Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Institut für Geodäsie
und Photogrammetrie

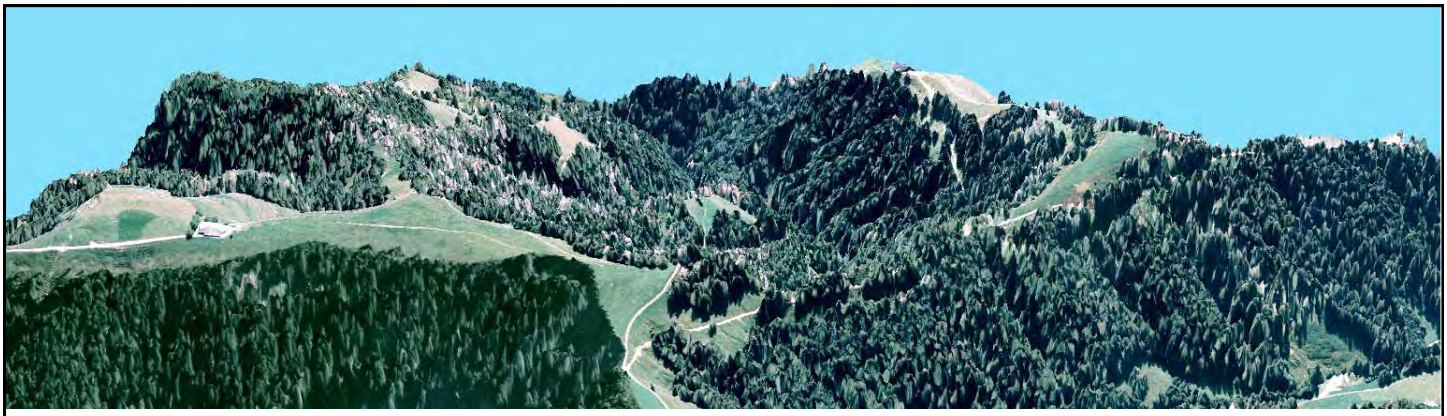
Bericht

304

Impiego di dati LIDAR ad alta precisione:
trattamento dei dati, controllo di qualità, modellazioni e applicazioni tematiche

Prof. Maria A. Brovelli, POLIMI
Eugenio Realini, POLIMI
Roberto Antolin, POLIMI
Massimiliani Cannata, SUPSI
Prof. Alessandro Carosio, ETHZ
Carlotta Fabbri, ETHZ
Karika Kunta, ETHZ
Sara Brugger, ETHZ
Andreas Schmid, ETHZ
Prof. François Golay, EPFL
Michael Kalbermatten, EPFL
Gilles Gachet, EPFL
Jens Ingensand, EPFL

Ottobre 2007



Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

(EPFL, ETHZ, POLIMI)

Meeting 2007

Università degli Studi del Molise
Termoli, 10 e 11 luglio 2007
Aula M

Tematiche trattate:

- Dati LIDAR ed applicazioni in Svizzera, in Italia e nel quadro della NGDI
- DEM ad alta precisione e visualizzazione 3D
- Influenza del DEM per modelli di fenomeni di erosione dei suoli

Prof. A. Carosio — **Prof. F. Golay** — **Prof. M. Brovelli** — **Prof. R. Nocera**

PARTECIPANTI MEETING: TERMOLI, LUGLIO 2007

	NOME	ISTITUZIONE
1	Rossella Nocera	Università del Molise, Italia
2	Maria Antonia Brovelli	Politecnico di Milano, Polo di Como, Italia
3	Eugenio Realini	Politecnico di Milano, Polo di Como, Italia
4	Roberto Antolin	Politecnico di Milano, Polo di Como, Italia
5	Massimiliano Cannata	Istituto Scienze della Terra, SUPSI, Switzerlans
6	Alessandro Carosio	Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETHZ, Switzerland
7	Carlotta Fabbri	Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETHZ, Switzerland
8	Karika Kunta	Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETHZ, Switzerland
9	François Golay	GIS Research Laboratory, EPFL, Lausanne, Switzerland
10	Michaël Kalbermatten	GIS Research Laboratory, EPFL, Lausanne, Switzerland
11	Gilles Gachet	GIS Research Laboratory, EPFL, Lausanne, Switzerland
12	Jens Ingensand	GIS Research Laboratory, EPFL, Lausanne, Switzerland
13	Giorgia Urru	Università di Roma Tre, Italia

INDICE:

1. **Prof. Maria Antonia Brovelli**:"LIDAR researches at the Politecnico di Milano"- Polo Regionale di Como.

2. **Roberto Antolin**: "Laser data filtering with GIS GRASS 6.2".

3. **Eugenio Realini**: "High resolution satellite imagery and LIDAR: building classification".

4. **Massimiliano Cannata**: "LIDAR data in Ticino".

5. **Sara Brugger, Prof. Alessandro Carosio**: " Dati LIDAR in Svizzera: il problema della qualità dei dati".

6. **Carlotta Fabbri**: "Opportunità e limiti dei modelli digitali del terreno nella visualizzazione tridimensionale del territorio".

7. **Karika Kunta**: "Effects of DEM Resolutions on Soil Erosion Prediction of RUSTLE model with VBA Calculation in ArcGis".

8. **Andreas Schmid, Prof. Alessandro Carosio**: "Modelli digitali del terreno senza frontiere: trasformazione di coordinate, sistemi di riferimento e reti di inquadramento".

9. **Prof. François Golay**: " Laboratoire de SIG de l'EPFL (LASIG): courte présentation des projets en relation avec le LIDAR et les modèles numériques de terrain à très haute résolution''.

10. **Michael Kalbermatten:** '' Wavelets, DEMs and Geomorphometry".

11. **Gilles Gachet**: "The use of LIDAR data for forestry purposes: the swiss context".

12. **Jens Ingensand**: " Developing and evaluating web-GIS for wine-cultivation based on open source components".

Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

LiDAR researches at the Politecnico di Milano – Polo Regionale di Como

Prof. Maria A. Brovelli

Politecnico di Milano
Polo Regionale di Como

Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

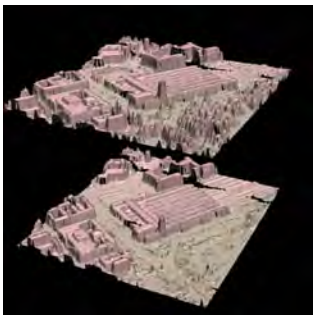
LiDAR researches at the Politecnico di Milano – Polo Regionale di Como

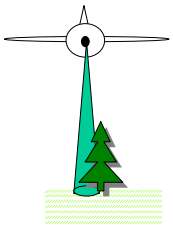
Maria Antonia Brovelli

Outline

- Filtering and DTM computation
- Multiresolution spline interpolation
- Check and validation of LiDAR projects (Autorità di Bacino del Po, Sardinia coasts)
- LiDAR to improve the ortophoto quality
- LiDAR to improve the remote sensed imagery classification (High resolution imagery)
- LiDAR to estimate the solar energy at building detail for alternative energies evaluation

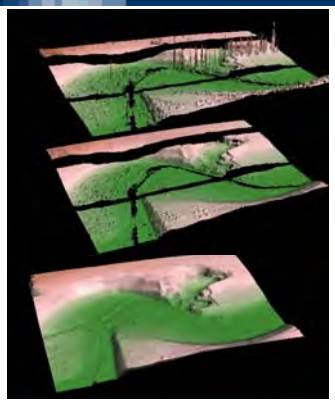
Filtering and DTM computation





First and last pulse:
vegetation
and edges of buildings

Filtering and DTM computation

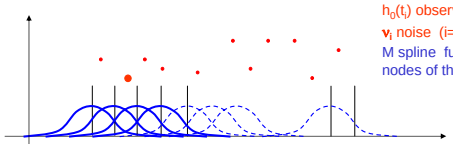


•Remove the outliers

•Filter the attached and detached objects

•Compute the DTM (Digital terrain model) and DBM (Digital building model)

Mathematical tools: spline function interpolation



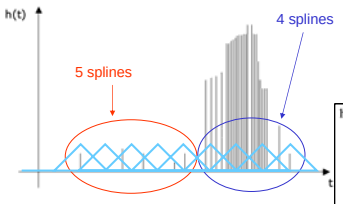
$h_0(t_i)$ observations
v_i noise (i=0,N-1)
M spline functions = M nodes of the grid

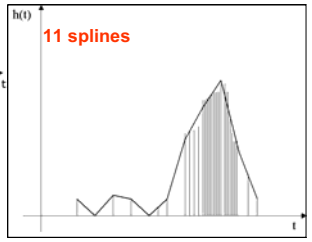
Each observation (•) can be described by means of a linear combination of the spline functions belonging to the intervals in which the observation falls

$$h_0(t_i) = \sum_{k=0}^{M-1} a_k s_k^{(3)}(t_i) + v_i \quad i = 1, N \quad k = 0, M-1 \qquad \left[s_k^{3}(t) = s^{(3)}\left(\frac{t - t_k}{\Delta t}\right) \right]$$

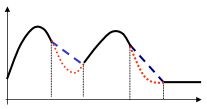
a_k unknowns Least squares adjustment approach

