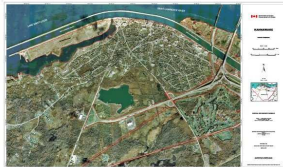
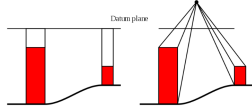
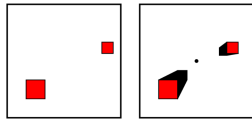
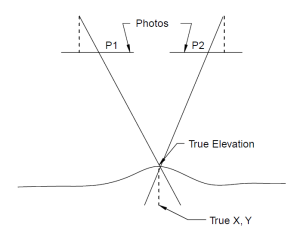
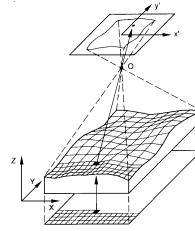


### Digitální ortofoto

- Převod středové projekce snímků do ortogonální roviny.
- Orientací modelu a překreslením jsou odstraňovány především distorze způsobené převýšením terénu, sklonem snímku, dále zkreslením objektivu, zakřivením země, atmosférickými refrakcemi atd.
- Překreslením vzniká **ortofotosnímek**
- Z ortofotosnímku vzniká **ortofotomapa**
- Doplnění vektorové kresby, vrstevnic, ...
- Doplnění snímku do podoby mapové kompozice
- Převezení do kladu mapových listů



### Vytváření ortofotosnímku (diferenciální překreslení)



Do procesu ortorektifikace vstupují:

- 1) původní snímky,
- 2) parametry vnitřní a vnější orientace
- 3) model terénu (případně DSM – viz. dále)

### Ortofotosnímek

(princip diferenciálního překreslení)

Opravy polohy bodů v důsledku převýšení

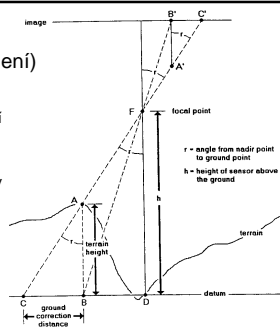
Trojúhelník FDC je podobný s trojúhelníky ABC a A'B'C'

Pro posun bodu C' do bodu B' lze psát:

$$\tan r = \frac{\text{oprava\_polohy\_bodu}}{\text{převýšení\_terénu}}$$

a tedy:

$$\text{oprava\_polohy\_bodu} = \text{převýšení\_terénu} \cdot \tan r$$



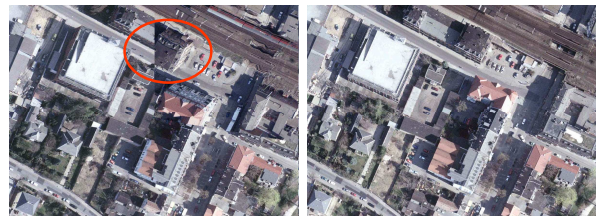
### Digitální ortofotosnímky

- Odstranění relativních změn v poloze bodů je dosaženo tak, že pro každý pixel modelu terénu se hledá odpovídající pixel na snímku.
- Hodnota stupně šedi je určena některou z metod **převzorkování**.
- Parametry modelu terénu musí vyhovovat požadovaným parametrům ortofotomapy. Není vhodné překreslovat snímek s velikostí pixelu 0,1 m na model s relativní výškovou chybou 2 m. Přesnost použitého modelu terénu ovlivňuje přesnost ortofoto.
- Pro nadirové snímky vystačíme s méně přesným DTM, naopak snímky šikmé ("off nadír") vyžadují přesnější model terénu.
- Pro letecké fotografie s přibližným měřítkem 1: 60 000 a větším se doporučuje vertikální přesnost DTM kolem 1 m.
- Velikost obrazového prvku výsledného ortofoto by měla být stejná či větší než velikost pixelu vstupního snímku.
- Problémy u skokově převýšených objektů u kterých exaktní korekce není zcela možná.
- Tyto lze částečně řešit zmenšením obrazového úhlu kamery či zvětšením překryvu (viz. **true ortofoto**).

