

ZPRACOVÁNÍ DISTANČNÍCH DAT A NOVÉ PŘÍSTUPY V KONSTRUKCI POVRCHŮ

KOMPLEXNÍ TVORBA FOTOREALISTICKÉHO 3D MODELU POVRCHU NA ZÁKLADĚ TECHNOLOGIE LIDAR

GIS ESRI 2013

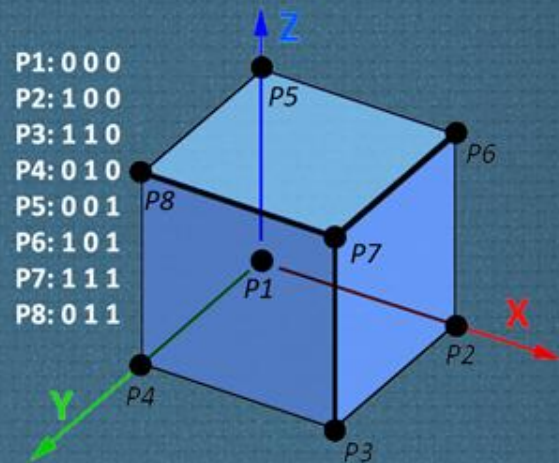
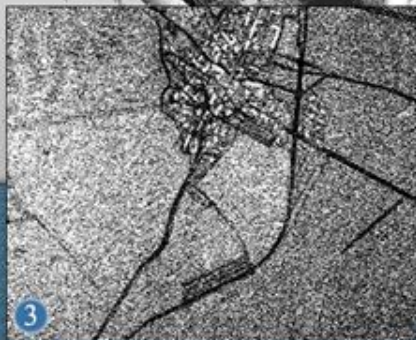
Jan Hovad, Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav systémového inženýrství a informatiky

LIDAR

Light Detection and Ranging technology (LIDAR)

- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: VÝSTUPY MODELU
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

- :: LASER, SCANNER, ROTUJÍCÍ ZRCADLO, GPS
- :: MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI A POZICE OBJEKTŮ
- :: TVORBA MODELŮ OBJEKTŮ (BUDOVY, TERÉN, PŘEDMĚTY), ANALÝZA MATERIÁLŮ, AUTOMATICKÉ OVLÁDÁNÍ AUTOMOBILŮ, MONITOROVÁNÍ VEGETACE AD.



P1: 0 0 0
P2: 1 0 0
P3: 1 1 0
P4: 0 1 0
P5: 0 0 1
P6: 1 0 1
P7: 1 1 1
P8: 0 1 1

555990.840	5531990.346	285.517
555990.797	5531996.895	285.428
555990.282	5532001.926	285.431
555990.428	5532004.278	285.421
555990.019	5532016.364	285.368
555990.016	5532017.419	285.356
555990.093	5532018.566	285.349
555990.158	5532019.765	285.359
555990.229	5532020.923	285.376
555990.298	5532022.106	285.391
555990.062	5532035.419	285.420
555990.333	5532040.136	285.522
555990.181	5532045.628	285.518
555990.704	5532046.059	285.514
555990.012	5532050.428	285.582
555990.903	5532065.397	285.423

:: LIDAR

:: KRITICKÉ BODY

:: SCHÉMA ŘEŠENÍ

:: BATCH INTERPOLACE

:: GEOSTATISTIKA

:: ADAPTIVITA

:: 3D SKRIPTOVÁNÍ

:: TVORBA BUDOV

:: PARAMETRIZACE

:: MODEL OBLAČNOSTI

:: VÝSTUPY MODELU

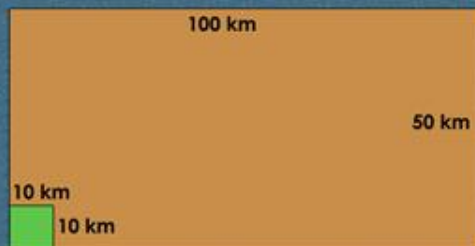
:: VYUŽITÍ V PRAXI

Analýza problematiky tvorby 3D modelů terénu, vybrané kritické aspekty vhodné k inovaci

:: DBM, DHCM, DTM - Separované modely bez návaznosti na okolní objekty

:: Extrémní množství a velikost bodových nepravidelných dat

:: Velmi omezená oblast zájmu díky hardwarovým nárokům na zobrazení



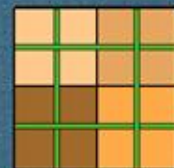
20 milionů bodů = $44 \text{ B} \times \frac{20\,000\,000 \text{ bodů}}{1\,000\,000} = 880 \text{ MB}$

1 miliarda bodů = $44 \text{ B} \times \frac{1\,000\,000\,000 \text{ bodů}}{1\,000\,000} = 44\,000 \text{ MB}$

:: Trojúhelníková struktura polygonů



:: Nepravidelný tok hran modelů - nepředvídatelnost a nedělitelnost polygonů



:: LIDAR

:: KRITICKÉ BODY

:: SCHÉMA ŘEŠENÍ

:: BATCH INTERPOLACE

:: GEOSTATISTIKA

:: ADAPTIVITA

:: 3D SKRIPTOVÁNÍ

:: TVORBA BUDOV

:: PARAMETRIZACE

:: MODEL OBLAČNOSTI

:: VÝSTUPY MODELU

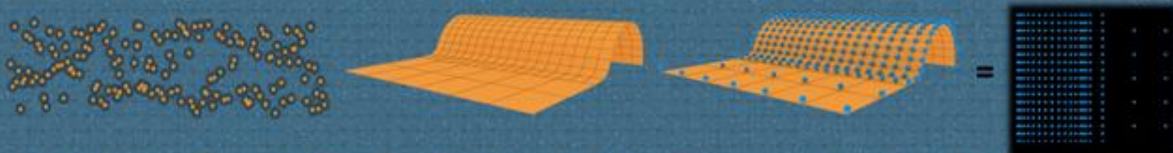
:: VYUŽITÍ V PRAXI

Analýza problematiky tvorby 3D modelů terénu, vybrané kritické aspekty vhodné k inovaci

:: Špatná editace trojúhelníkových oblastí



:: Nízká adaptabilita rozlišení dat vzhledem k potřebě konkrétní analýzy



:: Nízká možnost napojení modelů k dalšímu využití do jiných oborů



:: Nutné uchování milionů zachycených bodů pro rekonstrukci objektů v paměti



- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: **SCHEMA ŘEŠENÍ**
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: VÝSTUPY MODELU
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

Datové vstupy, dílčí návrh zpracování a stanovené cíle

Surový LIDAR DMR 4G
(vstup 1)



Digitalizované
vektory (body, polygony)
ZABAGED[®]
(vstup 2)

