: [Ctrl]+levé tlačítko myši pro zvětšení tažením obdélníka a [Ctrl]+pravé tlačítko myši pro posun na snímku - nebo zobrazíme celek (<i>Zoom To Fit</i>)

	a klávesou [Alt] vyvoláme v místě kurzoru myši lupu (není třeba kliknutí)
• Závěrečný výpočet modelu	- <i>Project- Process...</i> - snímky nebudou znovu orientovány, provedena bude jen optimalizace polohy bodů (viz záložka <i>Steps</i> a <i>Options</i>) - [Process] - provedeme závěrečnou kontrolu chyb v tabulce snímků a tabulce bodů - vypneme zobrazení zbytkových chyb na snímcích a přepneme zpět na záložku <i>Photos</i>
J. Tvorba povrchů	
• Příprava pracovního prostředí	- otevřeme všechny snímky v projektu – označíme náhledy pomocí klávesy [Shift] a stiskneme tlačítko [Open] - otevřeme okno 3D prohlížeče – nastavíme zobrazení linií a povrchů (<i>Lines</i> a <i>Surfaces</i>) - uspořádáme okna na pracovní ploše (<i>Window – Tile</i>) - přepneme ze záložky <i>Photos</i> na záložku <i>Projected</i> a zvolíme zobrazení povrchů do snímků (<i>Surfaces</i>)
• Vytvoření povrchů z vyhodnocených bodů a linií	- <i>Marking – Surface – Path Mode</i> - postupně označujeme buď linie nebo body, které ohraničují vytvářený povrch – postupujeme ve směru chodu hodinových ručiček proto, aby vytvořený povrch směřoval lícovou stranou k pozorovateli a rubová strana byla odvrácená od pozorovatele (opačný směr vytvoří opačně orientovaný povrch) - nový povrch dokončíme kliknutím na první označený prvek nebo volbou

	v kontextové nabídce (<i>Finish Surface</i>) - tvorbu povrchu lze zrušit klávesou [<i>Esc</i>] nebo opět volbou v kontextové nabídce (<i>Cancel Surface</i>) - vytvořený povrch se zobrazí na snímcích i ve 3D prohlížeči
• Kontrola vytvořených povrchů	- otevřeme tabulku povrchů (<i>Project – Tables – Surface Table</i>) - kontrolujeme především počet a umístění povrchů – v tomto projektu by mělo být 10 nebo 12 povrchů - vybrané povrchy se zvýrazní barvou na snímcích, ve 3D prohlížeči i v tabulce (povrchy by se neměly vzájemně překrývat) - vybraný povrch lze smazat klávesou [<i>Delete</i>]
• Zobrazení textur povrchů ve 3D prohlížeči	- povrchy se v základním nastavení zobrazují pouze stínované - nastavení 3D prohlížeče umožňuje další volby (<i>Options – Visibility – Surfaces</i>): stínované povrchy (<i>Shaded</i>), drátová kostra (<i>Wire frame</i>), body (<i>Dots</i>), rychlé textury (<i>Fast textures</i>) a kvalitní textury (<i>Quality textures</i>) - nejprve zvolíme nastavení zobrazení rychlých textur převzatých ze snímků (<i>Fast textures</i>) – vykreslení je rychlé, ale výsledek nemusí být uspokojivý (textura je zkrácená perspektivním zobrazením) - změníme nastavení na zobrazení kvalitních textur (<i>Quality textures</i>) – vykreslení trvá déle, protože pro textury povrchů vznikají nové rastry (perspektivní zkrácení bude odstraněno) - ve výsledném zobrazení je možné vypnout zobrazení linií

K. Export dat	
Export do textového souboru	- <i>File – Export Text File</i> - soubor s koncovkou TXT obsahuje mimo jiné seznam souřadnic bodů a jejich přesnost
Export do rastrového souboru	- <i>File – Export Ortho Photo</i> - soubor ve zvoleném formátu (např. TIFF, BMP, JPG, PNG, PSD, RGB) zobrazuje ortografickou projekci modelu ve zvolené rovině (např. rovnoběžné se dvěma zvolenými osami souřadnicového systému)
Export do vektorového souboru	- <i>File – Export Model</i> - soubor exportu bude v některých formátech obsahovat pouze body a vektorovou kresbu, a to buď jako rovinný výkres (2D DXF) nebo jako prostorový model (3D DXF) včetně povrchů bez textur - další formáty exportu mohou obsahovat i povrchy včetně textur (např. 3DS, OBJ, 3DM nebo VRML) - exportované formáty umožňují další editaci vyhodnocených bodů a ostatních prvků – dokončení kresby výkresů nebo modelu

Použitý zdroj pro obrázky v textu – print screen programu PhotoModeler