### Programy pro podporu a tvorbu ortofotomap

- **Geometricky „správné“** překreslené snímky je nutné upravovat, tak aby tvořily jeden celek – aby byly „**správné**“ **radiometricky**
- Jednotlivé snímky mají různou barevnost, vignetaci, sluneční skvrny, ... – je zapotřebí je spojit do jednoho celku bez zřetelných přechodů.
- Pro vlastní mozaikování se definují spojovací hrany – seamlines (automaticky, manuálně, import).
- Probíhají úpravy histogramu (histogram matching) – radiometrické vyrovnání, vyrovnání jasu a kontrastu.

### Programy pro podporu a tvorbu ortofotomap



Ortofotosnímek před a po mozaikování

Zdroj: <http://www.hansaluftbild.de/en/technologie/photogrammetrie/orthophototechnik.html>

### Programy pro podporu a tvorbu ortofotomap



Automatické vs. manuální definování tzv. break lines

Zdroj: <http://www.hansaluftbild.de/en/technologie/photogrammetrie/orthophototechnik.html>

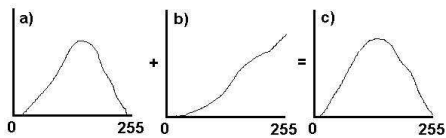
### Programy pro podporu a tvorbu ortofotomap



Ortofot snímek před a po radiometrických úpravách

Zdroj: <http://www.hansaluftbild.de/en/technologie/photogrammetrie/orthophototechnik.html>

### Přizpůsobení histogramu:



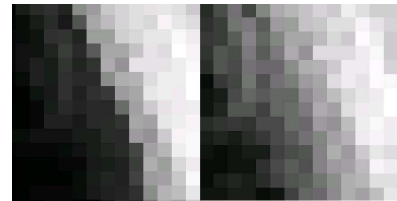
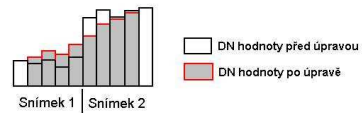
Nadefinuje se rozsah výsledné mozaiky a umístí se do ní první snímek.

Na základě vybraného vzorku pixelů z cílového snímku se vypočte zobrazovací tabulka (LUT).

Histogram každého dalšího snímku připojovaného do mozaiky je upraven podle vzorové zobrazovací funkce

Výsledkem je radiometricky vyrovnaný obraz

### Úpravy kontrastu na styku dvou snímků (blending)



### Kartografické práce

- Rozdělení mozaiky do jednotlivých mapových listů
- Doplnění ostatními základními kompozičními prvky mapy (název, měřítko, legendu a tiráž).
- Vlastní mapové pole je často doplňován o průběh administrativních hranic, anotací význačných objektů, čísla parcel, zákres některých liniových prvků, vrstevnic, atd.
- Doplnění nadstavbových kompozičních prvků (směrovka, logo, vedlejší mapy, tabulky, grafy, schémata, textové pole, blokdigramy, ...)

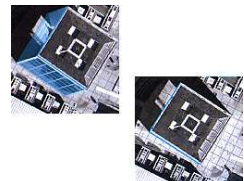
V závislosti na dodaných dalších kompozičních prvcích rozlišujeme:

- **Fotoplán** – obsahuje rám a některé rámové údaje, případně síť souřadnic.
- **Fotomapa** – je doplněna písmem, kartografickými značkami, liniovými prvky a často také kresbou vrstevnic

### Pravé ortofoto (True orthophoto)

S digitálními snímky lze jistým způsobem řešit i některé problémy, které v prostředí analogové či analytické fotogrammetrie byly neřešitelné:

- problém zakrytých prostor - určení výšek jednotlivých budov, automatické či manuální posunutí střech objektů nad jejich půdorys
- využití DEM na místo DTM k vlastní ortorektifikaci
- „digital building model“ - DBM
- problém stínů
- snímkování z více pozic, tak aby **každý** bod byl alespoň na jednom snímku
- vytváření „True ortofoto“



### Pravé ortofoto (True orthophoto)

Porovnání „klasického“ překreslení s projevem "kácení" budov v centru města Brna a výsledku překreslení snímku v podobě true orthophoto .



