

Fotogrammetrické minimum pro uživatele IISPP s přihlédnutím k laserovému skenování a zpracování historických leteckých snímků

Jindřich Hodač

Katedra geomatiky

Fakulta stavební, ČVUT v Praze

SOVAMM

OBSAH PŘÍSPĚVKU

METODY / VÝSTUPY

- Jednosnímková / 2D rastr - fotoplán
- Průřeková / 3D vektorový model
- Stereo / 3D vektorový model
- Obrazová korelace / 3D mračno .. skenování
- Digitální ortofoto / 2D rastr - ortofoto
- Kalibrace kamery

HISTORICKÉ LETECKÉ MĚŘICKÉ SNÍMKY

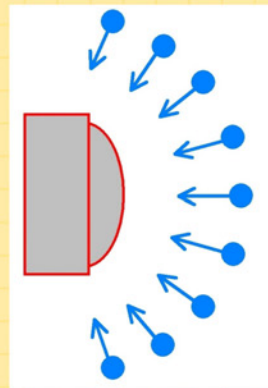
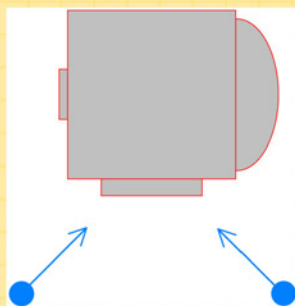
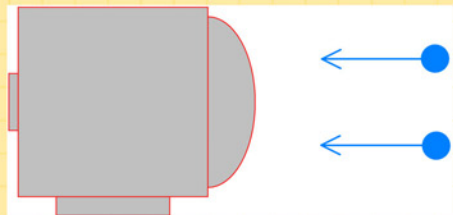
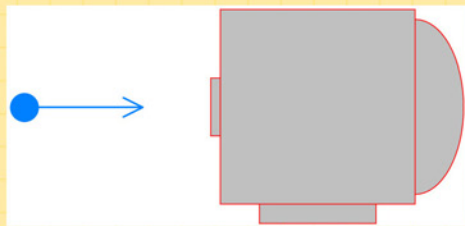
- Zdroje
- Specifika zpracování

LASEROVÉ SKENOVÁNÍ .. viz metody a výstupy

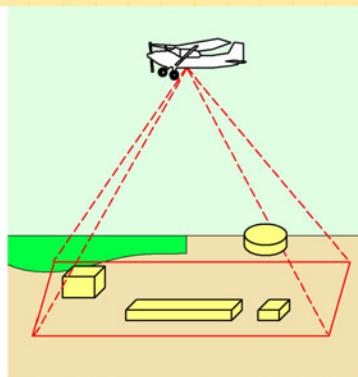
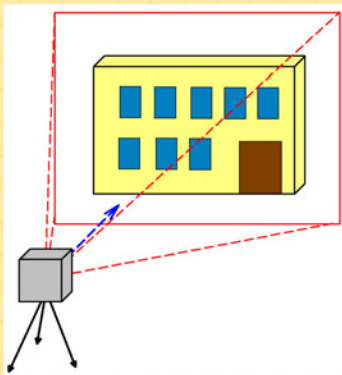
ÚVODEM



OBJEKT > VÝSTUPY > METODY
SNÍMKY - počet a konfigurace



ÚVODEM



POZEMNÍ A LETECKÉ APLIKACE .. vybavení

snímkování v pozemní FTG



2000 - 02 ... 2013/08



2009 02 ... 2013/08



06 000 02 ... 2013/08



06 000 02 ... 2013/08 ... 020



obr. : letecké snímkování + letecké laserové skenování (lidar)



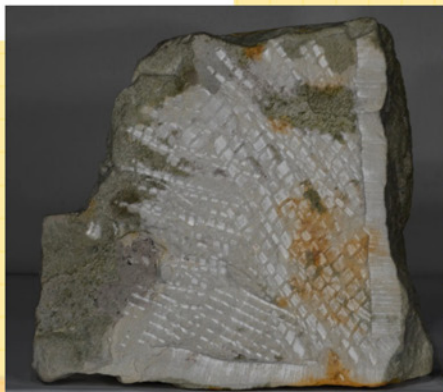
dron s fotoaparátom

Zatímco pilot dálkové ovládané oktokoptery k věžím výhledového kostela, operátor již řídí plošinu s fotoaparátom a natáčí první záběry.
Zdroj: Tlač. Foto: VRT-02

ÚVODEM



.. celek
.. část
.. detail



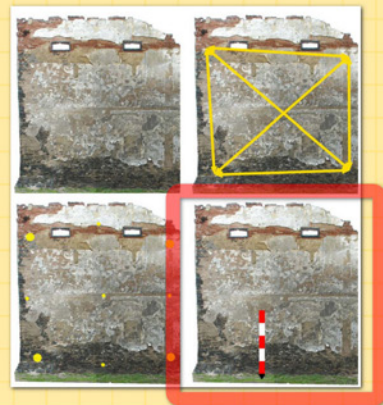
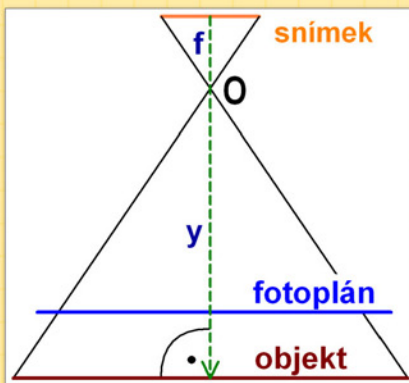
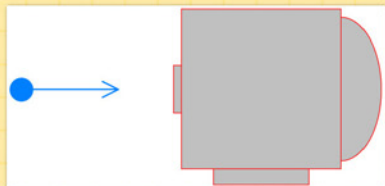
ROZVAHA o

- výstupech
- metodě / metodách dokumentace
- technologii/organizaci

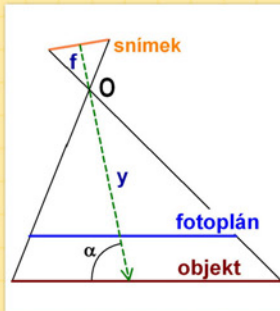
JEDNOSNÍMKOVÁ METODA



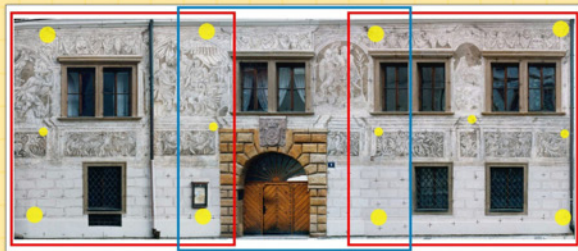
- .. komplexní objekt
- .. 2D výstup
- .. fotoplán > plán
- .. ideální případ



JEDNOSNÍMKOVÁ METODA



- .. reálný případ
- > část/celek
- .. zkreslení
- .. oměření



JEDNOSNÍMKOVÁ METODA

technologie zpracování

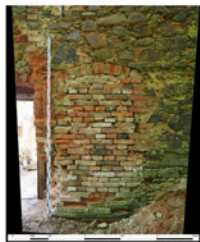
- 2D geometr. transformace
- maskování + mozaikování
- přesnost / geom. správnost



JEDNOSNÍMKOVÁ METODA

ftp - nálezová situace

fotoplán, hrad Hartenberg, situace D



2013.07.17 1:20 Kovalčovi L., Hanušovi B.