Tikhonov regularizer





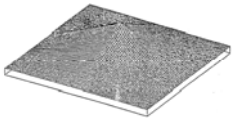
Tikhonov regularizer



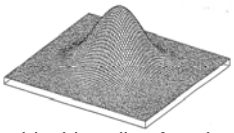
minimization of slope or of curvature

2D spline functions interpolation

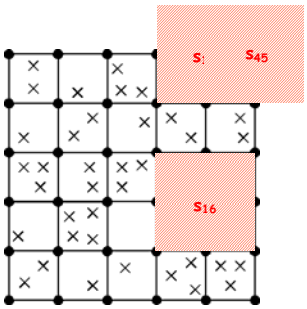
7



bilinear spline function



bicubic spline function



GRASS commands

8

- Steps:

data

edge extraction

region growing

dtm computation

Edge detection

9

- Two DSM are computed:
  - ✓ with bilinear splines and a great Tikhonov regularizer parameter (in such a case the surface passes very close to the observations)
  - ✓ with bicubic splines and small Tikhonov regularizer
- From the first one the gradient and the edge direction are computed:

$$G_m = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} = \sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} = \sqrt{(\hat{a} + \hat{c}y)^2 + (\hat{b} + \hat{c}x)^2}$$

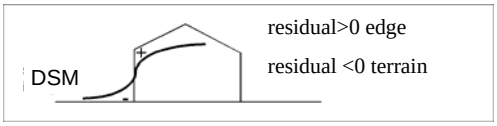
$$\vartheta_p = \tan^{-1}\left(\frac{G_y}{G_x}\right) + \frac{\pi}{2} = \tan^{-1}\left(\frac{\hat{b} + \hat{c}x}{\hat{a} + \hat{c}y}\right) + \frac{\pi}{2}$$

- Two thresholds are imposed (H and L):
  - ✓ points with gradient higher than H belong to the edge
  - ✓ points with gradient higher than L and having the two closest points with the same edge direction, belong to the edge if at least 2 of the neighbouring point (in the eight directions) exceed H.

Edge detection/Region growing

10

- From the second surface we compute the residuals between observed and computed values.

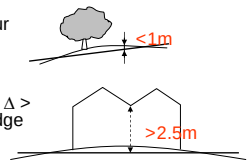


- The data are rasterized with a resolution r_d depending on their raw density. For each cell the presence of points with double pulse is evaluated (difference between first and last pulse greater than a threshold Td).
- Starting from the cells classified as 'edge' and with only one pulse, all the linked cells are found and a convex hull algorithm is applied on them, computing at the same time the average of the corresponding heights (mean edge height). The points inside the convex hull are classified as object in case their height is greater or equal to the previously mean computed edge height.

Correction

11

- A bilinear spline interpolation (spline step Sc) with Tychonov regularising parameter only on the points classified as ground is performed. The analysis of the residuals (Δ) between the observations and the interpolated values compared with two thresholds t_c ,T_c show four cases:
- point classified as ground and $\Delta > T_c$ →reclassified as object;
- point classified as 'double pulse ground' and $\Delta > T_c$ → reclassified as 'double pulse object' (edge or vegetation);
- point classified as object and $|\Delta| < t_c$ →reclassified as ground;
- point classified as 'double pulse object' and $|\Delta| < t_c$ --> reclassified as 'double pulse ground'.



Errors

12

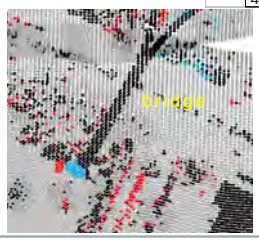
Computed on ISPRS LiDAR test data: 15 samples with steep slopes, discontinuities, bridges, ramps, complex scenes, vegetation on slopes.

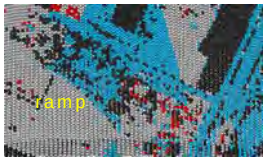
- **Type error I: Bare Earth classified as Object points**
- **Type error II: Object classified as Bare Earth points**

Errors

	BE	Obj				Error	
BE	9972	112	10085	77,8%		I	1,1%
Obj	342	2529	2871	22,2%		II	11,9%
	10315	2641					
	79,6%	20,4%		0,33		Total	**3,5%**

	BE	Obj				Error	
BE	3312	2122	5434	72,5%		I	39,1%
Obj	240	1818	2058	27,5%		II	11,7%
	3552	3940					
	47,4%	52,6%		8,84		Total	**31,5%**





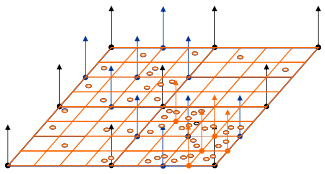
Multiresolution spline interpolation

$$s(\underline{t}) = \sum_{h=0}^{M-1} \left[\sum_{l=0}^{N_{1h}-1} \sum_{k=0}^{N_{2h}-1} \lambda_{h,l,k}\ \varphi_{\underline{\Delta}_h}(\underline{t} - \underline{\Delta}_h \underline{\tau}_{lk}) \right]$$

$$\varphi_{\underline{\Delta}_h}(\underline{t}) = \varphi_{\Delta_{1h}}(t_1) \cdot \varphi_{\Delta_{2h}}(t_2) = \varphi\left(\frac{t_1}{\Delta_{1h}}\right) \cdot \varphi\left(\frac{t_2}{\Delta_{2h}}\right) \qquad \underline{\Delta}_h = \begin{bmatrix} \Delta_{1h} & 0 \\ 0 & \Delta_{2h} \end{bmatrix}$$

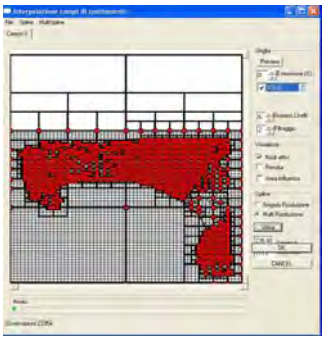
Δ_{1h}, Δ_{2h} = x and y grid step (h resolution)
M = number of resolutions (levels) used
$\underline{\tau}_{lk}$ = grid node (l,k)
$\lambda_{h,l,k}$ = unknow corresponding to the $\underline{\tau}_{lk}$ node of the h resolution grid
N_{1h} = number of x nodes of the h resolution grid
N_{2h} = number of y nodes of the h resolution grid

Multiresolution spline interpolation



Level 1
Level 2
Level3

MISI (Multiresolution Inexact Spline Interpolator)



Example
Number of data = 23354
mean = 88,01 m
RMS = 69,99 m
min = 0 m
max = 355 m

Comparison MISI - Tychonov (time)

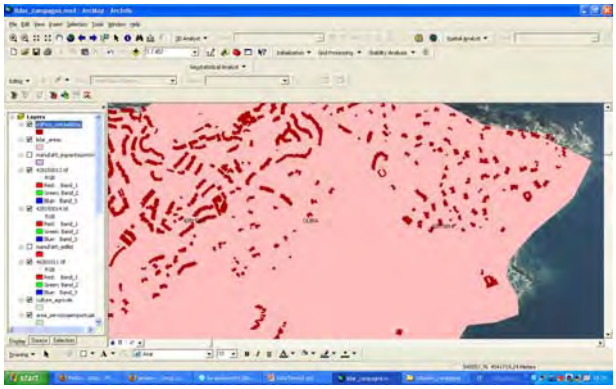
	Spline Tychonov			multiresolution	
grid	spline number	λ	time (s)	spline number	time (s)
3×3	9	0	< 1	9	2
5×5	25	$3x10^{-5}$	< 1	17	2
9×9	81	$1x10^{-4}$	< 1	46	2
17×17	289	$5x10^{-4}$	< 1	143	2
33×33	1089	0,0020	2	457	4
65×65	4225	0,0075	88	1318	15
129×129	16641	0,0300	3998	3135	93
257×257	66049	------	------	3327	113
513×513	263169	------	------	3327	113

Comparison MISI - Tychonov (accuracy)

	ground control points				check points			
	Tychonov		MISI		Tychonov		MISI	
Grid	average (m)	RMS (m)	average (m)	RMS (m)	average (m)	RMS (m)	average (m)	RMS (m)
3×3	0	58,834	0	58,834	4,759	58,824	4,759	58,824
5×5	0	41,523	0	42,064	3,984	43,466	4,022	44,110
9×9	0	37,744	0	38,048	3,701	39,445	2,726	40,135
17×17	0	26,768	0	26,895	3,225	27,528	2,995	27,749
33×33	0	19,378	0	19,598	2,084	21,519	1,934	21,781
65×65	0	12,932	0	13,240	1,417	14,957	1,407	15,646
129×129	0	6,937	0	7,932	1,006	9,744	1,037	11,559
257×257	-----	-----	0	7,735	----	-----	0,933	11,629
513×513	-----	-----	0	7,735	-----	-----	0,933	11,629

Check and validation of LiDAR projects (Autorità di Bacino del Po, Sardinia coasts)

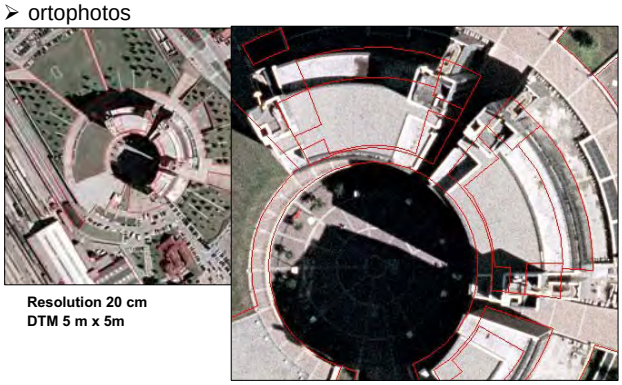
19



LiDAR to improve the ortophoto quality

20

- ortophotos



Resolution 20 cm
DTM 5 m x 5m

LiDAR to improve the ortophoto quality

21

- "true ortophotos"