Zdroj: <http://www.geodis.cz/sluzby/ortocity>

### True orthophoto

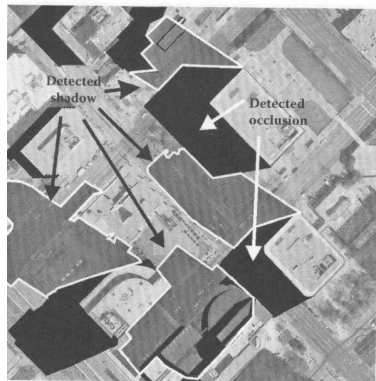


Problém zakrytých prostorů a chybějících obrazových dat



### Ortofotosnímky zastavěných oblastí

- detekce stínů
- detekce uzavřených oblastí (okluze)



### Problém stínů

Řeší se problém tzv. vržených stínů

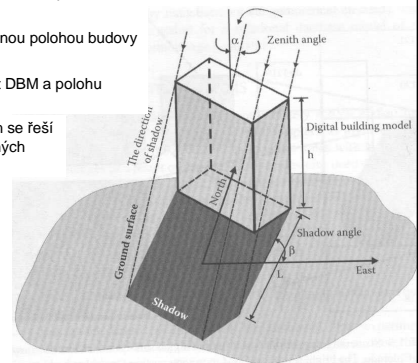
Délka stínu závisí na výšce budovy a zenitovém úhlu slunce

Orientace je dána vzájemnou polohou budovy a slunce

K řešení je zapotřebí znát DBM a polohu slunce

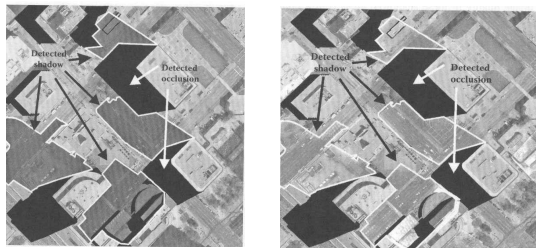
Oprava zastíněných ploch se řeší až po opravě tzv. uzavřených ploch

Oprava je založena na úpravě histogramu (histogram matching)

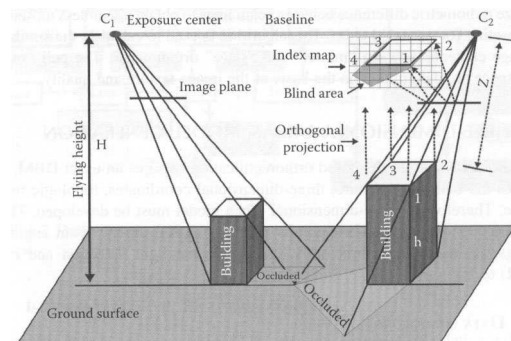


### Ortofotosnímky zastavěných oblastí

Detekce a úprava části zastíněných ploch na snímku



### Detekce a kompenzace uzavřených oblastí



### Detekce a kompenzace uzavřených oblastí

- „dense“ DSM
- spojení DTM a DSM
- Z-buffer algoritmus

### Detekce uzavřených oblastí

1. Ortofoto generované s využitím DTM
2. Ortofoto generované s využitím DBM
3. Spojení obou korigovaných snímků

### Další postupy využívající principů fotogrammetrie

- Pixometrie
- Laserové snímání

### Pictometry



© BLOM info

**Pixometrie** (PixoView) je speciální způsob leteckého snímání, při kterém se využívá šikmých snímků.

Umožňuje získat snímky i s výškou budov a vytvářet perspektivní pohledy.