ftp - výplň otvoru

FOTOPLÁN DVEŘÍ (snímek 198)
zvenčí



0 0.2 0.5 1 m

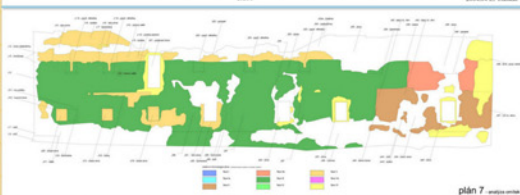
1 : 15

Fotoplán - tvrz Lutany, průčelí B

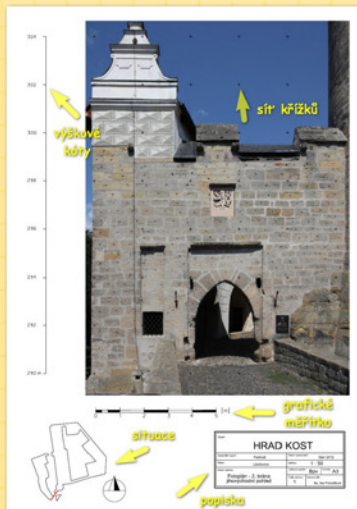


1:100

2004.04.1, Tloušť

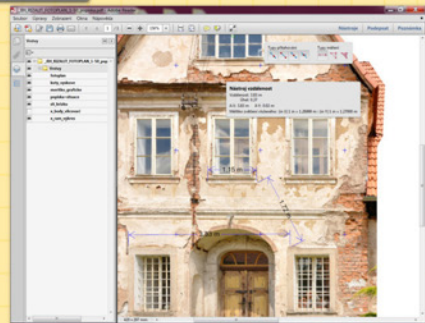


plán 7



situace

popis



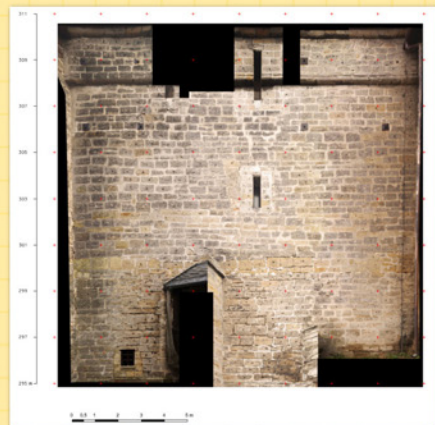
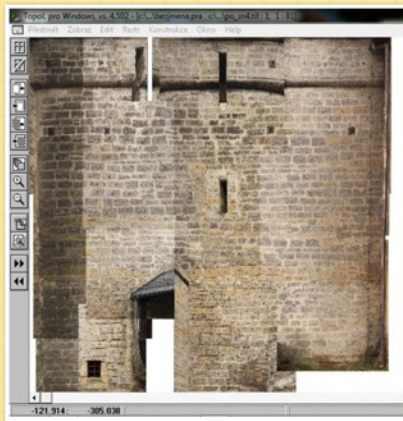
Fotoplán

- "jednoduchý"
- "profi"
- výkres / tisk
- parametry měřítko, přesnost
- co s ním dál :)

JEDNOSNÍMKOVÁ METODA



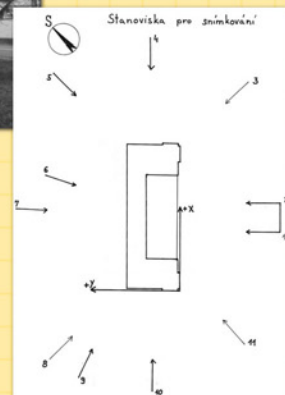
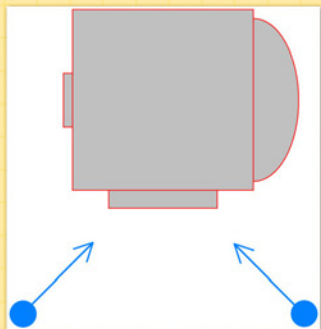
"Fotoplán" rozvinutí ..
- výsledek podobný /
zcela jiná technologie



PRŮSEKOVÁ METODA

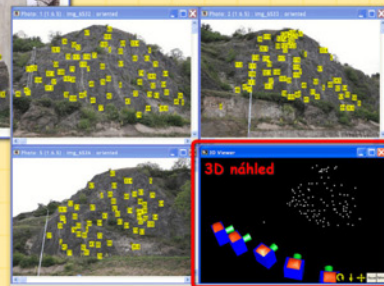
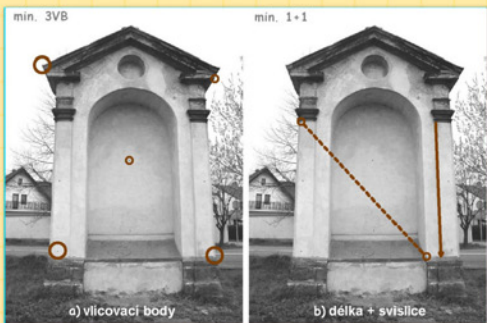
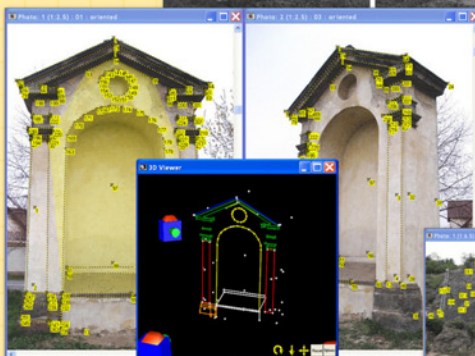
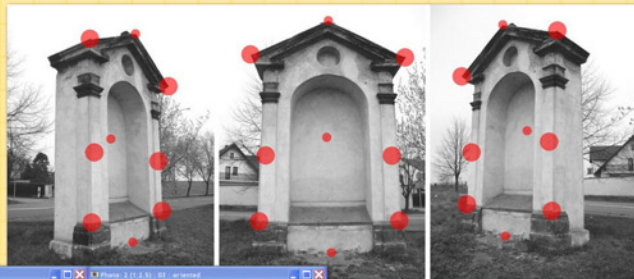
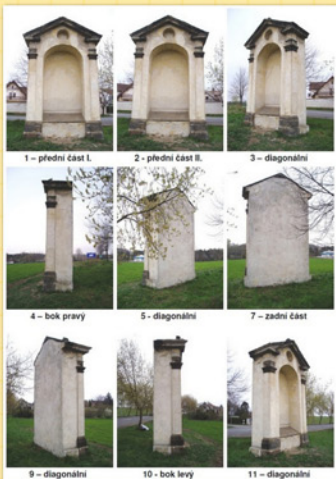


- .. komplexní objekt
- .. 3D výstup - vektorová data
- .. konfigurace snímků > přesnost



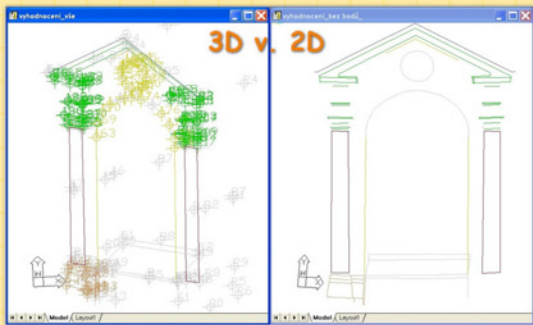
PRŮSEKOVÁ METODA

.. vstupní data + technologie zpracování



PRŮSEKOVÁ METODA

.. zpracování "hrubých" FTG dat > přesnost > výstupy 2+3D



Phasemaster 3D - model_3dmap.am (Print Table)

File Edit Window History Project Settings Help

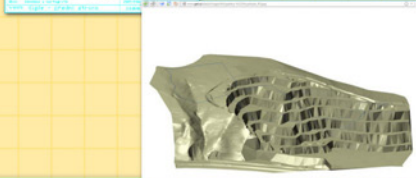
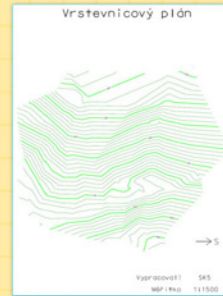
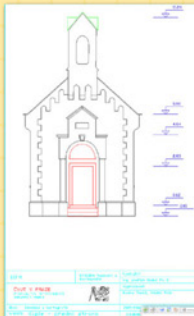
výsledek - 3D souřadnice bodů + parametry přesnosti