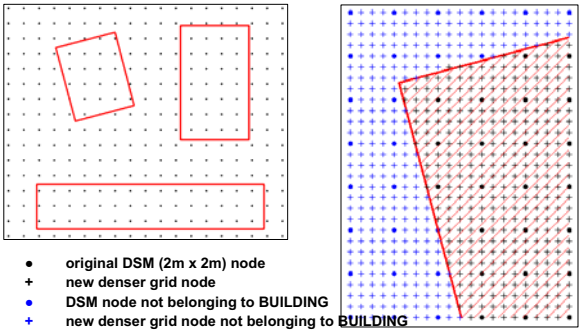
Resolution 20 cm

DSM 2 m x 2m

LiDAR to improve the ortophoto quality

22

- "true ortophotos" + spatial database

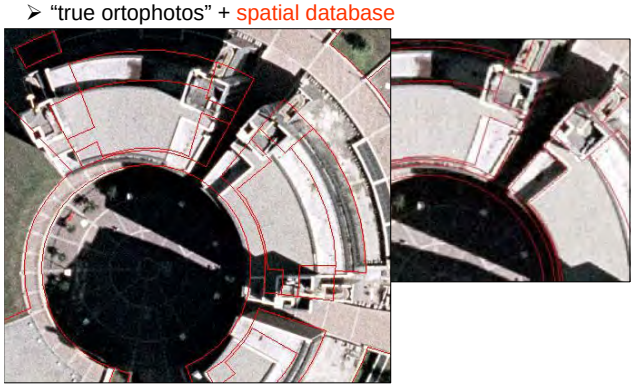


- original DSM (2m x 2m) node
+ new denser grid node
• DSM node not belonging to BUILDING
+ new denser grid node not belonging to BUILDING
// BUILDING (spatial database)

LiDAR to improve the ortophoto quality

23

- "true ortophotos" + spatial database



LiDAR to improve the remote sensed imagery classification (High resolution imagery)

24

- Object-oriented segmentation and classification of an Ikonos high resolution image (Definiens Professional)

Correctness of the building extraction: 71 % without and 80 % with LiDAR nDSM (DSM –DTM) layer

LiDAR to estimate the solar energy at buiding detail for alternative energy evaluation

- Application of r.sun (GRASS command to compute direct, diffuse and ground reflected solar irradiation raster maps for a given day, latitude, surface and atmospheric conditions) in urban areas

The monthly values of electricity potentially produced by each building using solar panels can be computed

Caption of Table 2	
S_o	Step of the bicubic interpolation splines in outlier rejection (m)
$\bullet_o$	Tychonov regularisation parameter minimising the surface curvature in outlier rejection
T_o	Threshold of the residuals between the observed and the interpolated values in outlier rejection (m)
S_g	Step of the bilinear interpolation splines in gradient estimation (m)
$\bullet_g$	Tychonov regularising parameter minimising the surface slope in outlier rejection
$\square_g$	Angle threshold in edge direction computation (rad)
T_g	High gradient threshold in edge detection
t_g	Low gradient threshold in edge detection
S_r	Step of the bicubic interpolation splines in residual evaluation (m)
$\bullet_r$	Tychonov regularising parameter minimising the surface curvature in residual evaluation
r_d	Rasterizing grid resolution in region growing (m)
T_d	Threshold for double pulse in region growing (m)
Appl	Convex Hull & region growing algorithms application (yes/not)
S_c	Step of the bilinear interpolation splines in correction (m)
$\bullet_c$	Tychonov regularising parameter minimising the surface curvature in the correction
T_c	High threshold in ground correction (m)
t_c	Low threshold in object correction (m)
$_N$	Numer of iteration of the correction
S_l	Step of the bilinear interpolation splines in DTM computation (m)
$\bullet_l$	Tychonov regularising parameter minimising the surface slope in the DTM computation
r_l	Grid resolution of the DTM (m)

Data resolution	s.edgedetection							s.growing			s.correction					s.bspline.reg		
	S_g	$\bullet_g$	$\square_g$	T_g	t_g	S_r	$\bullet_r$	r_d	T_d	Apply	S_c	$\bullet_c$	T_c	t_c	$_N$	S_l	$\bullet_l$	r_l
1.0-1.5	4x4	0.01	0.26	6	3	4x4	2	2	0.6	Yes	25x25	0.1	2	$_1$	3	4x4	1	2
2.0-3.5	8x8	0.01	0.26	6	3	8x8	2	4	0.6	No	25x25	0.1	2	1	3	8x8	1	4
4.0-6.0	12x12	0.01	0.26	6	3	12x12	2	6	0.6	No	25x25	0.1	2	1	2	12x12	1	6
1.0-1.5	4x4	0.01	0.26	6	3	4x4	2	2	0.6	Yes	50x50	20	1	0.5	2	4x4	1	2
1.0-1.5	4x4	0.01	0.26	6	3	4x4	2	2	0.6	Yes	40x40	1	2	1	2	4x4	1	2
1.0-1.5	4x4	0.01	0.26	6	3	4x4	2	2	0.6	Yes	50x50	5	1	0.5	2	4x4	0.1	2
2.0-3.5	8x8	0.01	0.26	6	3	8x8	2	4	0.6	No	25x25	0.1	2	1	1	8x8	0.1	4
2.0-3.5	8x8	0.01	0.26	6	3	8x8	2	4	0.6	Yes	25x25	0.1	2	1	2	8x8	0.1	4
2.0-3.5	8x8	0.01	0.26	6	3	8x8	2	4	0.6	Yes	50x50	0.1	2	1	1	8x8	0.1	4
2.0-3.5	8x8	0.01	0.26	6	3	8x8	2	4	0.6	Yes	25x25	0.1	2	1	3	8x8	0.1	4
4.0-5.5	12x12	0.01	0.26	6	3	12x12	2	6	0.6	No	25x25	0.1	2	1	1	12x12	0.1	6
7.0-10.0	20x20	0.01	0.26	6	3	20x20	2	10	0.6	No	25x25	0.1	2	1	1	20x20	0.1	10

Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

Laser data filtering within GIS GRASS 6.2

Roberto Antolin

Politecnico di Milano
Polo Regionale di Como

Laser data filtering within GIS GRASS 6.2

Politecnico di Milano - Polo Regionale di Como
web page: http://geomatica.como.polimi.it

Outline

GRASS 6.2

- LIDAR data input
- Raw data visualization
- Outlier removal
- Detection of the building edges
- Determination of the areas inside the edges
- Final correction and data classification
- Classified data visualization
- DTM computation and visualization

LIDAR data input

- Data used in this lesson is the following:
  - LIDAR instrument: Optech ATLM
  - Location: Stuttgart city center (railway station); UTM coordinates (MBR):
    - North = 5403764 m; South = 5403188 m
    - West = 513118 m; East = 513632 m
  - Mean resolution: 0.87 p / m^2
  - Data available: First and last pulses
  - Number of measurements: 259030 first pulses, 259030 last pulses.
  - Data needed: First and last pulses

Stuttgart Station

Raw data format

Description of data format:

- F stands for First and L for Last pulse

X_F	Y_F	Z_F	X_L	Y_L	Z_L
513628.82	5403190.04	291.40	513628.82	5403190.05	291.37
513628.85	5403191.47	291.24	513628.85	5403191.47	291.25
513628.95	5403192.93	294.31	513628.95	5403192.93	294.25
513628.99	5403194.45	294.17	513628.99	5403194.45	294.19
513628.97	5403196.05	291.26	513628.97	5403196.05	291.25
513629.01	5403197.58	291.24	513629.01	5403197.58	291.20
513629.05	5403199.10	291.25	513629.05	5403199.10	291.28
513629.09	5403200.53	291.26	513629.09	5403200.53	291.21

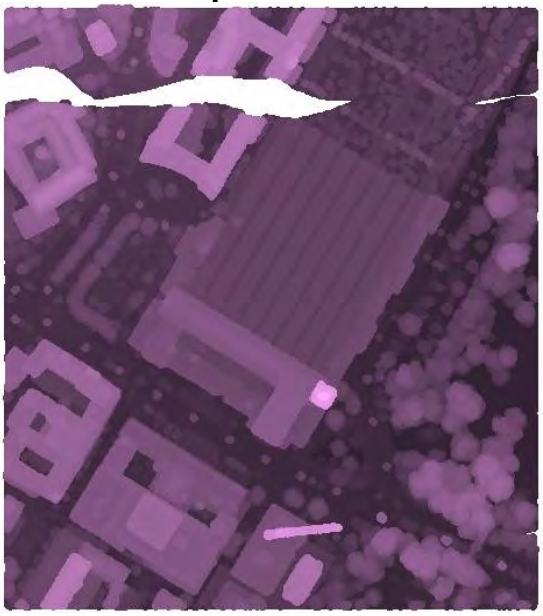
GRASS input

- Where is the data in HD:
  - Data Base: /ramdisk/grass/location
  - Location: stuttgart
  - Mapset: PERMANENT
    - First pulse file: 'site_lists/stuttgart_first'
    - Last pulse file: 'site_lists/stuttgart_last'
- How do we import these files?

```
✔ cd /ramdisk/grass/location/stuttgart/PERMANENT/site_lists
✔ v.in.ascii -zb z=3 input=stuttgart_first output=stuttgart_first
✔ v.in.ascii -zb z=3 input=stuttgart_last output=stuttgart_last
```