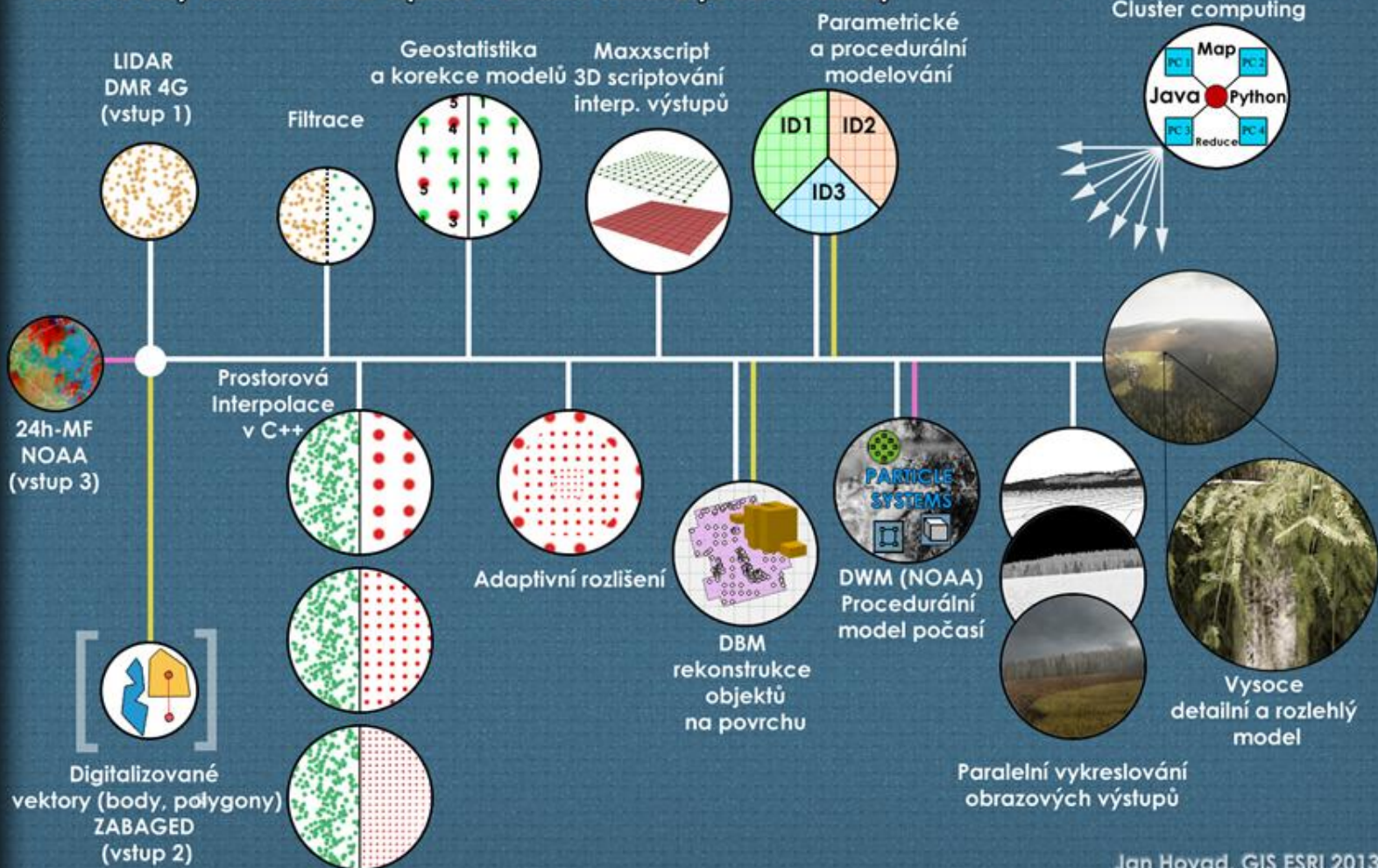
REDUKCE DAT (OD 0:3 K 0:1000)
 BODY PŘEVEDENY NA POLYGONY (ŽÁDNÉ TROJÚHELNÍKY)
 POLYGONY MAJÍ ČTVERCOVÝ KONSTANTNÍ TVAR
 BODY A HRANY MAJÍ PŘEDVÍDATELNÝ TOK
 ROZLIŠENÍ 3D MODELU JE ADAPTIVNÍ
 3D MODEL JE PARAMETRICKÝ (DISTRIBUCE OBJEKTŮ)
 3D MODEL JE PROCEDURÁLNÍ
 3D OBJEKTY DĚDÍ VLASTNOSTI REÁLNÝCH LIDAR OBJEKTŮ
 3D MODEL MŮŽE BÝT NEOMEZENĚ ROZLEHLÝ (NAPŘ. ČR)
 VÝSTUPY Z MODELU MOHOU BÝT VYPOČTENY CLUSTERY
 VYUŽIT DISTRIBUOVANÝ PŘÍSTUP (HADOOP/GOOGLE FS)
 GEOSTATISTIKA - VALIDACE A KOREKCE MODELU
 C++ & MAXXSCRIPT & JAVA - ZPRACOVÁNÍ VÝSTUPŮ

Vysoce detailní a rozlehlý
model



- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHEMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: VÝSTUPY MODELU
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

Díličí kroky konkrétního aplikovaného řešení problematiky



- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: **BATCH INTERPOLACE**
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: VÝSTUPY MODELU
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

Hromadná interpolace

Naprogramování výpočtu:

```
void Interp_algoritmus(file point(XYZ), resolution
array(set rozlišení)
{
for (i=0;i<array.size();i++)
{
    vypočítej rozlišení prázdného gridu
    definuj bodovou strukturu
    interpoluj hodnoty z okolí do bodové struktury
    transformuj výstup do XYZ formátu
    změř statistiku, zaznamenej čas výpočtu
    ulož soubor
}
}
```

Name	Size	Date (finished)
[..]	<DIR>	04.03.2013 17:47
export_resolution_100 199 xyz	747 802	04.03.2013 17:45
export_resolution_167 332 xyz	2 085 388	04.03.2013 17:45
export_resolution_251 498 xyz	4 700 820	04.03.2013 17:45
export_resolution_502 997 xyz	18 845 437	04.03.2013 17:45
export_resolution_1005 1995 xyz	75 494 242	04.03.2013 17:46
export_resolution_2010 3990 xyz	302 009 062	04.03.2013 17:49

Algorithm: Renka-Clime

Resolution: 2010

Values: 8019900

Pure computation completed in : 11544 ms

Saving the output file took : 3370 ms

Total time: 14914 ms

Kde:

i = index zvoleného algoritmu

C_{Xi} = počet sloupců v cílové mřížce

R_{Yi} = počet řádků v cílové mřížce

W = šířka zájmové oblasti

H = výška zájmové oblasti

P_i = cílová velikost polygonu v metrech

$$C_{Xi} = \frac{W}{P_i}$$

$$R_{Yi} = \frac{H}{P_i}$$

Testovací oblast zájmu: 10×20 km

Cílové pole rozlišení {5 10 20 40 60 100} metrů.

Výstup --> dvě pole definující pravidelné mřížky (100×199,...)