File Edit Window History Project Settings Help

3D Coordinates

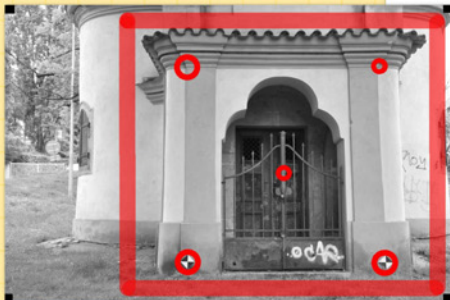
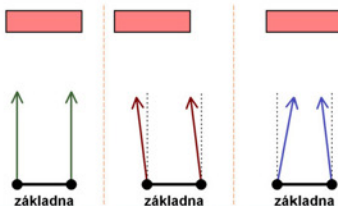
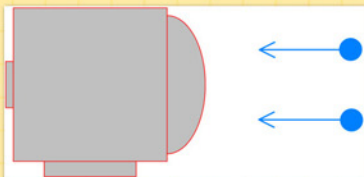
Index X Y Z dx dy dz dx2 dy2 dz2 dx3 dy3 dz3 dx4 dy4 dz4 dx5 dy5 dz5 dx6 dy6 dz6 dx7 dy7 dz7 dx8 dy8 dz8 dx9 dy9 dz9 dx10 dy10 dz10 dx11 dy11 dz11 dx12 dy12 dz12 dx13 dy13 dz13 dx14 dy14 dz14 dx15 dy15 dz15 dx16 dy16 dz16 dx17 dy17 dz17 dx18 dy18 dz18 dx19 dy19 dz19 dx20 dy20 dz20 dx21 dy21 dz21 dx22 dy22 dz22 dx23 dy23 dz23 dx24 dy24 dz24 dx25 dy25 dz25 dx26 dy26 dz26 dx27 dy27 dz27 dx28 dy28 dz28 dx29 dy29 dz29 dx30 dy30 dz30 dx31 dy31 dz31 dx32 dy32 dz32 dx33 dy33 dz33 dx34 dy34 dz34 dx35 dy35 dz35 dx36 dy36 dz36 dx37 dy37 dz37 dx38 dy38 dz38 dx39 dy39 dz39 dx40 dy40 dz40 dx41 dy41 dz41 dx42 dy42 dz42 dx43 dy43 dz43 dx44 dy44 dz44 dx45 dy45 dz45 dx46 dy46 dz46 dx47 dy47 dz47 dx48 dy48 dz48 dx49 dy49 dz49 dx50 dy50 dz50 dx51 dy51 dz51 dx52 dy52 dz52 dx53 dy53 dz53 dx54 dy54 dz54 dx55 dy55 dz55 dx56 dy56 dz56 dx57 dy57 dz57 dx58 dy58 dz58 dx59 dy59 dz59 dx60 dy60 dz60 dx61 dy61 dz61 dx62 dy62 dz62 dx63 dy63 dz63 dx64 dy64 dz64 dx65 dy65 dz65 dx66 dy66 dz66 dx67 dy67 dz67 dx68 dy68 dz68 dx69 dy69 dz69 dx70 dy70 dz70 dx71 dy71 dz71 dx72 dy72 dz72 dx73 dy73 dz73 dx74 dy74 dz74 dx75 dy75 dz75 dx76 dy76 dz76 dx77 dy77 dz77 dx78 dy78 dz78 dx79 dy79 dz79 dx80 dy80 dz80 dx81 dy81 dz81 dx82 dy82 dz82 dx83 dy83 dz83 dx84 dy84 dz84 dx85 dy85 dz85 dx86 dy86 dz86 dx87 dy87 dz87 dx88 dy88 dz88 dx89 dy89 dz89 dx90 dy90 dz90 dx91 dy91 dz91 dx92 dy92 dz92 dx93 dy93 dz93 dx94 dy94 dz94 dx95 dy95 dz95 dx96 dy96 dz96 dx97 dy97 dz97 dx98 dy98 dz98 dx99 dy99 dz99 dx100 dy100 dz100

1 479564.444444 479564.444444 479564.444444 0.000000 0.



STEREOFOTOGRAMMETRIE

- .. velmi "nepravidelně" členitý objekt
- .. 3D data > 3 i 2D výstupy
- .. konfigurace snímků + oměření



záměr / reál

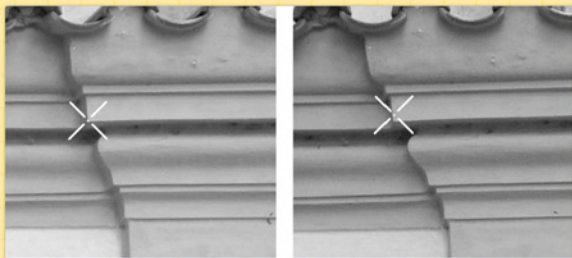
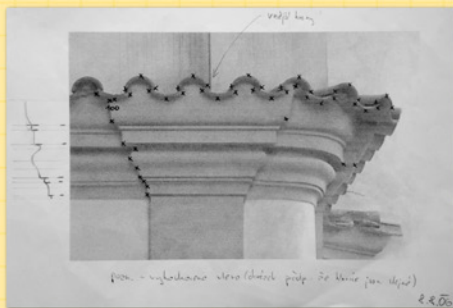


STEREOFOTOGRAMMETRIE

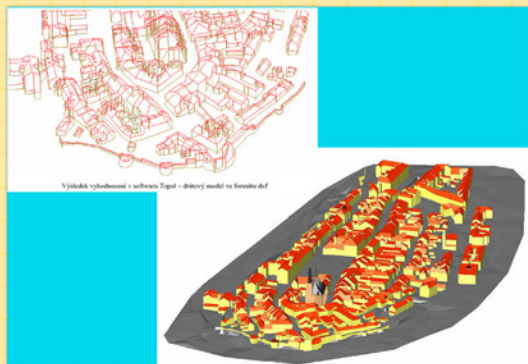
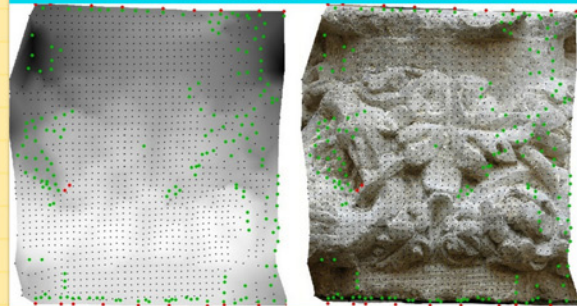
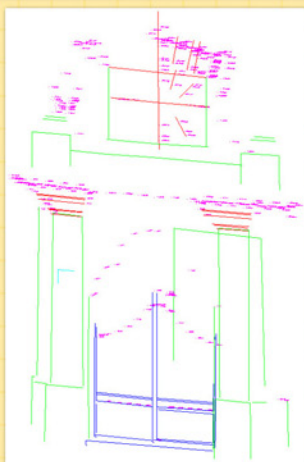


.. technologie zpracování

- práce ve 3D
- nároky na operátora
- přesnost
- historický význam

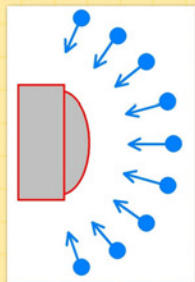
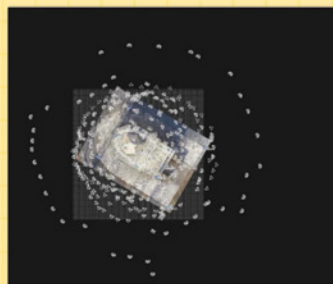


STEREOFOTOGRAMMETRIE

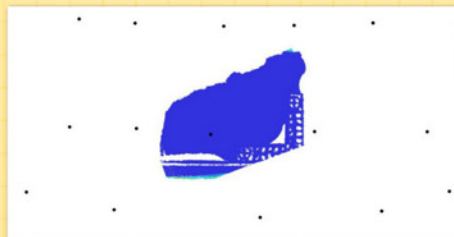


- .. 3D "hrubá" FTG data >>
- 3 i 2D výstupy = "dlouhá" cesta
- .. pozemní / letecké aplikace
- .. typy vyhodnocení (body, linie)

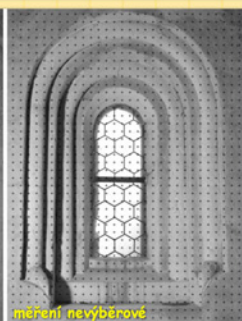
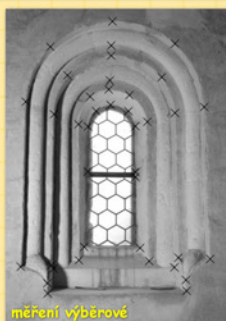
METODA OBRAZOVÉ KORELACE (IBMR)



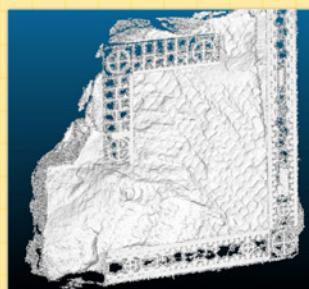
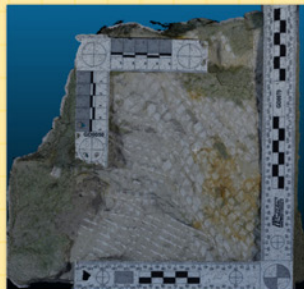
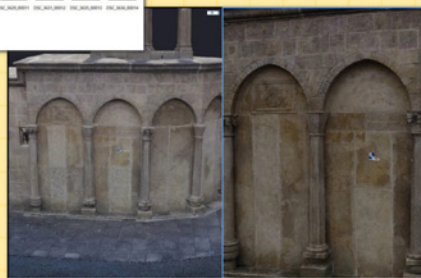
- .. členité objekty
- .. výstupy 3D i 2D
- .. snímkování a oměření