RAW DATA VISUALIZATION

- First pulse



- Last pulse

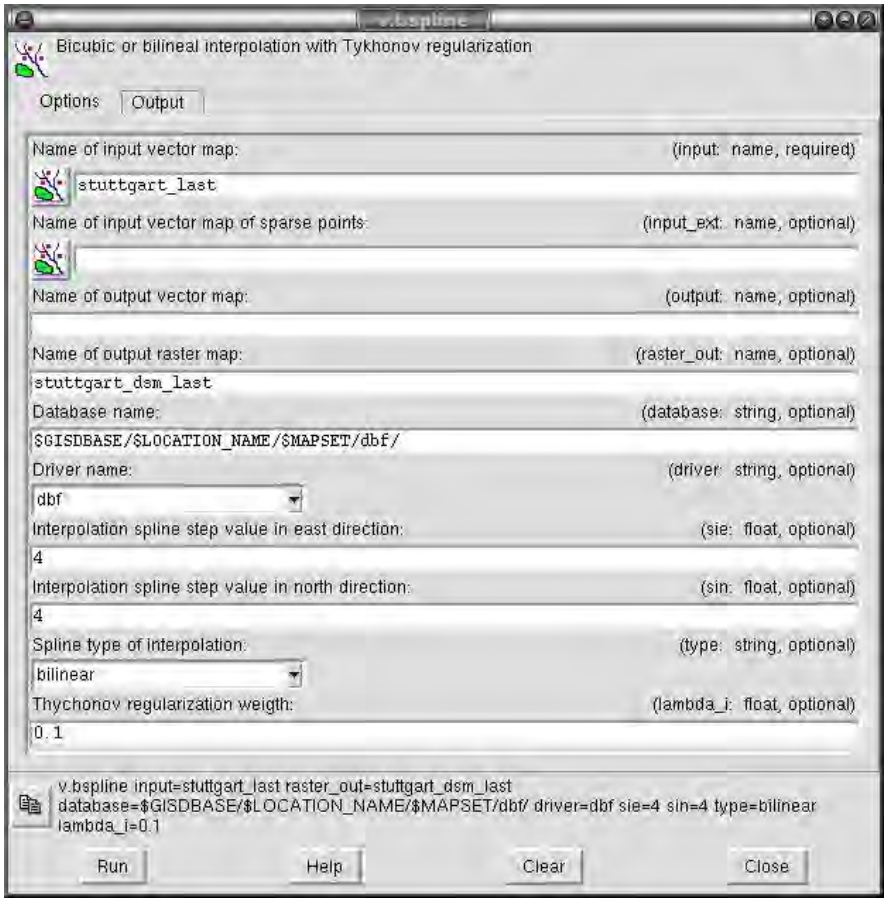
- Obtained by using v.in.ascii cat=3 input=stuttgart_first output=stuttgart_first_cat and then QGIS (also for last)

V.BSPLINE

- **v.bspline input**=*name* [**input_ext**=*name*] [**output**=*name*] **raster_out**=*name* [**database**=*name*] [**driver**=*name*] **sie**=*value* **sin**=*value* [**lambda_i**=*value*] [**type**=*name*]
  - **input**: name of the input vector map
  - **input_ext**: name of the input vector map containing locations in which interpolation has to be computed
  - **output**: name of the output vector map
  - **raster_out**: name of the output raster map
  - **sie**: Interpolation spline step value in e-w direction. (default: 4)
  - **sin**: Interpolation spline step value in n-s direction. (default: 4)
  - **lambda_i**: Thychonov regularization weight. (default: 1)
  - **type:** Interpolation spline type. (default: bilinear)

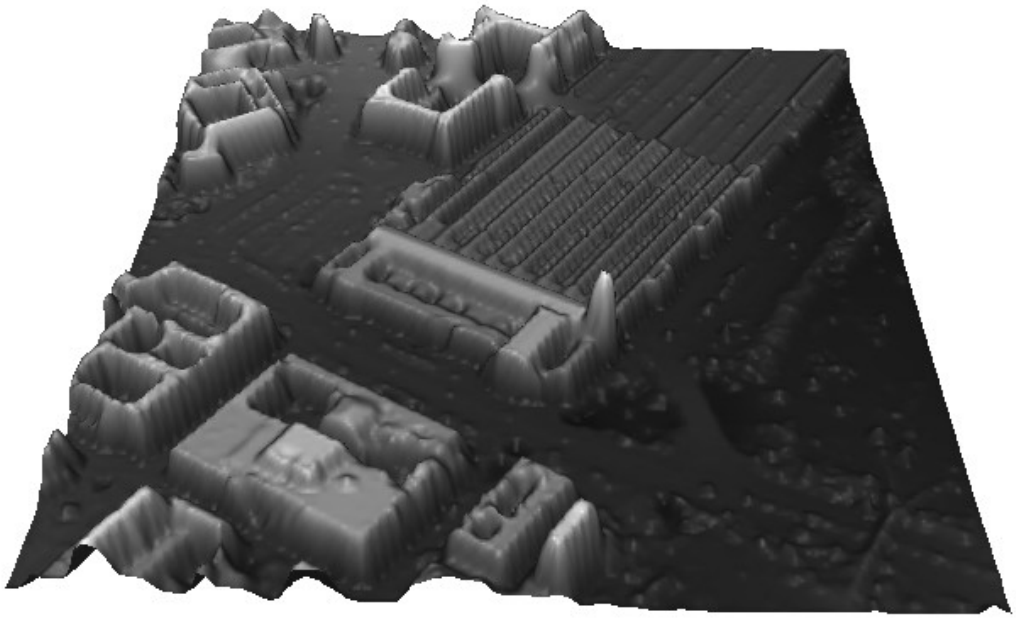
```
✔ g.region -p res=0.5
✔ v.bspline in=stuttgart_last
  raster=stuttgart_dsm_last sie=4 sin=4 lambda_i=0.1
```

V.BSPLINE

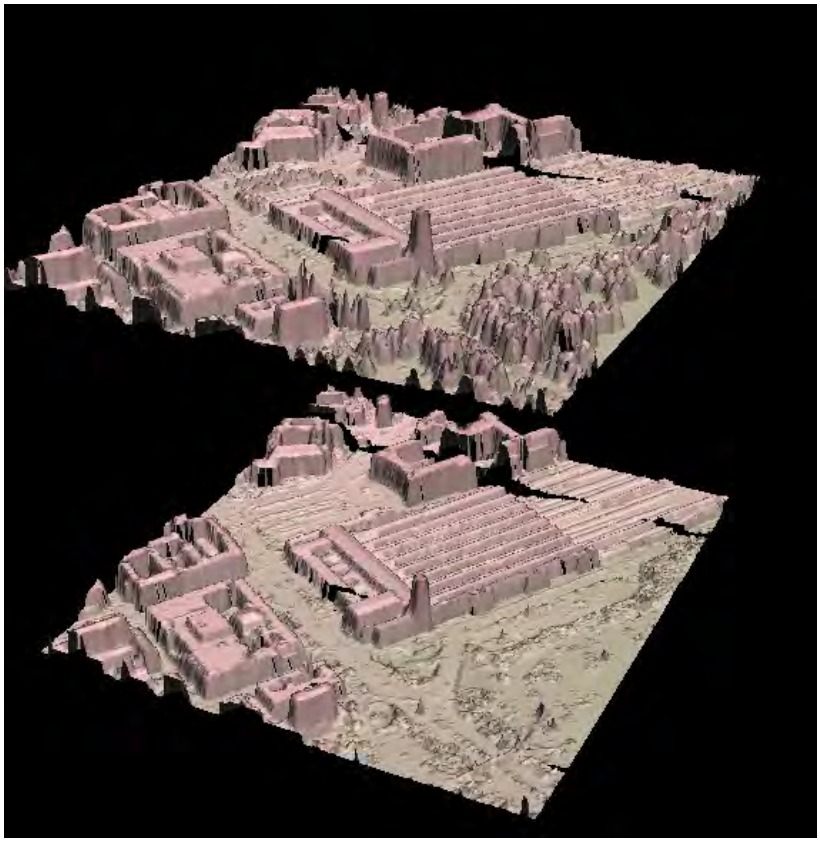


DSM VISUALIZATION

- ✔ `r.colors map=stuttgart_dsm_last color=grey`
- ✔ `nviz elevation=stuttgart_dsm_last`