COLS {100,167,251,502,1005,2010}, ROWS {199,332,498,997,1995,3990}

```
void renka()
{
    Alg = "RENKA-CLIME";
    open_file();
    Worksheet XYZFile = Project.ActiveLayer();

    for (int i=0;i<7;i++)
    {
        //timerStart, timerEnd = 0;
        timerStart = GetTickCount();
        int_to_fixed_str(gridValuesX[i].3,bufX);
        int_to_fixed_str(gridValuesY[i].3,bufY);
        outRes = bufX + " " + bufY;
        XFBase xf("xyz_renka_nag");
        data.Add(XYZFile, 0, "X");
        data.Add(XYZFile, 1, "Y");
        data.Add(XYZFile, 2, "Z");
        xf.SetArg("iz",data);
        xf.SetArg("rows",gridValuesX[i]);
        xf.SetArg("cols",gridValuesY[i]);
        xf.Evaluate();
        timerEnd = GetTickCount();
        line;
        printf("Algorithms: Renka-Clime\n");
        printf("Resolution: %d",gridValuesX[i] * "x" ,gridValuesY[i]);
        printf("\nValues: %d \n",gridValuesX[i]*gridValuesY[i]);
        printf("Pure computation completed in : %d ms\n",timerEnd-timerStart);
        convertMatrix();
        Export_ASCII();
        timerEndSave = GetTickCount();
        printf("Saving the output file took : %d ms\n",timerEndSave-timerEnd);
        printf("Total time: %d ms\n",timerEndSave-timerStart);
        line;
    }
    printf("\n");
}
```

- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: **BATCH INTERPOLACE**
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: VÝSTUPY MODELU
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

Hromadná interpolace

Algoritmy: Renka-Cline, IDW, Natural Neighbour, Splines, Kriging

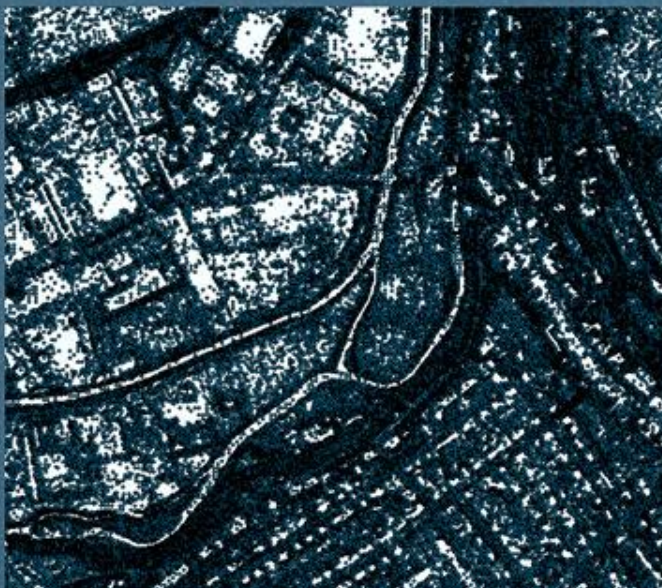
Výběr 3 reprezentativních rozlišení s ohledem na předpokládanou hardwarovou náročnost zpracování

<1×1 m, 20×20 m, 60×60m>, IDW

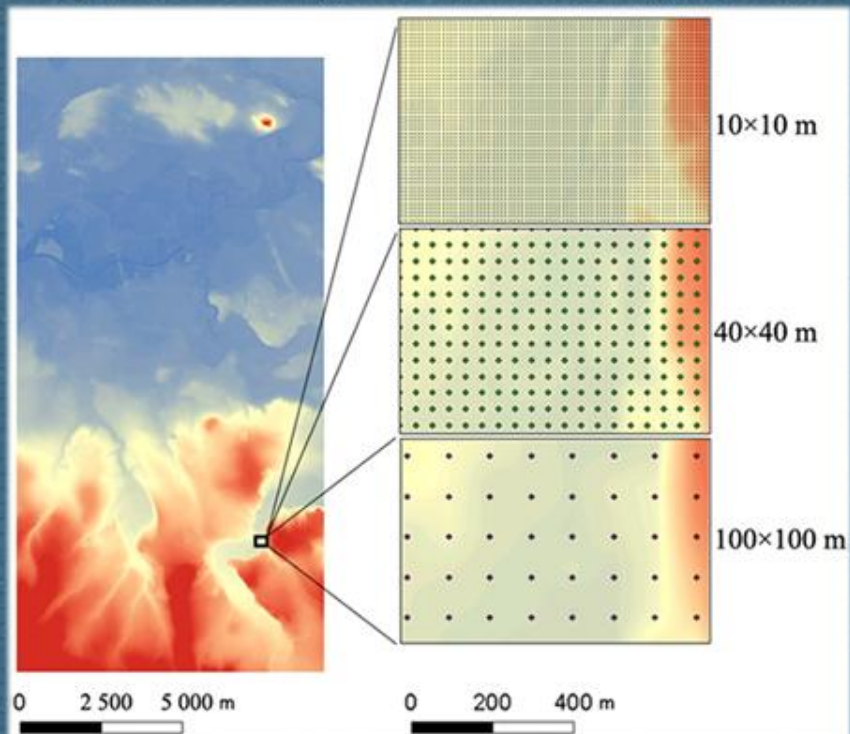
<1×1 m, 20×20 m, 60×60m>, Natural Neighbour

<1×1 m, 20×20 m, 60×60m>, Renka-Cline
atp.

LIDAR DMR 4G - nerovnoměrný sken terénu



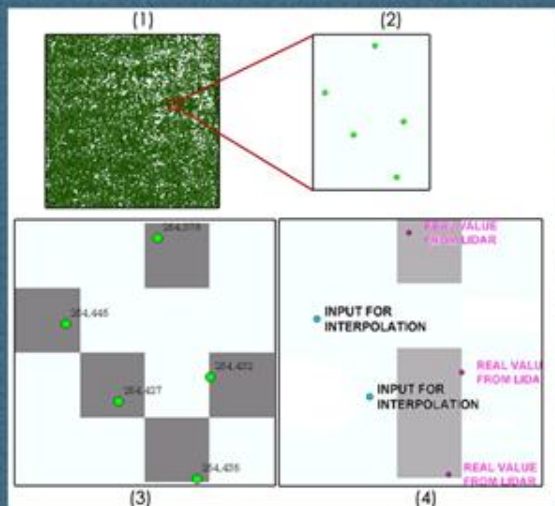
Interpolované modely, množina matic s různým rozlišením



- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: **GEOSTATISTIKA**
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: VÝSTUPY MODELU
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

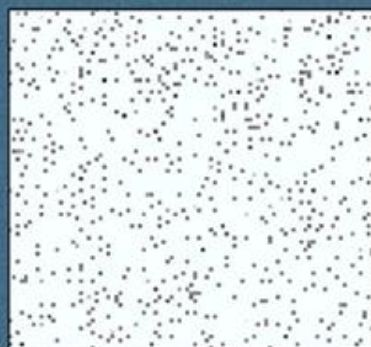
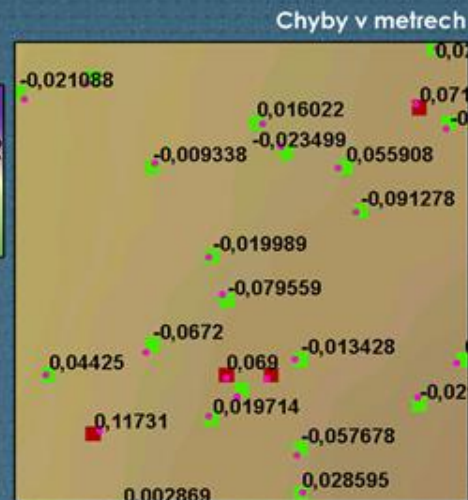
Metody hodnocení a korekce modelů