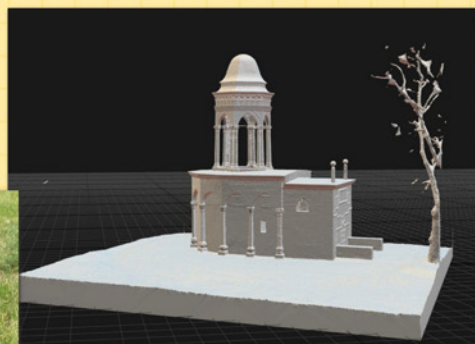
METODA OBRAZOVÉ KORELACE (IBMR)



- .. nevýběrové automatické vyhodnocení
- .. mračno bodů > polygonový model
- .. objem dat > vstupy / výstupy



METODA OBRAZOVÉ KORELACE (IBMR)

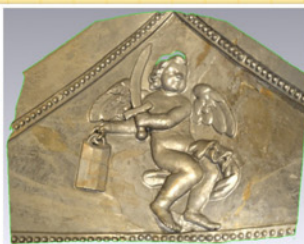
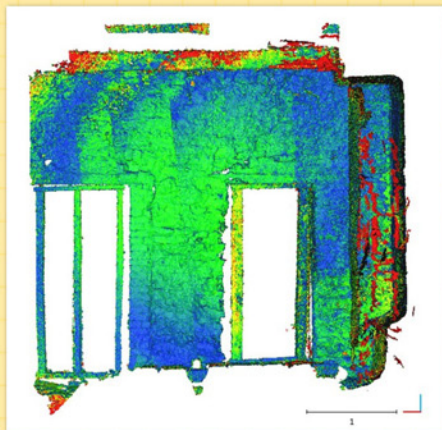
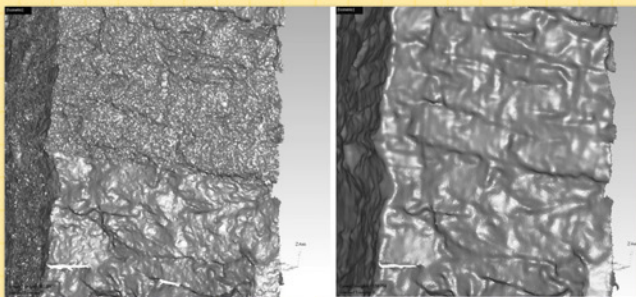


- .. primární a odvozené výstupy
- .. složené výstupy
- .. 3D tisk :)



METODA OBRAZOVÉ KORELACE (IBMR)

.. přesnost, kvalita a vypovídací schopnost výstupů



DIGITÁLNÍ ORTOFOTO

2D rastrový FTG výstup > ortofoto - fotoplán - rozvinutí



obr.: digitální ortofoto -
pozemní FTG .. archeologie



fotoplán, hrad Hartenberg, situace D

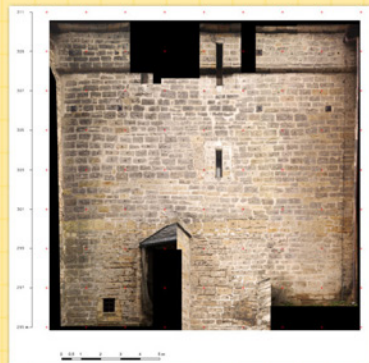


2013.07.17 1:20 Kovaříková L., Hanušová B.

Hradčanské nám. čp. 8, jižní průčelí - východní část

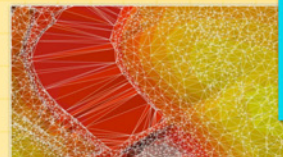
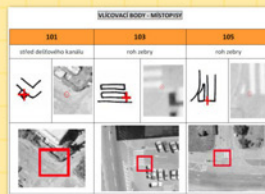
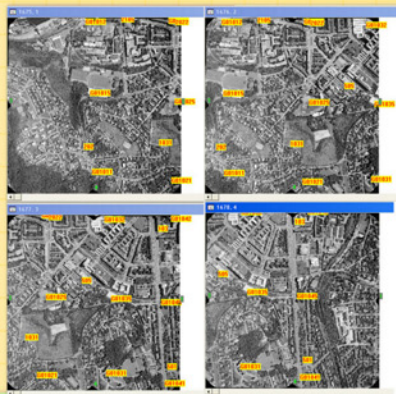
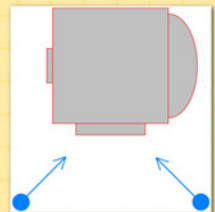
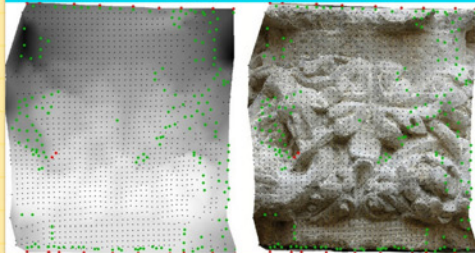
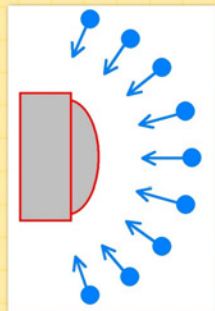
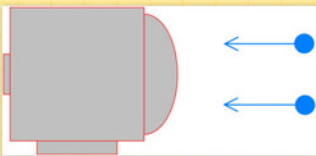


11.09.21, Hodač J., Praha 1:50

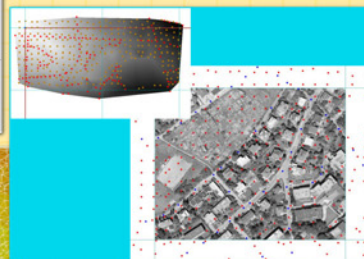


DIGITÁLNÍ ORTOFOTO

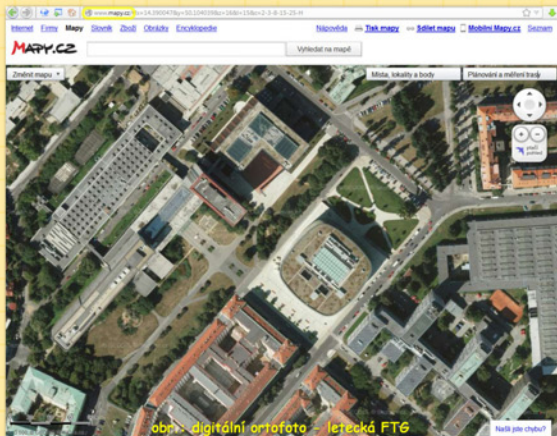
.. vstupní data a technologie zpracování



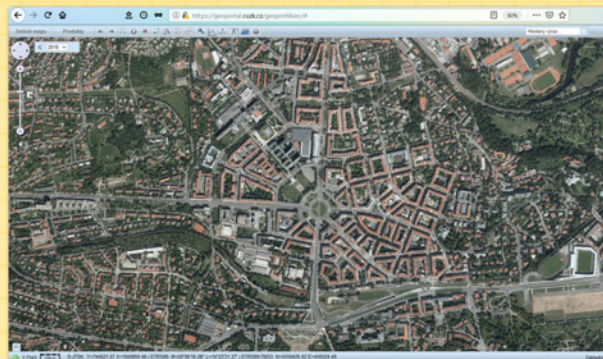
RMSE = 0.18 m in uncovered areas and 0.3 m in wooded terrains
zdroj: Zeměměřičský úřad - Ing. Karel Brázdil



DIGITÁLNÍ ORTOFOTO



.. ortofoto současné / historické
.. parametry



Ortofoto České republiky

Informace o produktu	
Název	Ortofoto České republiky
Odhodnotit kód	63410
Výdejní jednotka	mapový list SM 5 (2,5x2 km)
Cena za jednotku	150 CZK za výdejní jednotku. Základní cena. Slevy a přírůsky dle ceníku: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/CZKvok.pdf
Výdejní formáty	JPG/UTM, JPG/UTM
Souřadnice	S-JTSK / Krovak EN, WGS 84 / UTM zone 33N

Popis produktu
Digitální zdatně bezobrazí ortofoto České republiky v barevné škále 8 bitů. Pixel rastrového obrazu Ortofota ČR zobrazuje přibližně 0,25 m území ve střední rovině terénu. Pořizovací přesnost charakterizovaná střední souřadnicovou chybou v rovinném terénu je 0,25 m, ve členitých terénech dosahuje hodnoty 0,5 m. Ortofoto ČR je distribuováno v grafických rastrových formátech JPG po výdejních jednotkách o velikosti zobrazující 2,5 x 2 km terénu v kladu SM 5.