DEM VISUALIZATION



First pulse

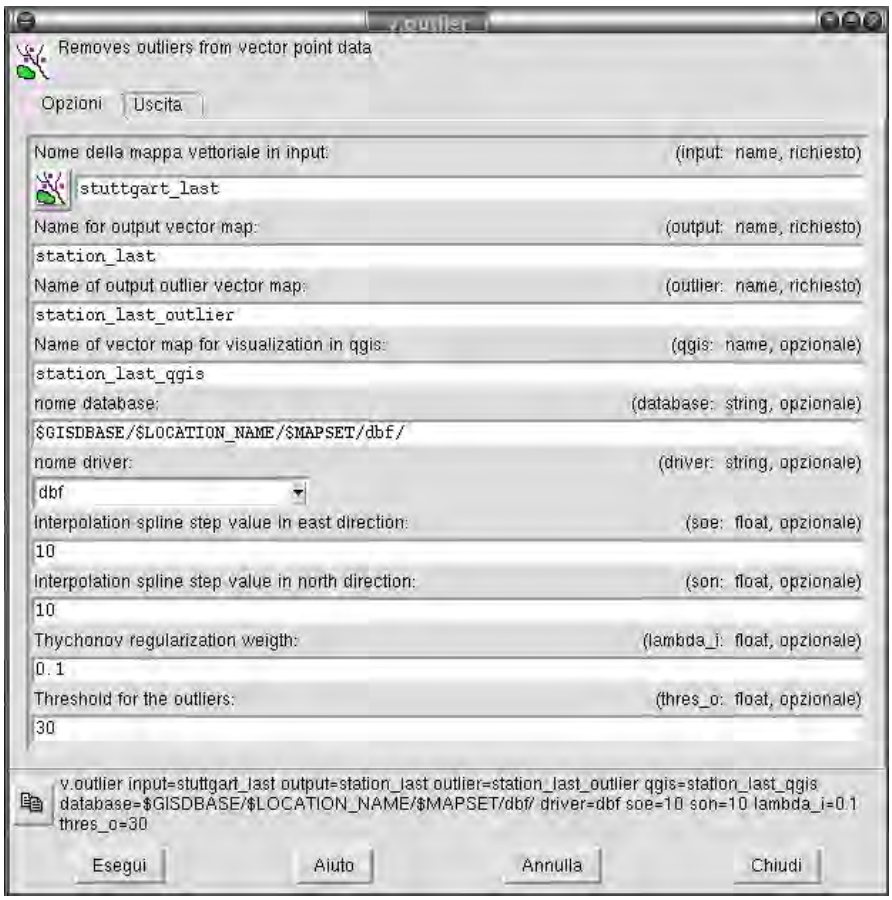
Last pulse

V.OUTLIER

- **v.outlier input**=name **output**=name **outlier**=name [**qgis**=name] [**database**=name][**driver**=name] [**soe**=value] [**son**=value] [**lambda_i**=value] [**thres_o**=value]
  - **input** Name of input vector map
  - **output** Name of output vector map
  - **outlier** Name of output outlier vector map
  - **qgis** Name of vector map for visualization in qgis
  - **database** database name
  - **driver** driver name. Options: pg,ogr,dbf
  - **soe** interpolation spline step value in east direction. (default: 10)
  - **son** interpolation spline step value in north direction. (default: 10)
  - **lambda_i** Thychonov regularization weigth. (default: 0.1)
  - **thres_o** Threshold for the outliers. (default: 50)

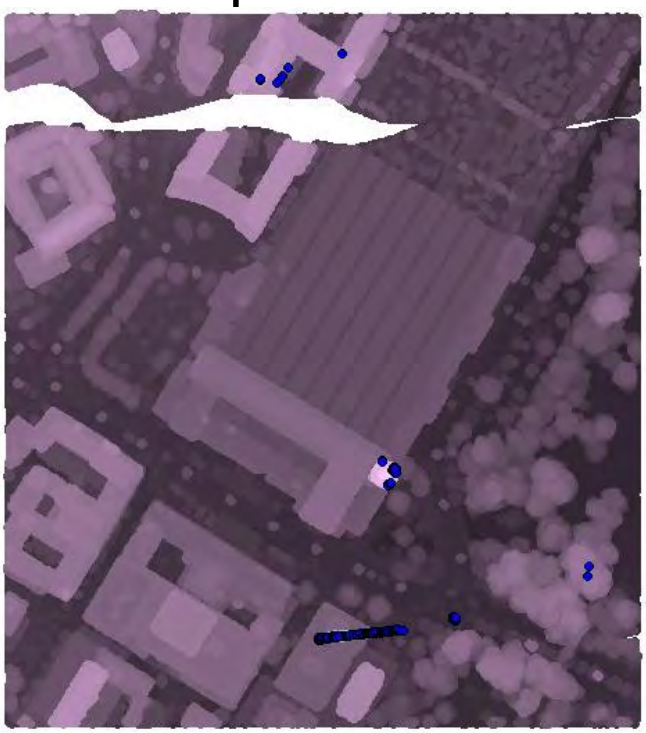
```
✔ v.outlier input=stuttgart_last output=station_last
  soe=10 son=10 qgis=station_last_qgis
  outlier=station_last_outlier thres_o=30

✔ v.outlier input=stuttgart_first output=station_first
  soe=10 son=10 qgis=station_first_qgis
  outlier=station_first_outlier thres_o=25
```