Modifikovaná "Split Sample Validation", metoda rozdělení vstupního souboru se zpětnou propagací chyby

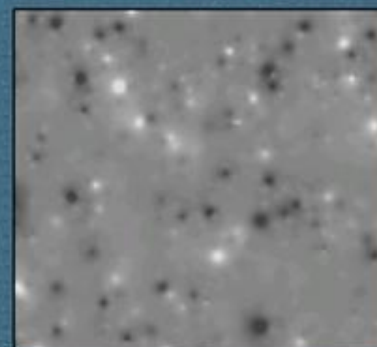


80 % = vstupní data pro interpolaci
 20 % = testovací vzorek
 Velikost pole = 1 metr
 Minimalizace nejistoty

Interpolované modely porovnány s testovacími body
 Výsledek uložen jako řídká matice



Řídká rastrová matice odchylek
 -- Vypočtena dle rovnice 1 --

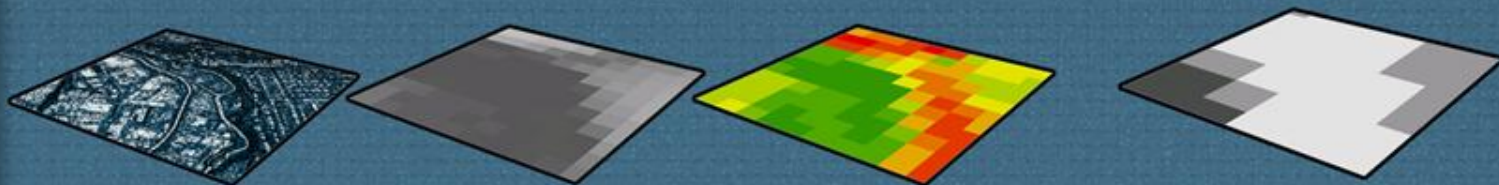


Spojité rastrová matice odchylek
 -- Interpolace druhou iterací --



- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: **ADAPTIVITA**
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: VÝSTUPY MODELU
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

Vliv sklonu terénu na rozlišení modelu

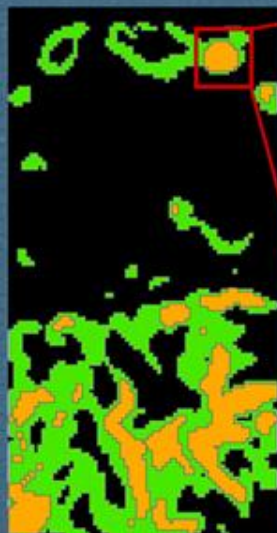


LIDAR DMR 4G

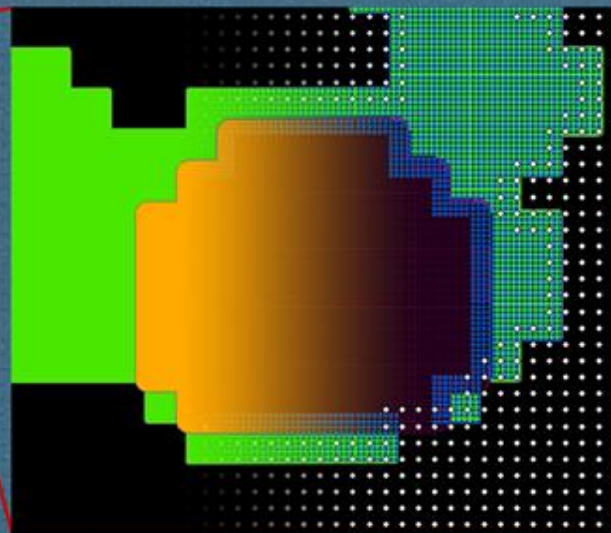
DEM S ODPOVÍDAJÍCÍ
VELIKOSTÍ BUŇKY

VÝPOČET SKLONU TERÉNU PRO
KAŽDOU BUŇKU DEM

AGREGACE SKLONU DO SKUPIN
DLE MEZINÁRODNÍHO KLAS. SYSTÉMU



OŘEZÁVACÍ POLYGONY (3)