Informace o produktu
Digitální zdatně bezobrazí ortofoto České republiky v barevné škále 8 bitů. Pixel rastrového obrazu Ortofota ČR zobrazuje přibližně 0,25 m území ve střední rovině terénu. Pořizovací přesnost charakterizovaná střední souřadnicovou chybou v rovinném terénu je 0,25 m, ve členitých terénech dosahuje hodnoty 0,5 m. Ortofoto ČR je distribuováno v grafických rastrových formátech JPG po výdejních jednotkách o velikosti zobrazující 2,5 x 2 km terénu v kladu SM 5.

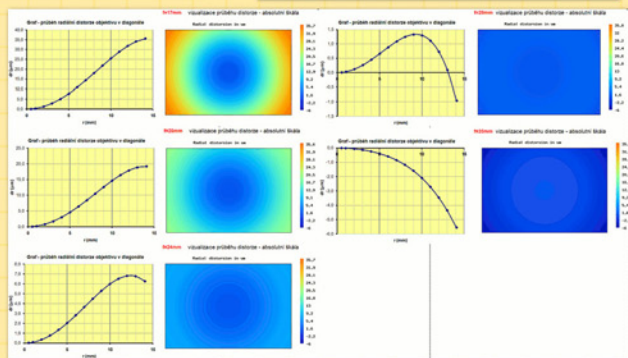
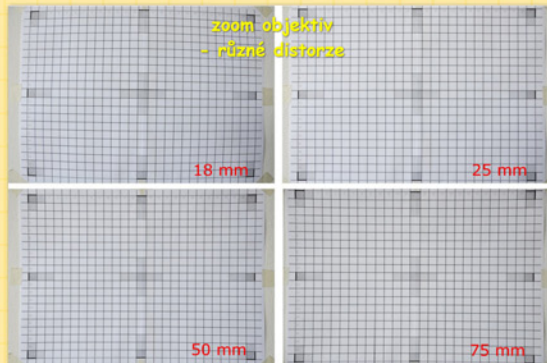
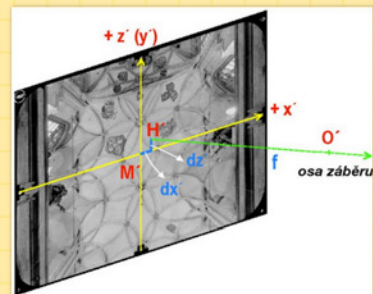
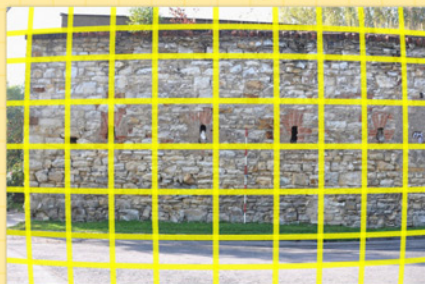
Informace o produktu
Digitální zdatně bezobrazí ortofoto České republiky v barevné škále 8 bitů. Pixel rastrového obrazu Ortofota ČR zobrazuje přibližně 0,25 m území ve střední rovině terénu. Pořizovací přesnost charakterizovaná střední souřadnicovou chybou v rovinném terénu je 0,25 m, ve členitých terénech dosahuje hodnoty 0,5 m. Ortofoto ČR je distribuováno v grafických rastrových formátech JPG po výdejních jednotkách o velikosti zobrazující 2,5 x 2 km terénu v kladu SM 5.

Informace o produktu
Digitální zdatně bezobrazí ortofoto České republiky v barevné škále 8 bitů. Pixel rastrového obrazu Ortofota ČR zobrazuje přibližně 0,25 m území ve střední rovině terénu. Pořizovací přesnost charakterizovaná střední souřadnicovou chybou v rovinném terénu je 0,25 m, ve členitých terénech dosahuje hodnoty 0,5 m. Ortofoto ČR je distribuováno v grafických rastrových formátech JPG po výdejních jednotkách o velikosti zobrazující 2,5 x 2 km terénu v kladu SM 5.

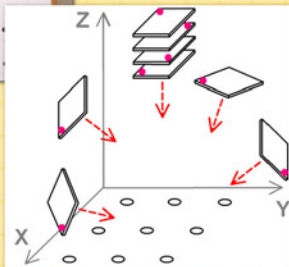
KALIBRACE KAMERY



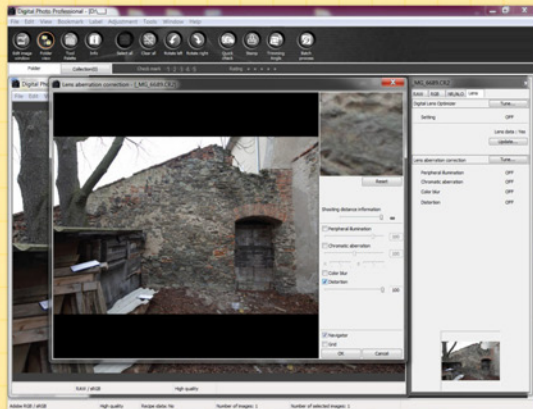
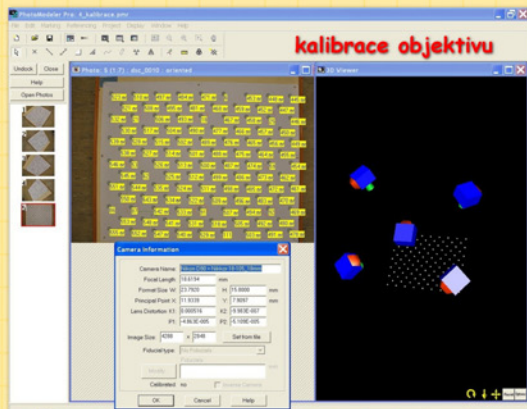
- .. parametry kamery
- .. geometrické zkreslení obrazu > přesnost FTG výstupů



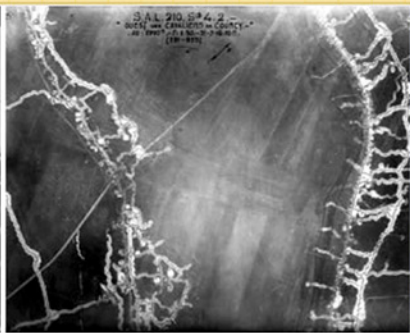
KALIBRACE KAMERY



- .. kalibrační protokol
- .. kalibrace pomocí kalibračního pole
- .. kalibrační profily objektivů

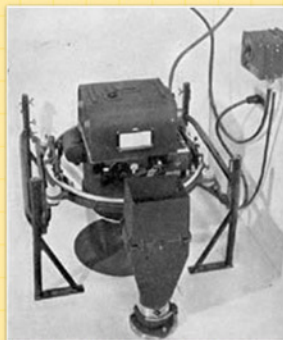


HISTORICKÉ LETECKÉ MĚŘICKÉ SNÍMKY

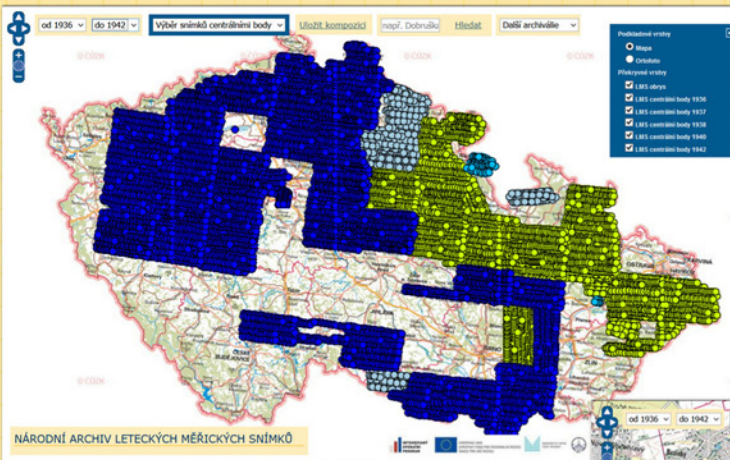


snímkování z letadel .. vojenství > průzkum (cca od 1910)
letecké měřické snímky .. po první světové válce

- vhodná technika
- mapy/plány



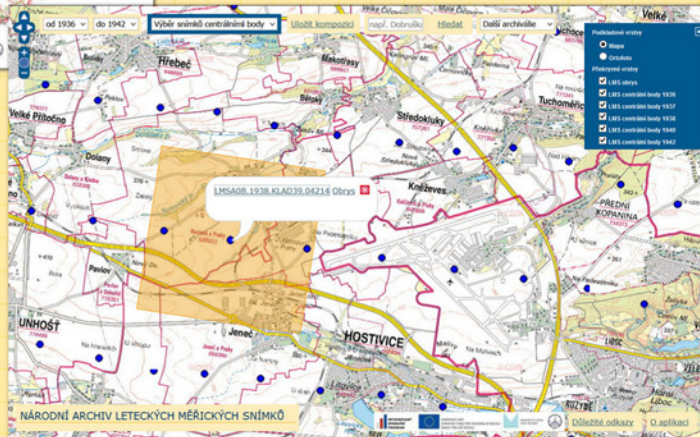
HISTORICKÉ LETECKÉ MĚŘICKÉ SNÍMKY



Československo ..