V.OUTLIER

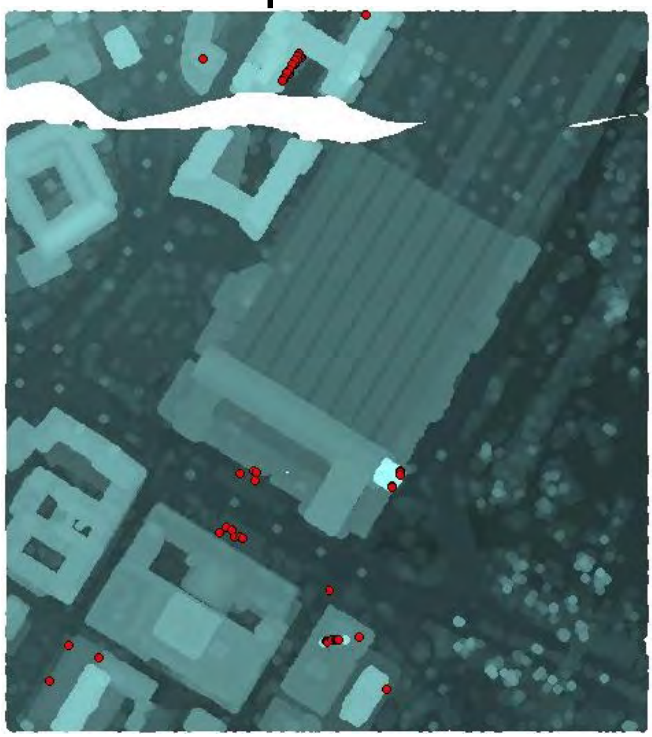


OUTLIER VISUALIZATION WITH QGIS

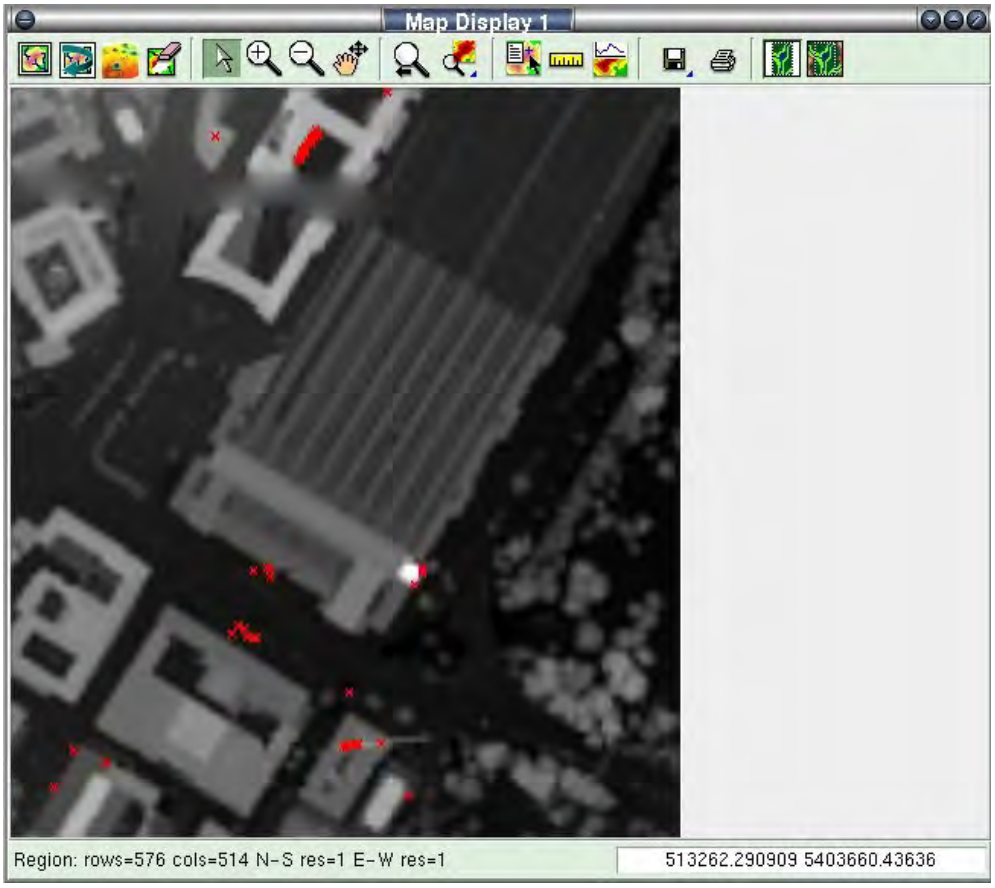
- First pulse



- Last pulse



OUTLIER VISUALIZATION

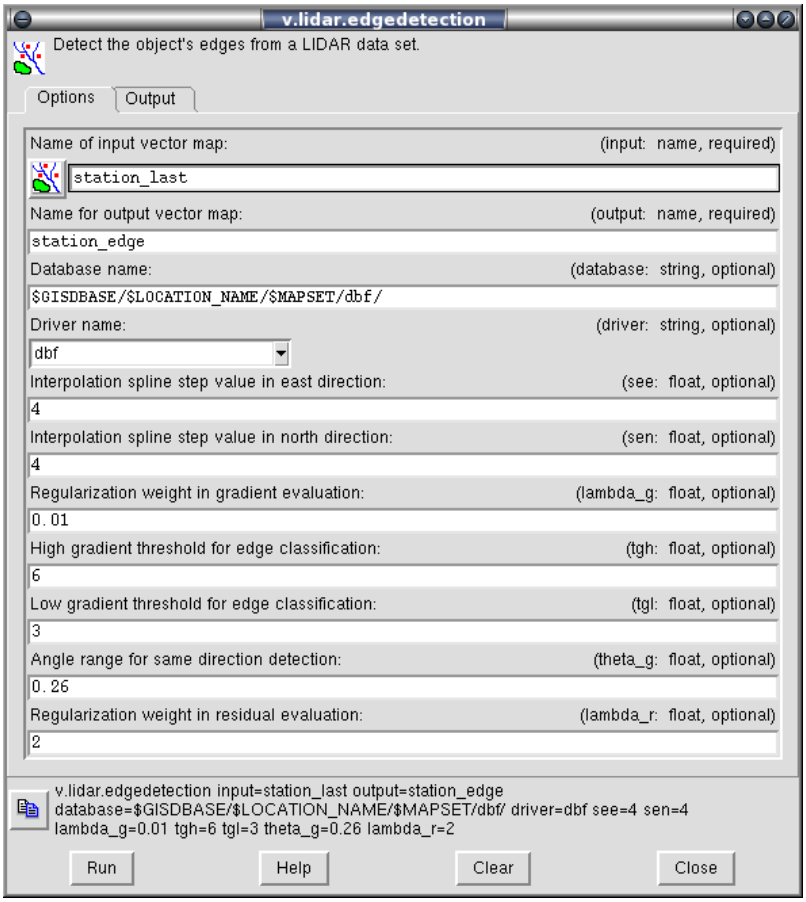


V.LIDAR.EDGEDETECTION

- **v.lidar.edgedetection input**=*name* **output**=*name* [**database**=*name*] [**driver**=*name*] **see**=*value* **sen**=*value* [**lambda_g**=*value*] [**tgh**=*value*] [**tgl**=*value*] [**theta_g**=*value*] [**lambda_r**=*value*]
  - **input**: name of the input vector map
  - **output**: name of the output vector map
  - **see**: Interpolation spline step value in e-w direction
  - **sen**: Interpolation spline step value in n-s direction
  - **Lambda_g**: Regularization weight in gradient evaluation (default: 0.01)
  - **tgh**: High gradient threshold for edge classification (default: 6)
  - **tgl**: Low gradient threshold for edge classification (default: 3)
  - **theta_g**: Angle range for same direction detection (default: 0.26)
  - **lambda_r**: Regularization weight in residual evaluation (default: 2)

✔ `v.lidar.edgedetection input=station_last output=station_edge see=4 sen=4 lambda_g=0.1`

V.LIDAR.EDGEDETECTION



EDGE DETECTION VISUALIZATION

Open a monitor:

✔ `d.mon x0`

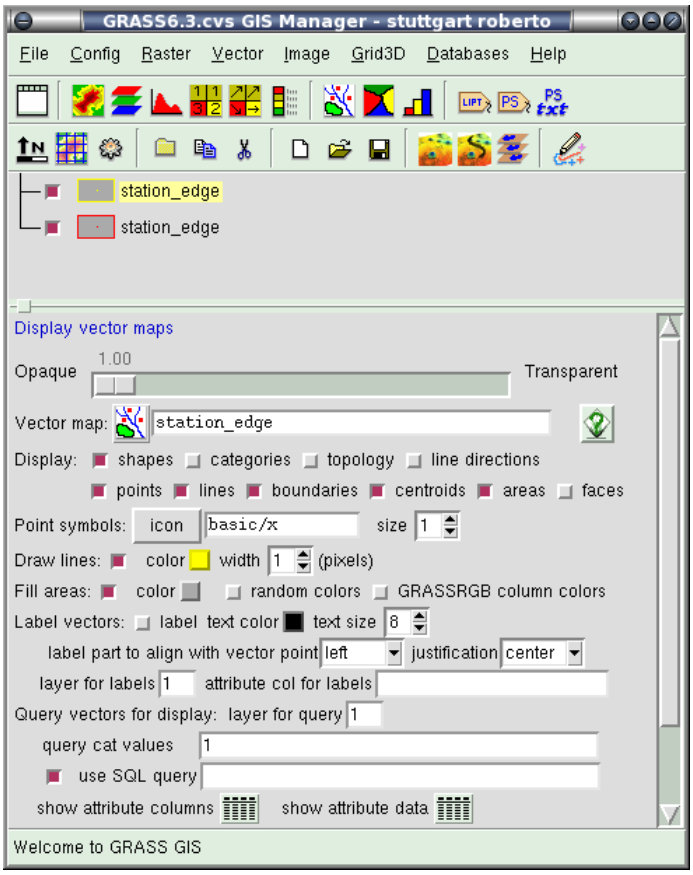
Terrain points:

✔ `d.vect station_edge color=yellow cats=1 layer=1 type=point size=1`

Edge points:

✔ `d.vect station_edge color=red cats=2 layer=1 type=point size=1`

EDGE DETECTION VISUALIZATION



- Query cat values:

TERRAIN: 1

EDGE: 2

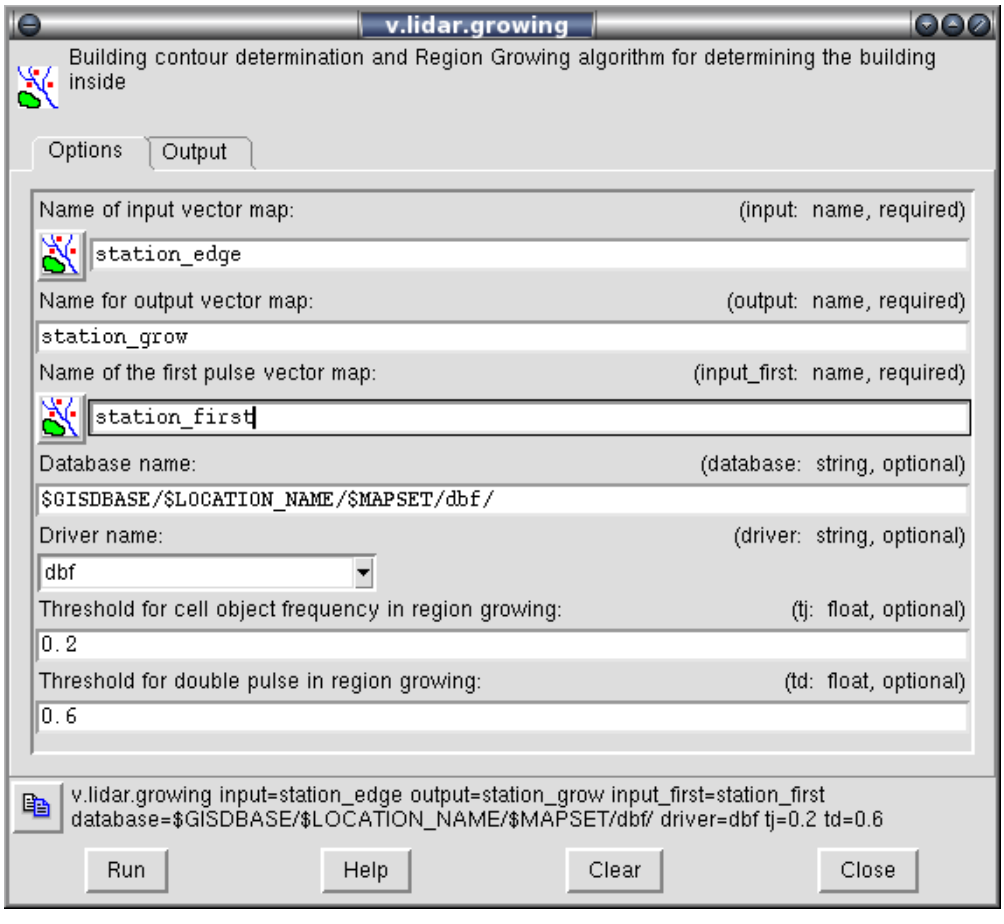
EDGE DETECTION VISUALIZATION

V.LIDAR.GROWING

- **v.lidar.growing input**=*name* **output**=*name* **input_first**=*name* [**database**=*name*] [**driver**=*name*] [**tj**=*value*] [**td**=*value*]
  - **input:** name of the input vector map
  - **output**: name of the output vector map
  - **input_first**: name of the input vector map of the first pulse points
  - **tj**: Threshold in planimetric units for considering two measurements as corresponding first and double pulse. (default 0.2)
  - **td**: Threshold in height units for classifying a point as double pulse. (default: 0.6)

```
✔ g.region -ap res=2
✔ v.lidar.growing input=station_edge
  output=station_grow input_first=station_first
```

V.LIDAR.GROWING



REGION GROWING VISUALIZATION

Terrain points:

```
d.vect station_grow color=yellow cats=1 layer=2 type=point size=1
```