IDW, KUNĚTICKÁ HORA - 3 SADY S RŮZNÝM ROZLIŠENÍM INTERP. MODELU

- GRID 60×60 m
- GRID 20×20 m
- GRID 5×5 m

:: LIDAR

:: KRITICKÉ BODY

:: SCHÉMA ŘEŠENÍ

:: BATCH INTERPOLACE

:: GEOSTATISTIKA

:: ADAPTIVITA

:: 3D SKRIPTOVÁNÍ

:: TVORBA BUDOV

:: PARAMETRIZACE

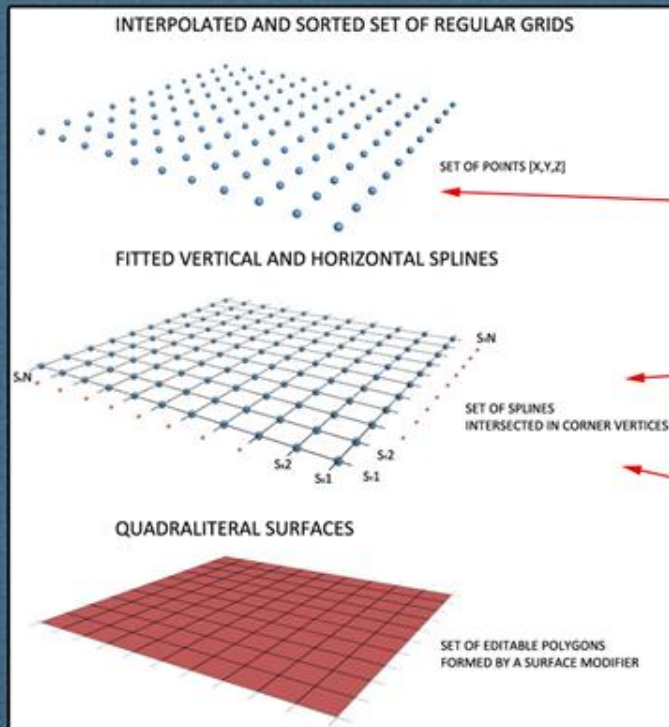
:: MODEL OBLAČNOSTI

:: VÝSTUPY MODELU

:: VYUŽITÍ V PRAXI

Naprogramování převodu interpolovaných dat do 3D, skriptovací jazyk Maxscript

Iterativně načítej data do struktury X a Y načti do polí, které seřad' iterativně prořinej body křivkou Přidávej uzly typu: roh QuickSort: $n \times \log(n) / n^2$ ←



```

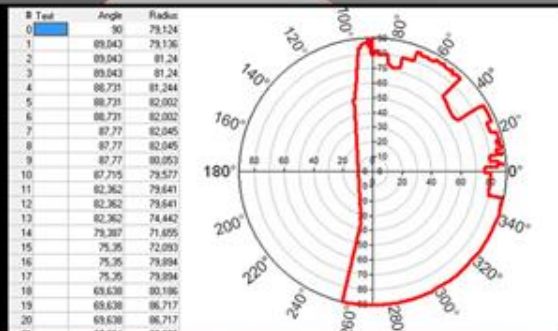
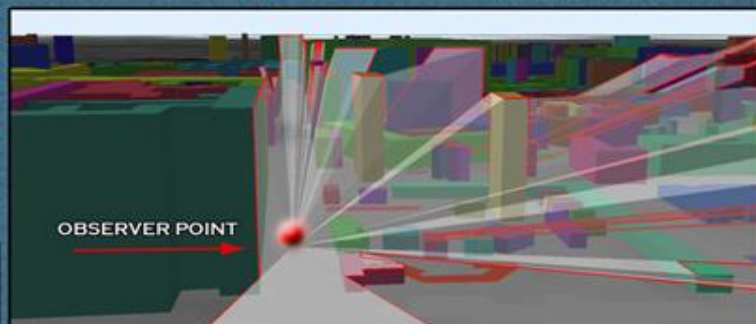
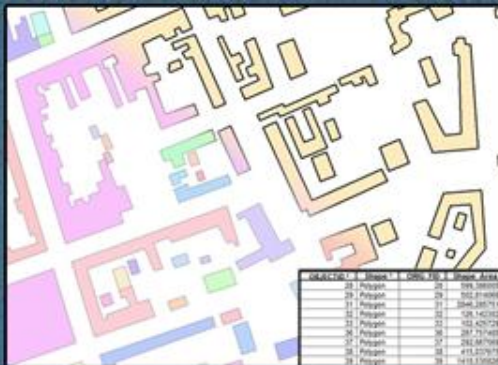
1 (
2   fn select_bad limit =
3   (
4     bad_faces = for i in polyop.getfaceselection # where polyop.getFaceArea i >= limit collect i
5     polyop.setFaceSelection # bad_faces
6     redrawViews()
7   )
8   local x = "", y = "", z = "", f, i, splineID = 0, coordX = #(), coordY = #(), theCoords = #()
9   ss = SplineShape()
10  filename = getOpenFileName types:"XYZ Files (*.txt)" ".txt"
11  --filename = getOpenFileName types:"XYZ Files (*.xyz)" ".xyz"
12  f = openFile filename mode:"rt" -- otevri soubor jen pro cteni
13
14  while (eof f) == false do -- dokud nejisi na konci souboru ...
15  (
16    coord = readLine f as stringstream -- nacti do promenne coord radek ze souboru
17    x = (readToken coord) -- nacti první číslo po mezeru
18    y = (readToken coord) -- nacti druhé číslo po mezeru
19    z = (readToken coord) -- nacti třetí číslo po mezeru (elevace)
20    append theCoords [x as float,y as float,z as float] -- pripoj všechny hodnoty jako strukturu x,y,z do pole jako decimal číslo
21  )
22  coordX = for i in theCoords collect i.x -- vyber z kolekce pouze x a uloz je do pole coordX
23  coordX = sort (makeuniquearray coordX) -- pole seřad
24  coordY = for i in theCoords collect i.y -- vyber z kolekce pouze y a uloz je do pole coordY
25  coordY = sort (makeuniquearray coordY) -- pole seřad
26
27  for i in coordX do -- pro každý prvek (X) v poli obsahující všechna X
28  (
29    addNewSpline ss -- vytvor objekt křivky
30    splineID += 1 -- nastav unikátní spline id (+1)
31    for j in theCoords where j.x == i do -- pro všechny prvky(j) v kolekci s (XYZ) kde j.x odpovídá prvku
32    (
33      addKnot ss splineID #corner #line j -- přidej křivku, nastav její ID
34    )
35  )
36  for i in coordY do
37  (
38    addNewSpline ss
39    splineID += 1
40    for j in theCoords where j.y == i do
41    (
42      addKnot ss splineID #corner #line j
43    )
44  )
45  updateShape ss
46  mod_surface = surface()
47  mod_surface.steps = 0
48  mod_edit_poly = edit_poly()
49  --addmodifier $* mod_surface
50  --addmodifier $* mod_edit_poly
51  close f
52
53 )

```

- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: **TVORBA BUDOV**
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: VÝSTUPY MODELU
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

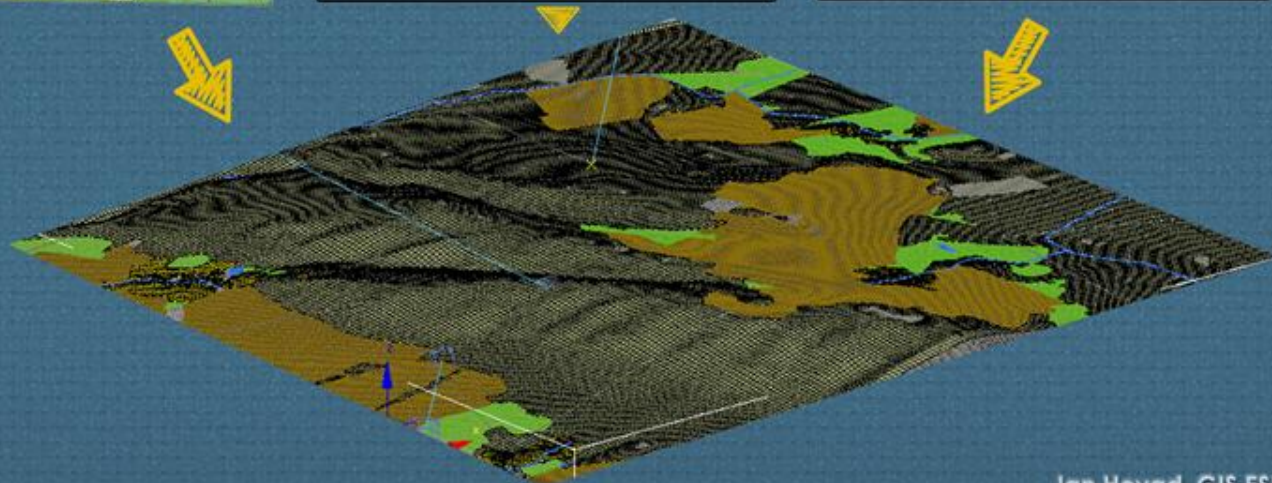
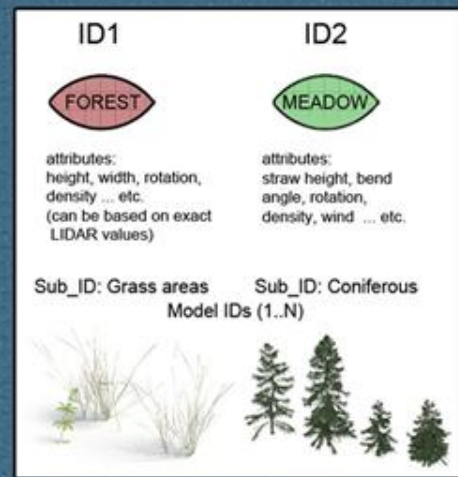
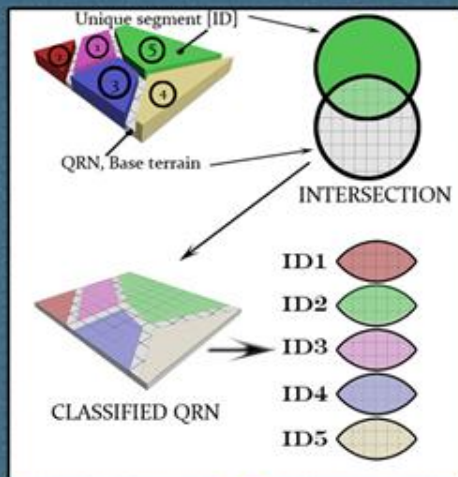
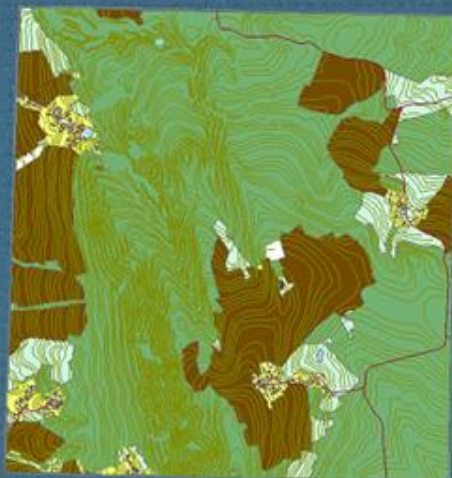
Extrakce a konstrukce DBM