- snímování od 1936
- v cyklu cca 10 let
- vojenské potřeby

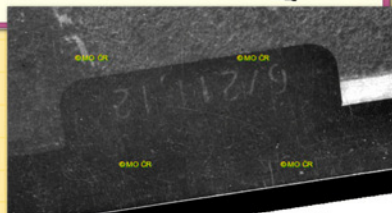
Armáda ČR +
Zeměměřický úřad >
Národní archiv LMS
.. snímky 1936 - 2002
.. cca 750 000 snímků
.. postupné skenování



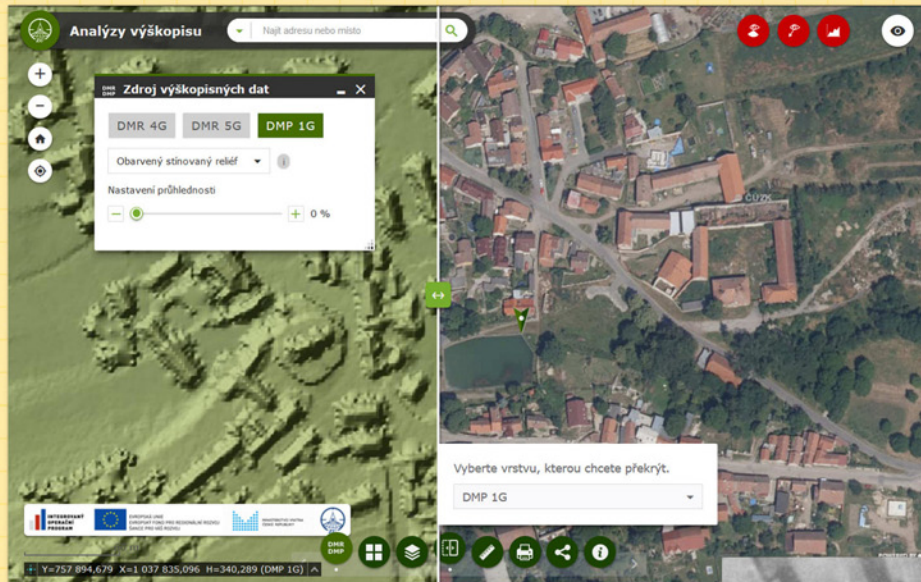
HISTORICKÉ LETECKÉ MĚŘICKÉ SNÍMKY

PARAMETRY SNÍMKŮ

- měřítko 1:17-28 000
- formát 18x18, 30x30 a 23x23 cm
- rozlišení po skenování cca 30 cm/pixel ve skut.
- neznámá ,kalibrace, .. jen konstanta komory
- proměnná kvalita obrazu
- cena 500,- /jeden LMS



HISTORICKÉ LETECKÉ MĚŘICKÉ SNÍMKY



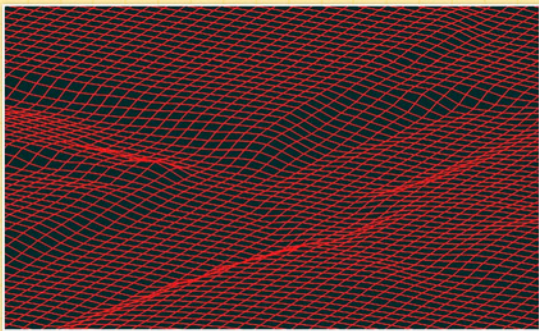
ZÚ > aplikace
.. Analýzy
výškopisu

VLÍCOVACÍ BODY

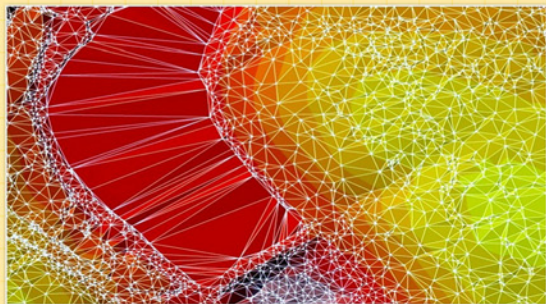
- souřadnice ze stáv. podkladů
> ortofoto + DMR/DMP
.. přesnost vstupů - podkladů



HISTORICKÉ LETECKÉ MĚŘICKÉ SNÍMKY



ZÚ - celá ČR ..
DMR 4G, DMR 5G



DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU

- nákup , současného,
- z dat leteckého las. skenování
- tvorba z historických LMS
- úskalí použití .. přesnost

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G)

Informace o produktu	
Název	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G)
Obchodní kód	64111
Výdejní jednotka	mapový list SM 5 (2,5x2 km)
Cena za jednotku	620 CZK za 1. až 20. výdejní jednotku, od 21. výdejní jednotky zvláštní cena 150 CZK za výdejní jednotku. Další slevy a přirážky dle ceníku: http://geoportal.cuzk.cz/Document/CENIK.pdf
Výdejní formáty	TXT (UTSK)
Souřadnicové systémy	S-JTSK / Kovak EN

Popis produktu

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů v nepravděpodobně trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X, Y, Z, kde X reprezentuje nadmořskou výšku ve výškové referenční soustavě Batt pro vyrovnaní (Bpv) s úplnou šířkou chyb výšky 0,15 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Model vznikl z dat potvrděných metodami leteckého laserového skenování výstupem území České republiky v letech 2009 až 2013. DMR 5G je určen k analýzám terénních poměrů lokálního charakteru a rozsahu, např. při projektování pozemkových úprav, plánování a projektování dopravních, vodohospodářských a pozemních staveb, modelování přírodních geů, územního charakteru, apod. DMR 5G je základem zdrojovou databází pro tvorbu vrstevnic určených pro mapy velkých měřítek a počítačové vizualizace výšek v územně orientovaných informačních systémech výše územní podstatnosti.

Actualizační cyklus - stav aktualizace

DMR 5G je Zeměměřičským úřadem od roku 2013 průběžně aktualizován v návaznosti na aktualizaci a verifikaci dat základní báze geografických dat České republiky, a to metodami digitální stereofotogrammetrie a na vybraných územích i metodou leteckého laserového skenování.

[Stav aktualizace](#)

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G)

- Informace o produktu
- detailní metadata
- stav aktualizace
- Technická zpráva k DMR 5G
- prohlášení data
- ✓ koupit

Digitální model povrchu České republiky 1. generace (DMP 1G)

- INSPIRE - Nadmořská výška (EL)