Terrain double pulse points:

```
d.vect station_grow color=green cats=2 layer=2 type=point size=1
```

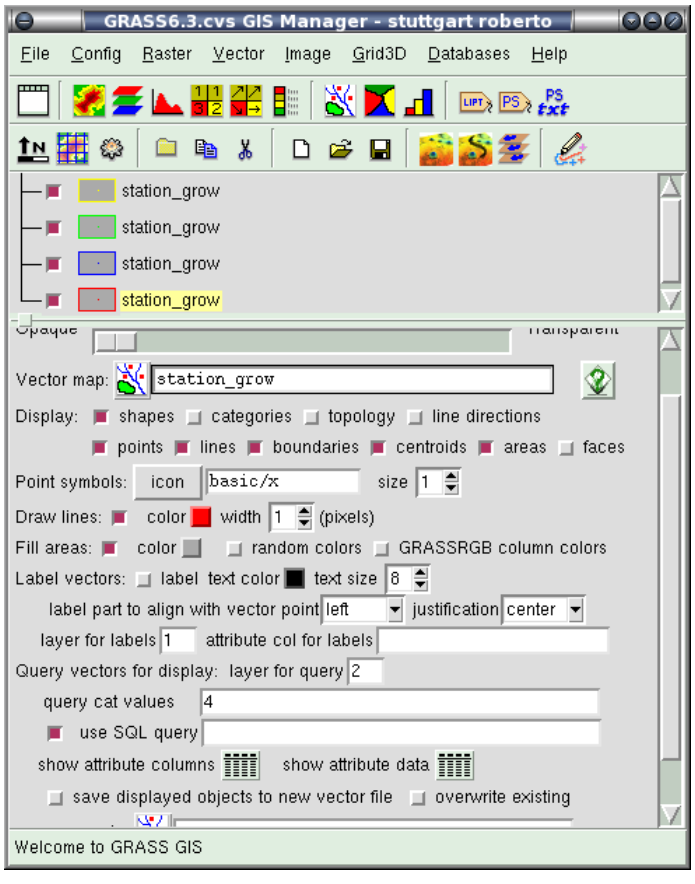
Object double pulse points:

```
d.vect station_grow color=blue cats=3 layer=2 type=point size=1
```

Object points:

```
d.vect station_grow color=red cats=4 layer=2 type=point size=1
```

REGION GROWING VISUALIZATION



- Query cat values:

TERRAIN: 1

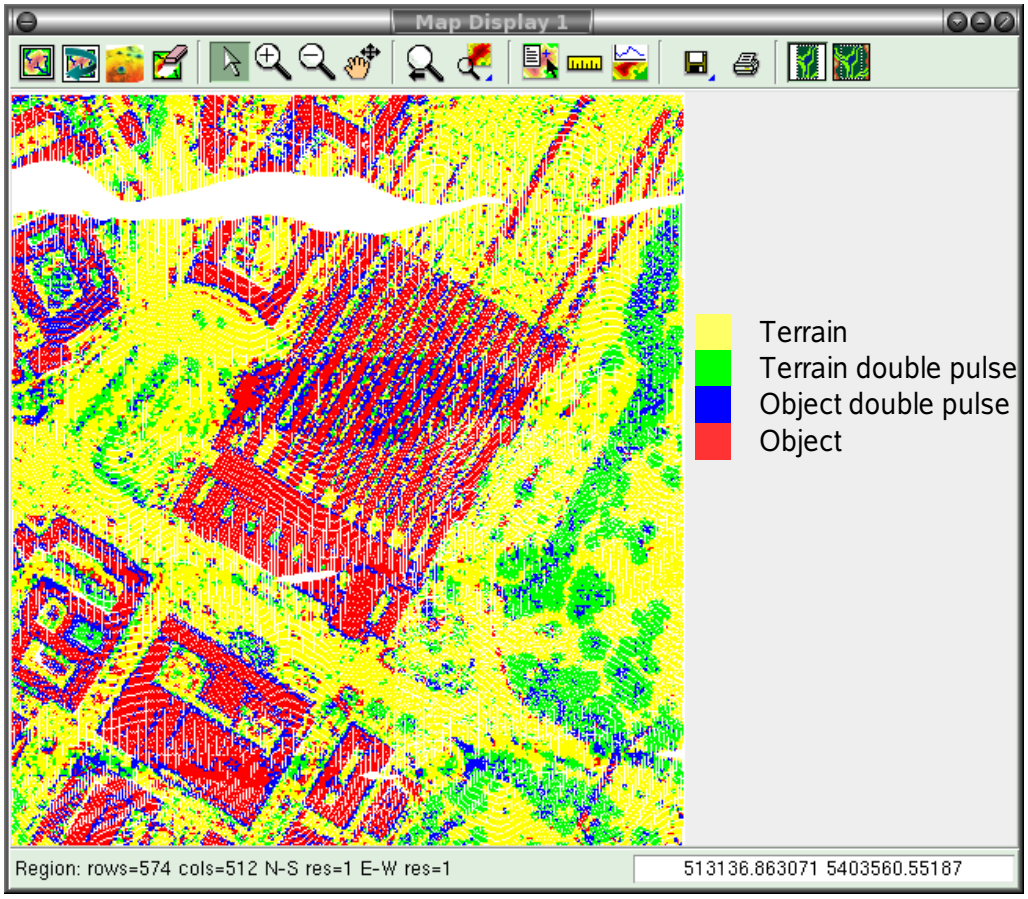
TERRAIN DOUBLE PULSE: 2

OBJECT DOUBLE PULSE: 3

OBJECT: 4

- Layer for query: 2

REGION GROWING VISUALIZATION



V.LIDAR.CORRECTION

- **v.lidar.correction** **input**=*name* **output**=*name* **out_terrain**=*name* [**database**=*name*] [**driver**=*name*] **sce**=*value* **scn**=*value* [**lambda_c**=*value*] [**tch**=*value*] [**tcl**=*value*]
  - **input**: name of the input vector map
  - **output**: name of the output vector map
  - **out_terrain**: name of the terrain output vector map
  - **sce**: Interpolation spline step value in e-w direction
  - **scn**: Interpolation spline step value in n-s direction
  - **lambda_c**: Regularization weight in reclassification evaluation. (default 1)
  - **tch**: High difference threshold (terrain/object). (default 2)
  - **tcl**: Low differnce threshold (object/terrain). (default 1)

✔
```
v.lidar.correction input=station_grow
out=station_correction out_terrain=station_terrain
sce=60 scn=60 lambda_c=2 tcl=0.1
```

CORRECTION VISUALIZATION

Terrain points:

```
d.vect station_correction color=yellow cats=1 layer=2
type=point size=1
```

Terrain double pulse points:

```
d.vect station_correction color=green cats=2 layer=2
type=point size=1
```

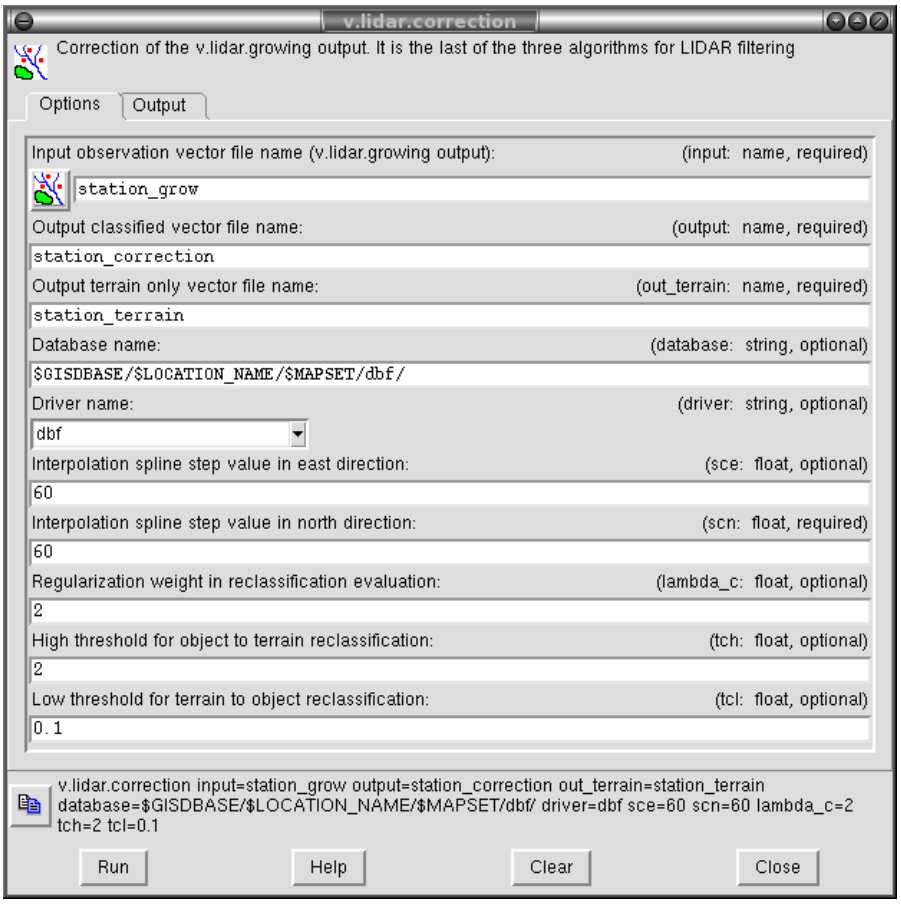
Object double pulse points:

```
d.vect station_correction color=blue cats=3 layer=2 type=point
size=1
```