- :: budovy, uzavřené N-Gony, unikátní ID struktury
- :: Python třída Multipoint, metoda consists (body, polygony)
- :: agregace bodů/remodelace (rovná střecha/prostorová)
- :: spatial join - např. katastr, ID domu (č.p.) + výška
- :: kalkulace ochranných zón
- :: dostupnost signálu a rozmístění prvků
- :: konstrukce polárních grafů



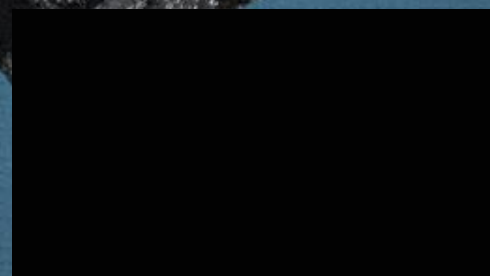
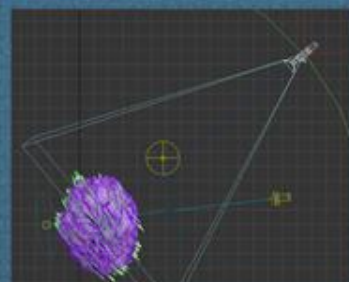
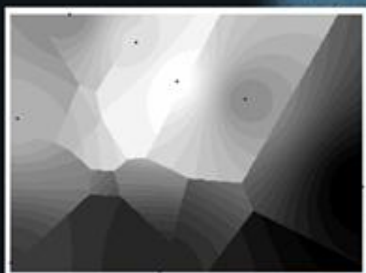
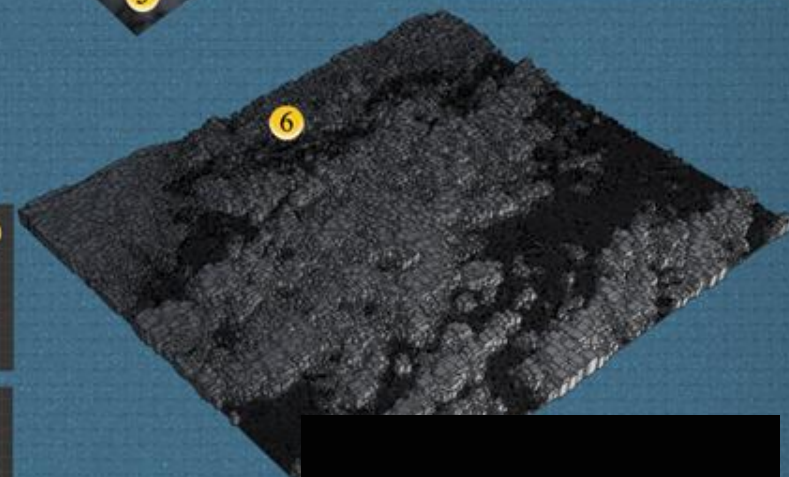
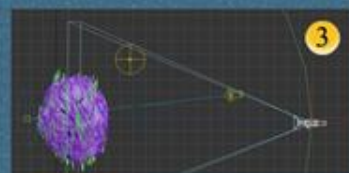
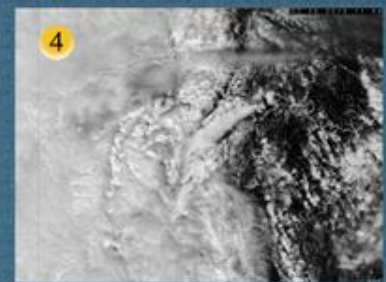
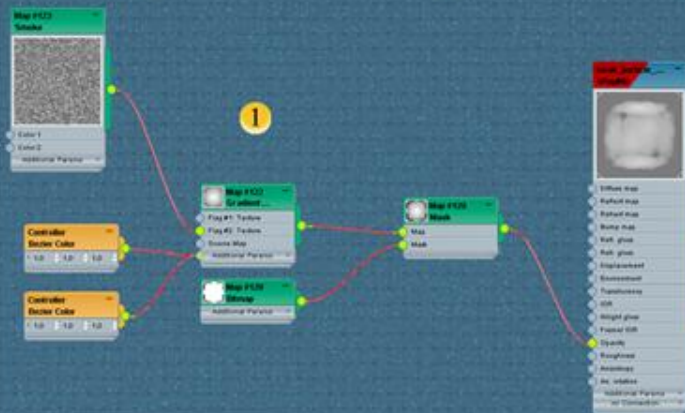
- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: **PARAMETRIZACE**
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: VÝSTUPY MODELU
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

Parametrické a procedurální modelování nad vytvořeným polygonovým modelem



- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: **MODEL OBLAČNOSTI**
- :: VÝSTUPY MODELU
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