Odkazy

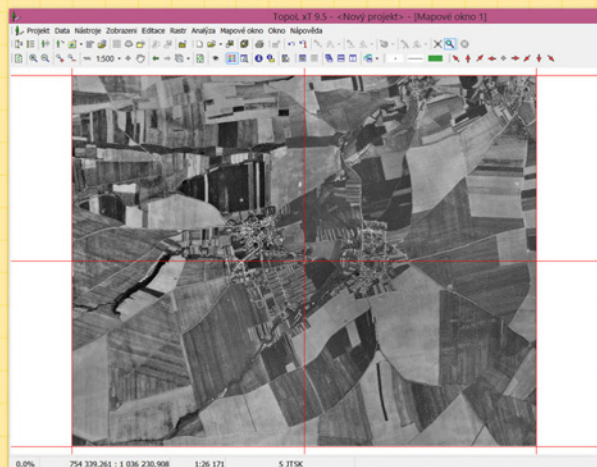
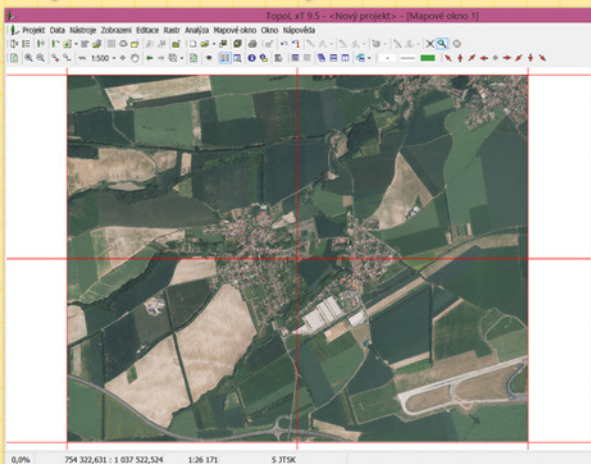
- ZABAGED[®] - výškopis - úvod
- Analýza výškopisu
- Projekt „Polisní leteckých senzorů pro informační systém zeměměřičství a Geoportál ČÚZK“ je spolufinancován z prostředků Evropské unie

HISTORICKÉ LMS - PROJEKT

ZAKOUPENO bylo:

Ortofoto 1953

- CENIA, česká informační agentura životního prostředí
- 4ML 1:5000, ČB
- pixel 0,5 m; přesnost cca 1,3 m



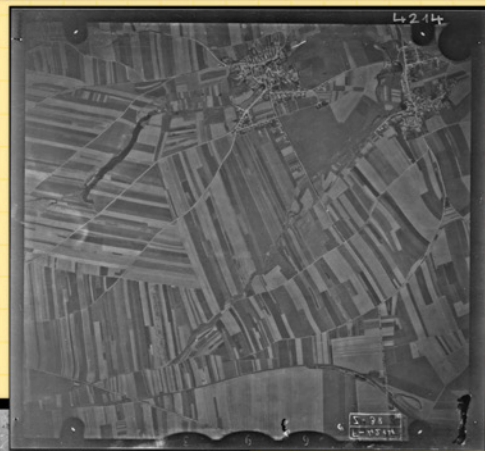
Ortofoto 2016

- Zeměměřický úřad
- 4ML 1:5000, barva
- pixel 0,25 m;
přesnost 0,25 - 0,5 m

HISTORICKÉ LMS - PROJEKT

ZAKOUPENO bylo:

- VGHMÚř Dobruška (Armáda ČR)
- 5 historických LMS, ČB
pro roky 1938 + 1969 + 1983
- pixel cca 35 cm
- priorita pokrytí >> intravilán



HISTORICKÉ LMS - PROJEKT

ZPRACOVÁNÍ

- digitální FTG stanice
- hledání optimální technologie
- neznámé ,kalibrační, hodnoty
- ověření tvorby DMT z historických LMS
- problémy se stabilitou použitého SW
- diplomová práce T. Řáda



Č. var.	Počet v. b.	Metoda výpočtu	Popis
1	19	spojené vyrovnání	celá plocha snímku - rovnoměrně
2	22	spojené vyrovnání	široký intravilán
3	28	spojené vyrovnání	úzký intravilán

Tab. 6.1: Varianty externí orientace jednoho snímku

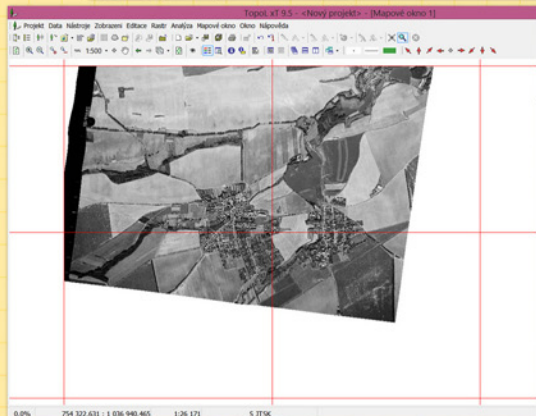
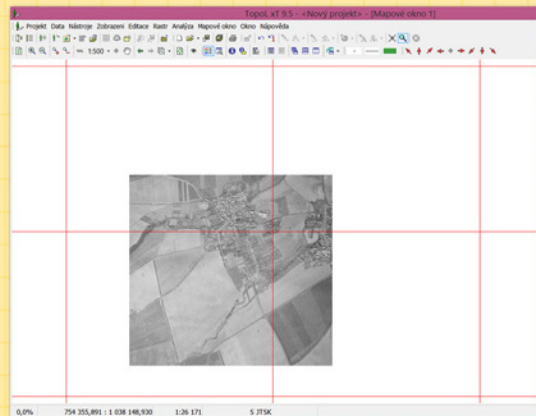
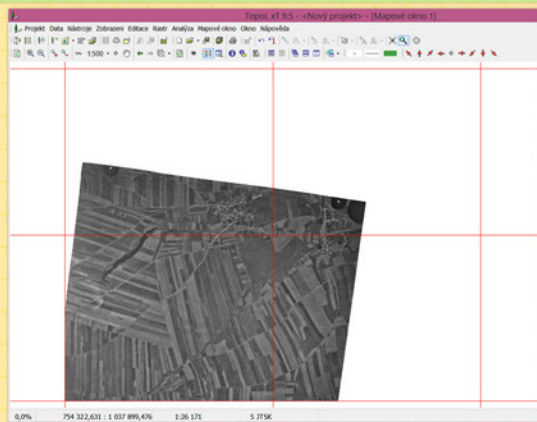


rastrová verze
,historického DMT,
Před a Po editaci

HISTORICKÉ LMS - PROJEKT

VÝSTUPY

- ortofota z hist. LMS - 38,69,83
- pokrytí - intravilán (necelé ML)
- pixel 0,4 m; přesnost cca 1,3 m
- ,povědomí, o úskalích technologie



HISTORICKÉ LMS - PROJEKT

OVĚŘENÍ PŘESNOSTI

- návaznost, > pohledem
- kontrolní body > souřadnicové rozdíly
- účel > přesnost podkladů > přesnost výstupů

- očekávání naplněna :)

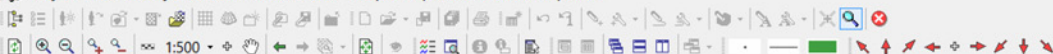


Metoda:	1 snímek		stereodv. bez korelace		stereodv. s korelací	
Číslo bodu	dY [m]	dX [m]	dY [m]	dX [m]	dY [m]	dX [m]
1	-1.30	-0.58	-0.48	-0.31	4.12	-1.18
2	-0.08	-0.40	-0.51	-0.23	-0.36	1.03
3	1.52	-1.75	-0.55	2.17	0.35	0.53
4	0.84	1.34	0.56	1.99	0.01	3.45
5	2.23	-0.65	2.08	0.23	1.82	0.55
6	-0.02	-2.28	0.38	-0.67	-1.13	-2.68
7	-0.01	-0.84	-0.14	-0.07	-0.70	0.38
8	0.35	-1.51	-0.03	-0.98	-1.12	-1.29
9	-0.63	-0.04	-0.88	0.11	-1.21	0.69
10	1.74	-0.69	1.80	0.43	-0.01	-2.17