### Five views



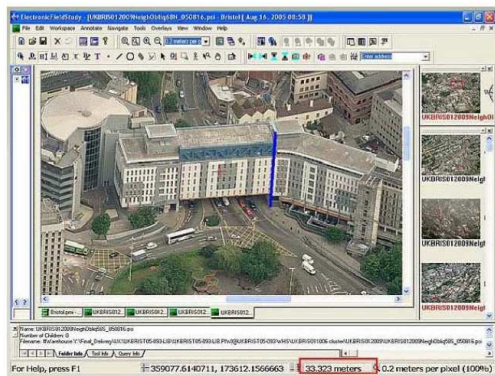
### Pixometrie

- Snímání pomocí 5-ti kamer s různou osou záběru
- Vertikální slouží k tvorbě ortofoto,
- Šikmé – pod úhlem 40 stupňů, výška letu 2000 m pixel 30 cm (community images) resp. 1500 a 10 cm (neighborhood images)
- GPS/IMS
- Známé souřadnice každého pixelu

<http://www.pictometry.com/home/home.shtml>

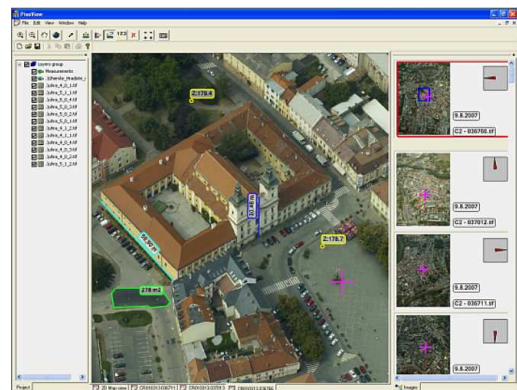
<http://www.geodis.cz/sluzby/sikme-snimkovani-pixoview>

### Vytváření perspektivních pohledů s využitím šikmé fotografie



© BLOM info

### 3D modely měst



### Airborne Laser Scanning (ASL)

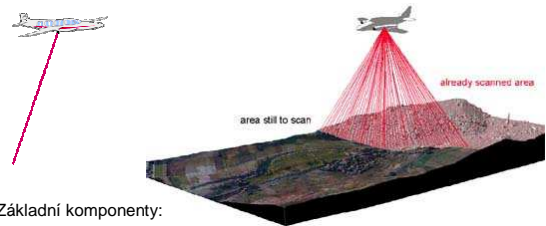
#### LIDAR



Technika vytváření modelu terénu (DTM) i modelu povrchu (DSM). Snímání lze provádět ve dne i v noci, také omezení v důsledku nepříznivých povětrnostních podmínek jsou daleko menší.

Vyvinuta v první polovině 90. let v Německu, v roce 1995 byly v operativním provozu 3 systémy, v roce 2000 jich bylo více jak 50.

### Principy fungování

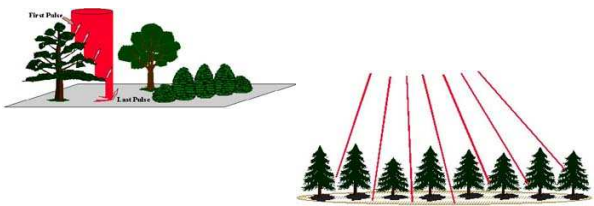


Základní komponenty:

- laserový skener
- navigační systém (GPS) a INS.
- infračervené laserové paprsky
- časový interval mezi vysláním a přijetím paprskem slouží k určení 3D polohy snímaného bodu.
- Změna intenzity signálu slouží k určení charakteru objektu, od kterého se signál odrazil.

### Principy fungování

- U vegetačního krytu se signál, vzhledem k použitým krátkým vlnovým délkám odráží nejen od povrchu vegetace, ale proniká i vlastní vrstvou.
- Prvotní odraz – od horní vrstvy vegetačního krytu
- Poslední odraz – od zemského povrchu
- Ze zaznamenaných charakteristik lze vypočítat DTM, DSM i výšku vegetačního krytu (např. výšku lesního porostu).