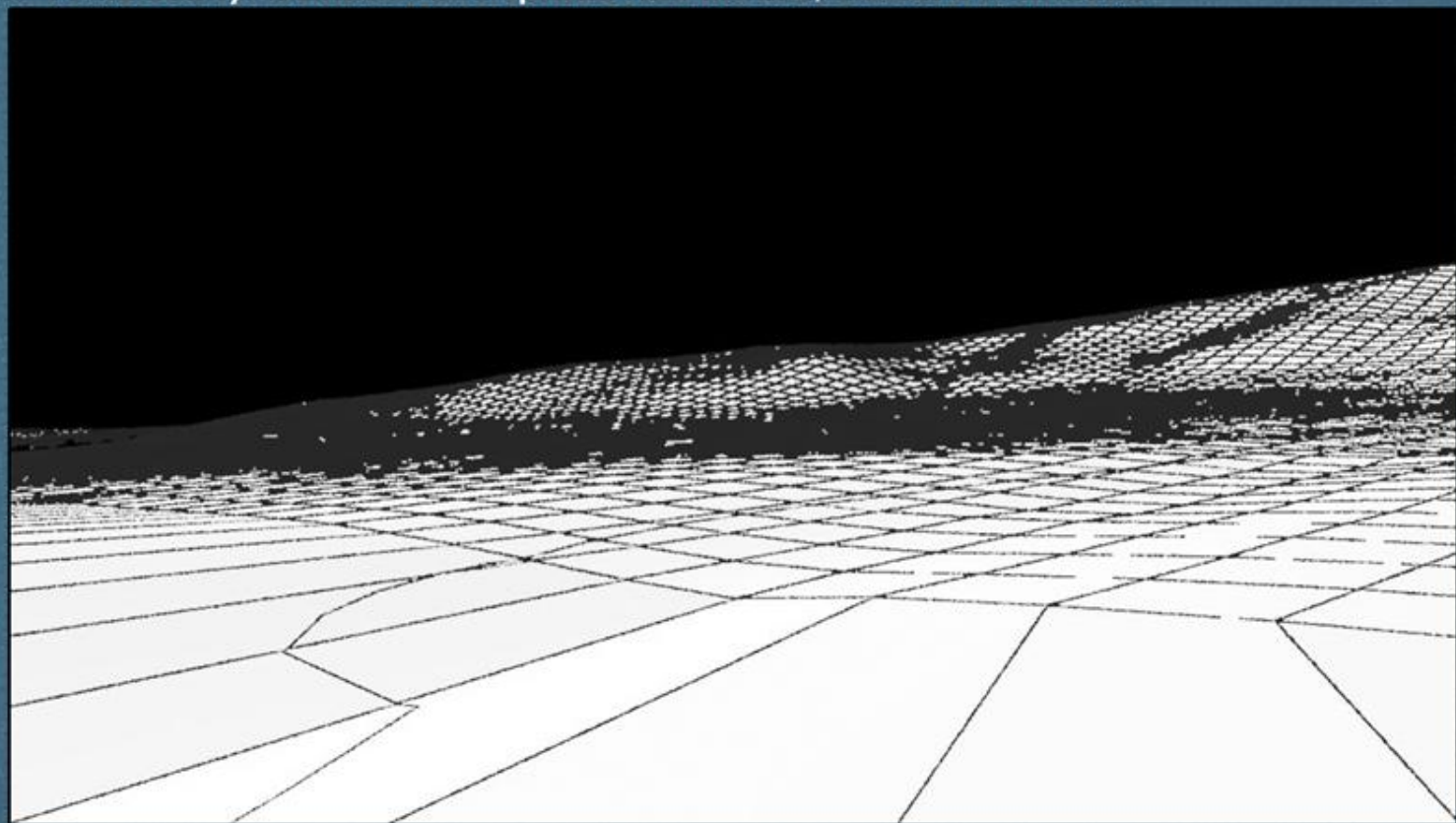
DWM - Digital weather model - Parametrické a procedurální generování atmosférických jevů dle podkladů CHMÚ (NOAA, JSMSG, Sondážní měření)



- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: **VÝSTUPY MODELU**
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

Grafické výstupy z modelu - náhodné umístění kamery

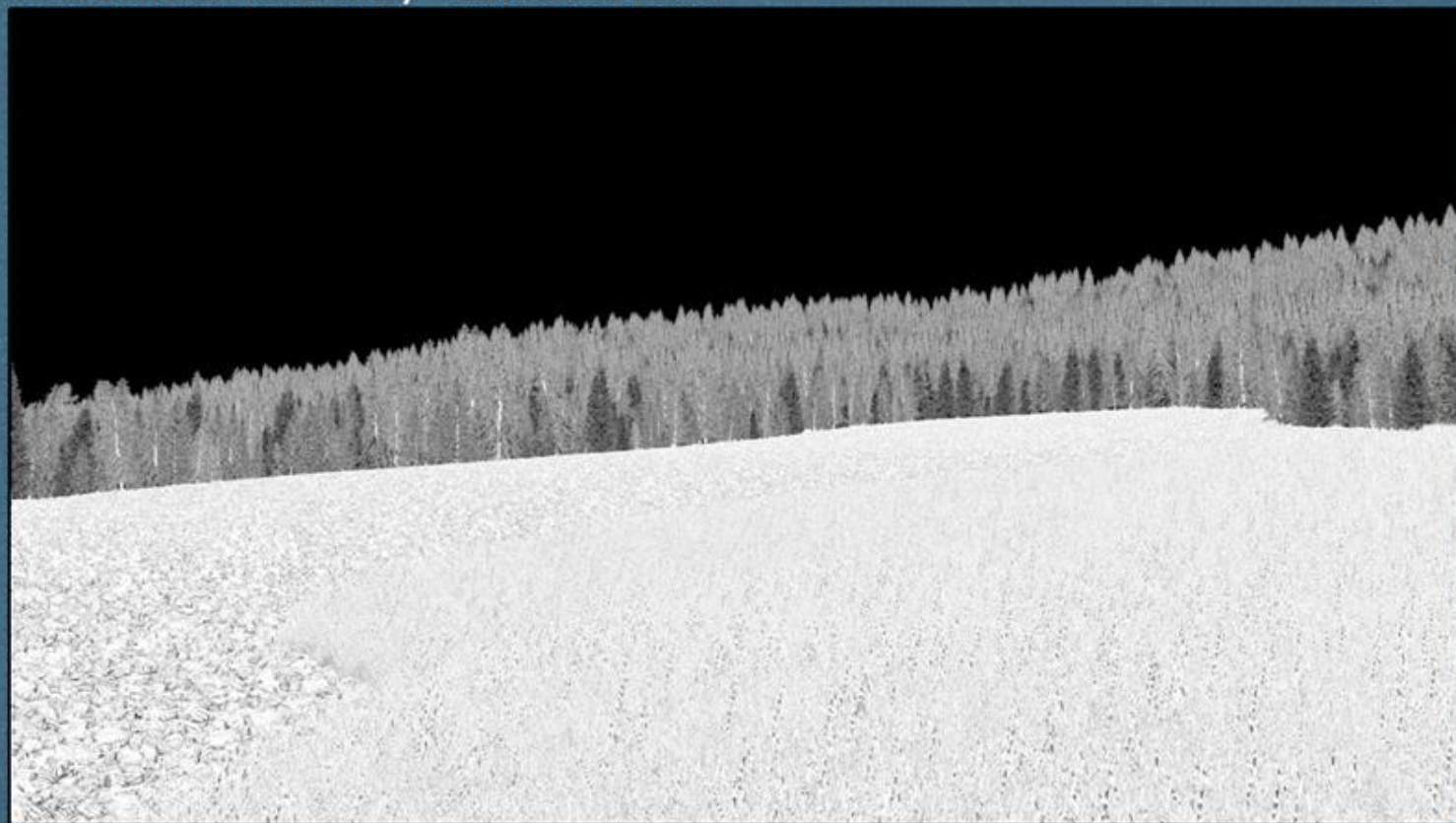
- :: Paralelní zpracování obrazu (8 vláken)
- :: Velké scény: distribuované zpracování obrazu, cluster v Německu



- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: **VÝSTUPY MODELU**
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

Grafické výstupy z modelu - náhodné umístění kamery

- :: Vysoce detailní objekty načtené v paměti pouze pro viditelné území (Proxy objekty)
- :: Procedurální materiály - abstrakce textur



- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: **VÝSTUPY MODELU**
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