Tab. 9.2: Souřadnicové rozdíly na jednotlivých kontrolních bodech

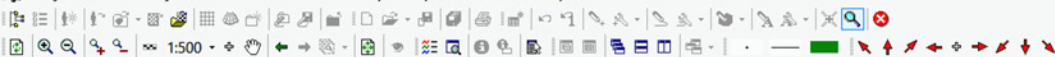
1938





1953





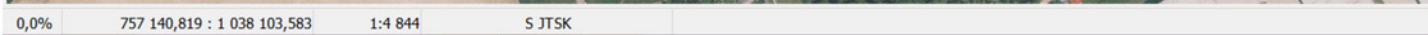
1969





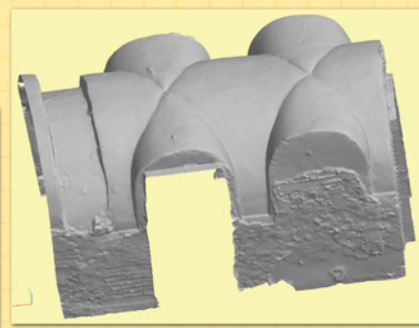
1983



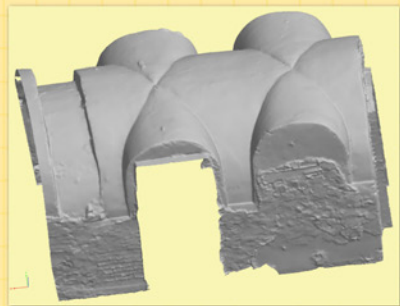


LASEROVÉ SKENOVÁNÍ

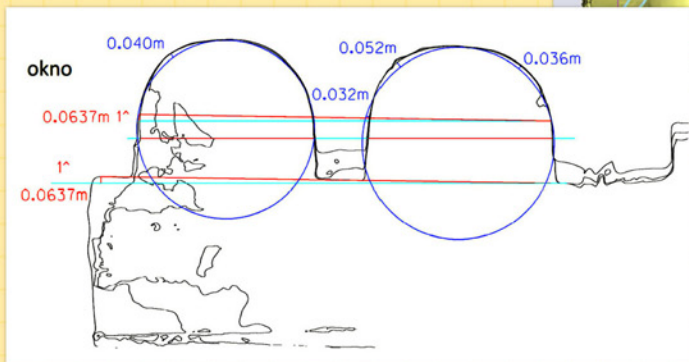
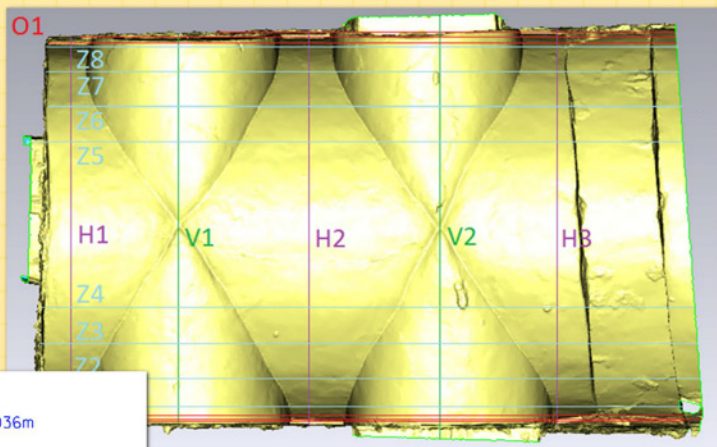
.. sběr dat + zpracování > mračno - model



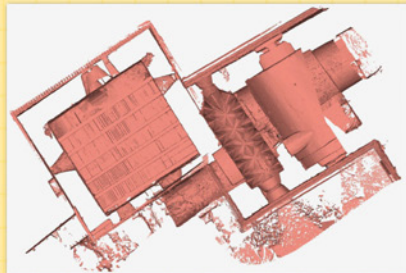
LASEROVÉ SKENOVÁNÍ



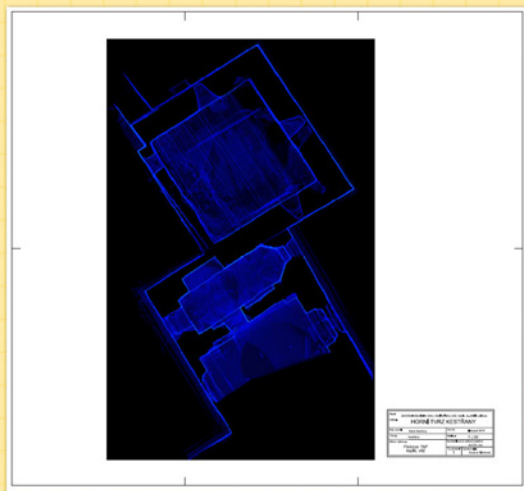
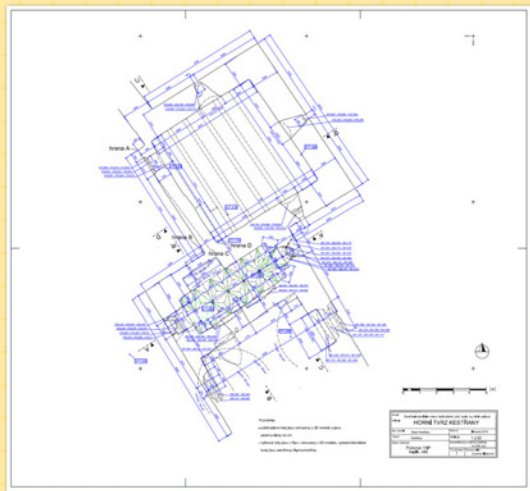
.. analýzy modelu > 3D - 2D



LASEROVÉ SKENOVÁNÍ



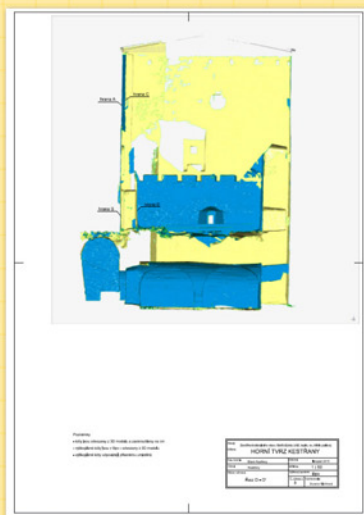
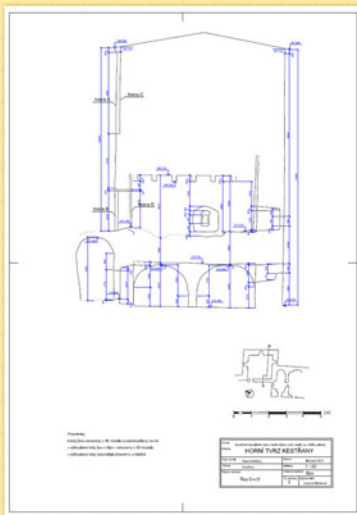
.. měřická
dokumentace
.. model > plán



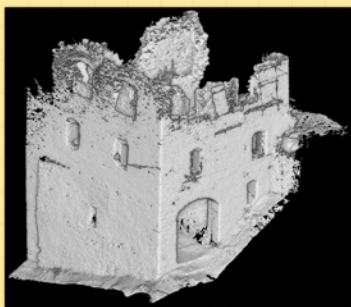
LASEROVÉ SKENOVÁNÍ



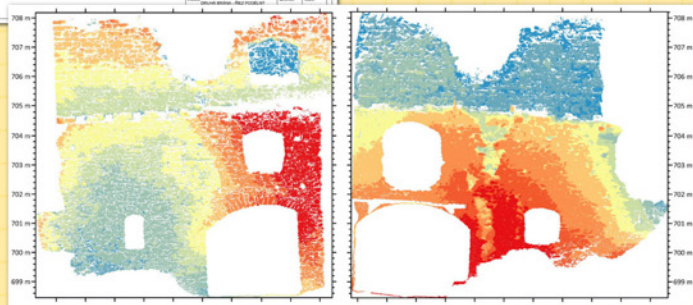
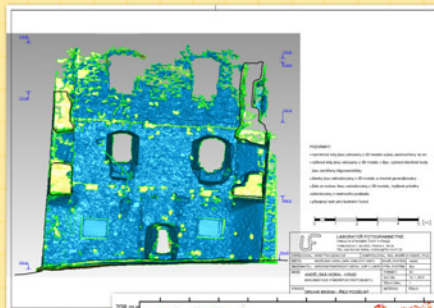
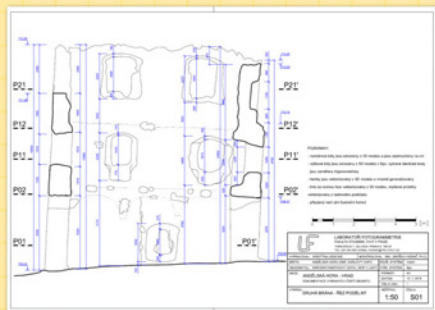
- .. měřická dokumentace
- .. model > plán



LASEROVÉ SKENOVÁNÍ



- .. měřická dokumentace
- .. model > plán
- .. vizualizace - hypsomerie



ZÁVĚR

Co řečeno nebylo .. ? .. :)

Co zvládnou sám a co "zadám" .. ?

Co vlastně potřebuji a k čemu .. ?

V jaké dimenzi, formátu aj. výstupy
potřebuji / jsem schopen využít .. ?

Co je "cenné" - vstupní data / výstupy.

Objemy dat a jejich archivace ..

Mezioborová spolupráce "na jednom" -
domluvit se a porozumět

Hodně "pěkných" .. dokumentací !!!

ZÁVĚR

DĚKUJI VÁM ZA VAŠI
POZORNOST :)

Jindřich Hodač, Ing. Ph.D.
hodac@fsv.cvut.cz