### Technické vybavení

- První systémy pracovaly s frekvencí 2 kHz (2000 pulsů za sekundu), současné s frekvencí 33 kHz. Vyšší frekvence umožňují vytvářet podrobnější kostru bodů – v současné době 1 bod na 2 – 4 m<sup>2</sup>. Problém je takto hustou sítí bodů zpracovat při současných SW možnostech.
- LIDAR původně pracoval ve výškách kolem 500 m, v současnosti může operovat od 2 do 6 km. S rostoucí výškou trpí přesnost. Při výšce letu 1 km vertikální přesnost 15 cm, horizontální přesnost 10 – 50 cm
- Skenery pracují s vlnovou délkou v intervalu 1040 – 1060 nm. Mnoho současných LIDARových systémů je spřaženo s videokamerou nebo s digitálním fotoaparátům za účelem generování ortofoto.

## Zpracování dat

- Data vyžadují poměrně složitý postprocessing, při kterém se vypočítá nejen přesná trojrozměrná poloha každého snímaného bodu ale i jeho charakteristiky
- Nedostatek komerčních SW nástrojů pro zpracování laserových dat. Nutné je také vyřešit problematiku komprese těchto dat.
- Je vyřešena automatická klasifikace odrazů od země a ostatních povrchů. Řeší se otázky podrobnější tematické interpretace (fúze dat).
- Objektová analýza laserových dat má velké možnosti v automatickém rozpoznávání pravidelných tvarů – budovy.

<http://photogrammetrydevelopment.blogspot.com/search/label/Lidar%20Tutorial>

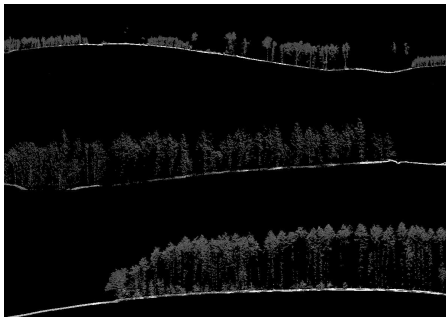
## Zpracování dat



Letecké laserové skenování - svislý profil bodovým mračnem

<http://photogrammetrydevelopment.blogspot.com/search/label/Lidar%20Tutorial>

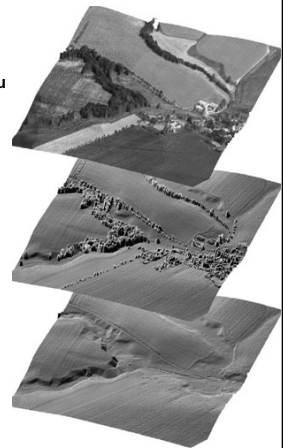
## Zpracování dat



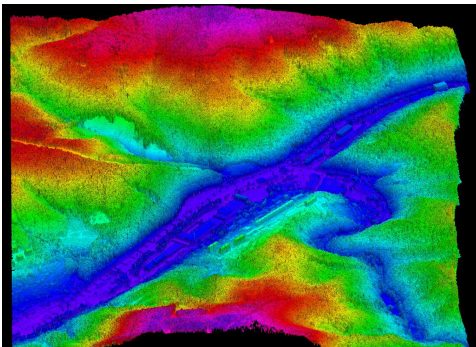
Letecké laserové skenování - svislý profil terénem

## LIDAR - Aplikace

- Tvorba digitálního modelu terénu
- Vodní hospodářství
- Lesní hospodářství
- Telekomunikace
- 3D vizualizace



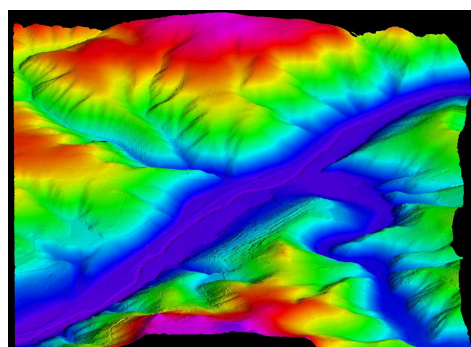
## LIDAR



Digitální model povrchu - řeka Svitava

Zdroj: <http://www.geodis.cz/sluzby/letecky-laserscanning>

## LIDAR



Digitální model terénu - řeka Svitava

Zdroj: <http://www.geodis.cz/sluzby/letecky-laserscanning>