Grafické výstupy z modelu - náhodné umístění kamery

- :: Vysoce detailní objekty načtené v paměti pouze pro viditelné území (Proxy objekty)
- :: Procedurální materiály - abstrakce textur



- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: **VÝSTUPY MODELU**
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

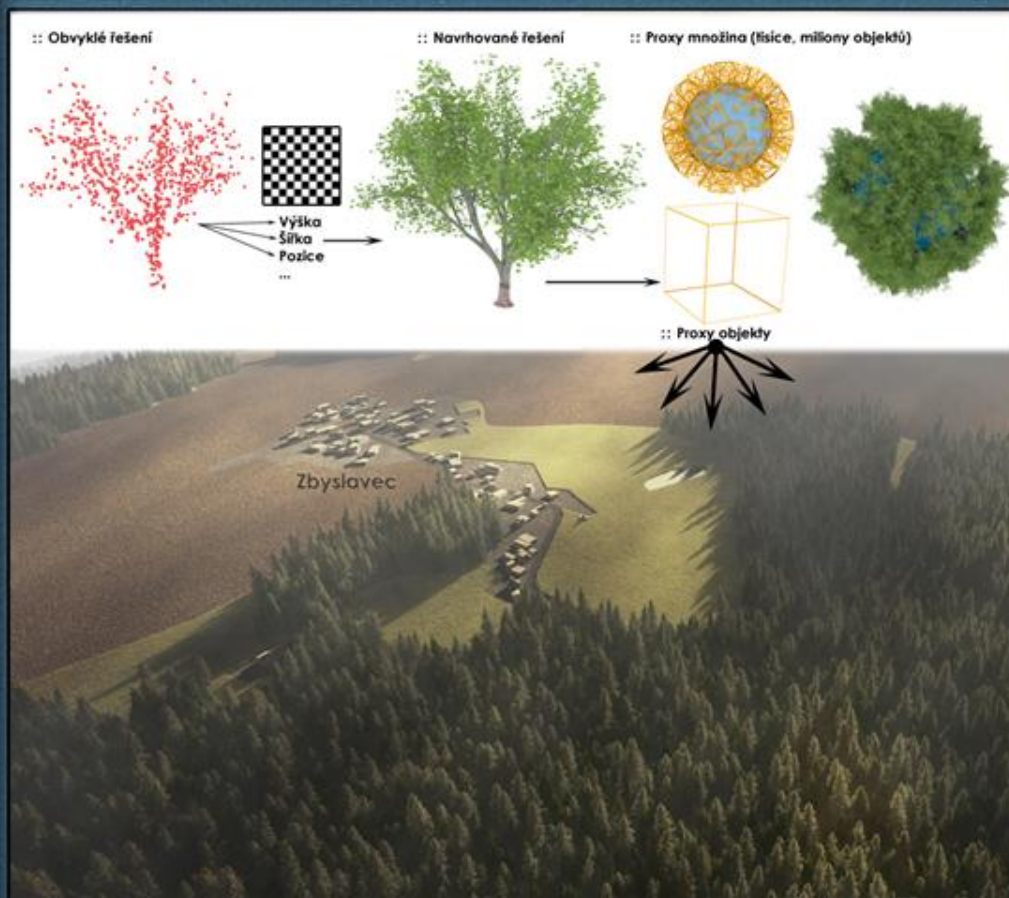
Grafické výstupy z modelu - náhodné umístění kamery

- :: Vysoce detailní objekty načtené v paměti pouze pro viditelné území (Proxy objekty)
- :: Procedurální materiály - abstrakce textur



- :: LIDAR
- :: KRITICKÉ BODY
- :: SCHÉMA ŘEŠENÍ
- :: BATCH INTERPOLACE
- :: GEOSTATISTIKA
- :: ADAPTIVITA
- :: 3D SKRIPTOVÁNÍ
- :: TVORBA BUDOV
- :: PARAMETRIZACE
- :: MODEL OBLAČNOSTI
- :: **VÝSTUPY MODELU**
- :: VYUŽITÍ V PRAXI

Grafické výstupy z modelu - náhodné umístění kamery



:: LIDAR

:: KRITICKÉ BODY

:: SCHÉMA ŘEŠENÍ

:: BATCH INTERPOLACE

:: GEOSTATISTIKA

:: ADAPTIVITA

:: 3D SKRIPTOVÁNÍ

:: TVORBA BUDOV

:: PARAMETRIZACE

:: MODEL OBLAČNOSTI

:: VÝSTUPY MODELU

:: VYUŽITÍ V PRAXI

Několik možností využití modelu v praxi

- **PŘÍMÝ 3D TISK TERÉNU - RYCHLÝ PRO VEŘEJNÉ ZAKÁZKY (STAVBA BUDOV, MOSTŮ, KOMUNIKACÍ, ...)**
Veřejná zakázka může vyžadovat fyzický model plánovaného obchodního centra, architekt zadá zakázku externí firmě, která vyfrézuje modely a terén pomocí strojů, v tomto případě lze objekty vytisknout společně s atributově věrným a realitě odpovídajícím modelem terénu
- **K VIZUALIZACÍM PROJEKTOVÝCH STAVŮ/PLÁNŮ NENÍ TŘEBA ZADÁVAT MODELACI TERÉNU EXTERNÍM FIRMÁM**
Ministerstvo dopravy zadá zakázku vizualizace prodloužení dálnice D1, rekonstrukce terénu zabírá zbytečný čas a navyšuje náklady, tento krok lze astražovat stažením adekvátního úseku 3D modelu pomocí specifikování součadnic (lze provozovat jako klient-server aplikaci)
- **GIS-STROJÍRENSTVÍ-DOPRAVA-STAVEBNICTVÍ, VŠE V 1, PREZENTOVÁNO VE "FOTO REALISTICKÉ" KVALITĚ**
Architekt navrhne most, inženýr vytvoří přesný model a vypočte pevnostní analýzy, GIS specialista provede prostorovou analýzu vlivu počasí = každý z těchto kroků je specifický výstup daného odvětví, 3D polygonový model umožní kombinaci všech těchto prvků v jednom prostředí
- **ROZLEHLÉ SIMULACE (VODA, OHEŇ, DOPRAVA, POČASÍ, ...)**
3D simulace tekutin a a foto-realistické animace např. nad koryty vodních toků, šíření signálu & analýzy viditelnosti, reálné znázornění aktuálního počasí & simulace osvětlení povrhu Sluncem, ...
- **VYLEPŠENÍ VIZUÁLNÍ KVALITY AUTO NAVIGACÍ**
Použitím 3D modelu v režimu nízkých detailů lze znatelně vylepšit vizuální aspekty současných navigačních systémů

ESRI ARCGIS 10.1 SP3, SPS STATISTICA & R, ORIGINLAB 9.0 & C++, SAGAGIS 2, MATLAB 2011, MS EXCEL & VISUAL STUDIO 2012, APACHE HADOOP & JVM 1.6 & UBUNTU 12, JAVA & PYTHON, ADOBE PHOTOSHOP & AFTER EFFECTS & ADOBE PREMIERE (CS 5), 3DS MAX 2012 + MAXSCRIPT, MESHLAB, POINTVIEW PRO, FREEMAT, NOTEPAD++, ORACLE VIRTUALBOX, C++ NAG LIBRARY

Děkuji za pozornost