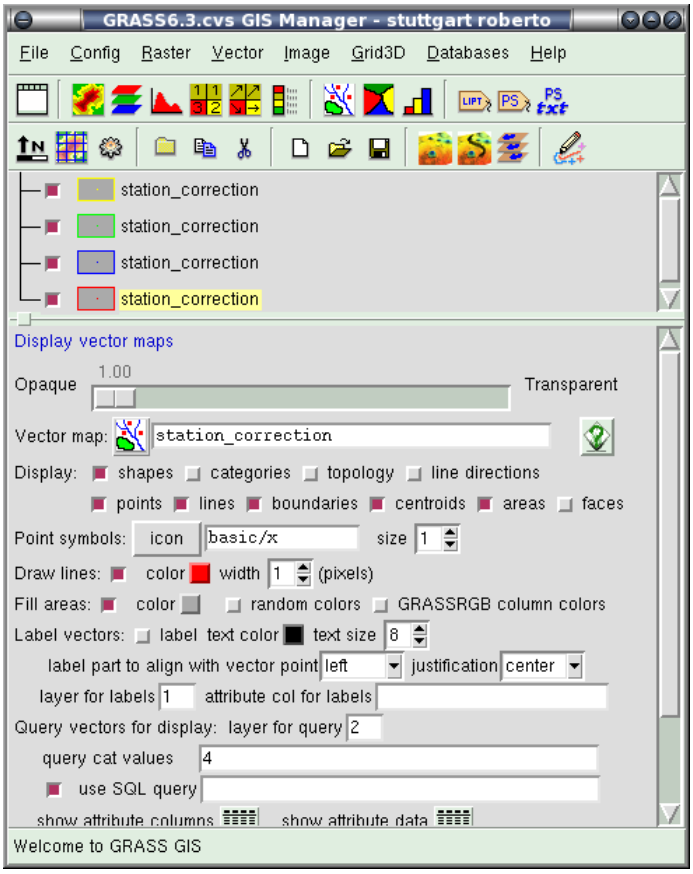
Object points:

```
d.vect station_correction color=red cats=4 layer=2 type=point
size=1
```

V.LIDAR.CORRECTION



CORRECTION VISUALIZATION



- Query cat values:

TERRAIN: 1

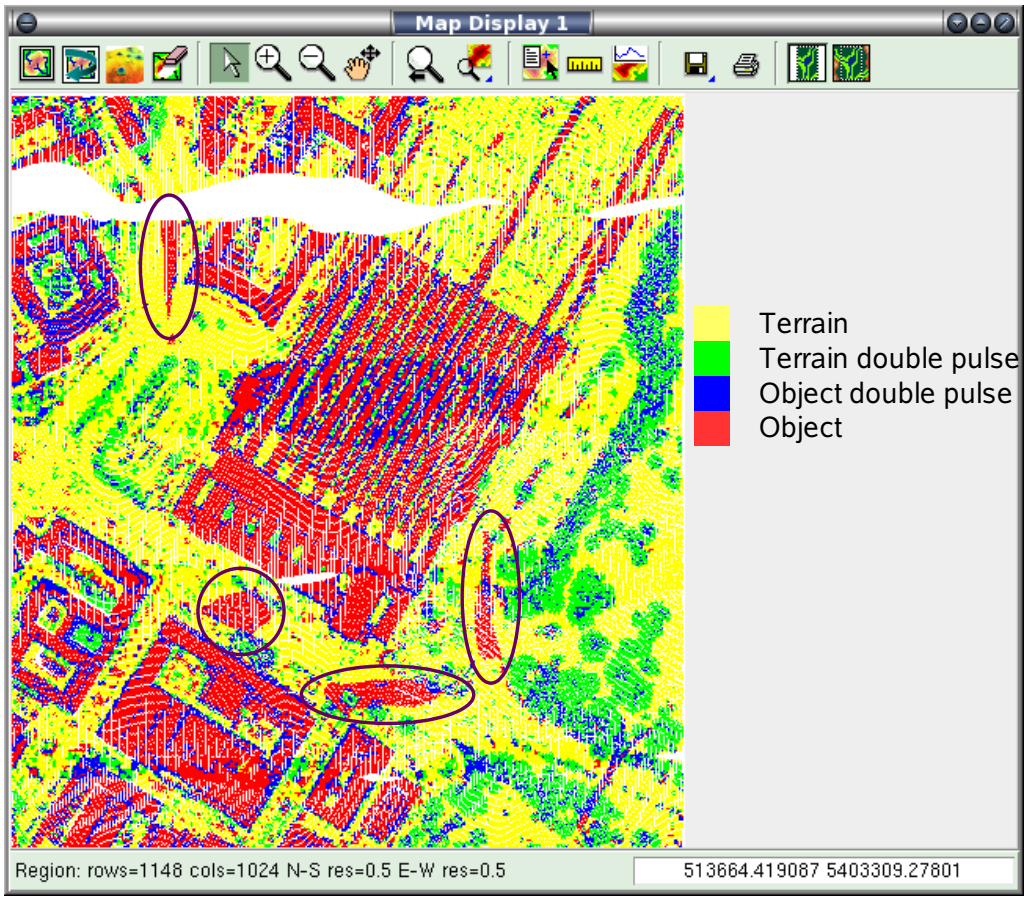
TERRAIN DOUBLE PULSE: 2

OBJECT DOUBLE PULSE: 3

OBJECT: 4

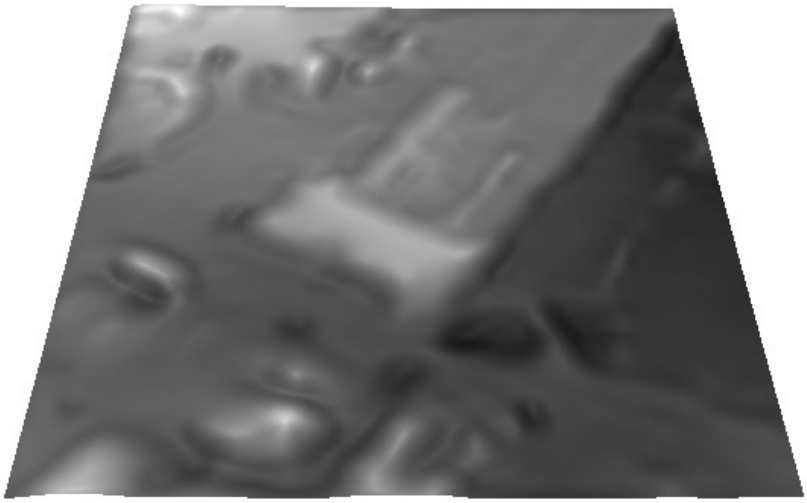
- Layer for query: 2

CORRECTION VISUALIZATION



FINAL VISUALIZATION

- ✔ `g.region -p res=0.5`
- ✔ `v.bspline in=station_terrain raster=station_dtm sie=10 sin=10 lambda_i=5 type=bicubic`
- ✔ `r.colors map=station_dtm color=grey`
- ✔ `nviz elevation=station_dtm`



THANKS FOR YOUR ATTENTION!

Politecnico di Milano - Polo Regionale di Como

web page: http://geomatica.como.polimi.it

Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

High resolution satellite imagery and LiDAR: building classification (first tests)

Eugenio Realini

Politecnico di Milano
Polo Regionale di Como

High resolution satellite imagery and LiDAR: building classification (first tests)

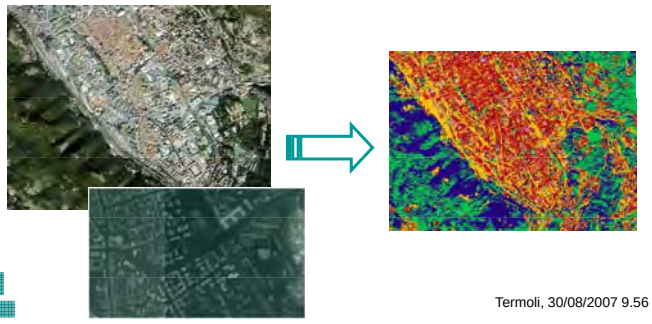
Termoli – 10-11 July 2007

Outline

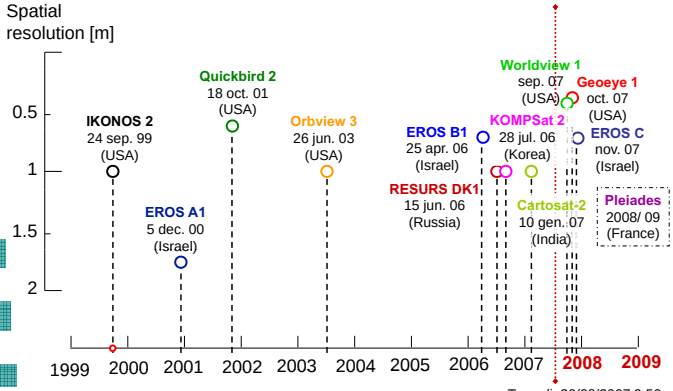
1. Objectives
2. HRSI: state of the art
3. Object-oriented classification
   - Training samples
   - Membership functions
4. Tests & results
   - software (Definiens Professional)
   - image orthorectification & cross-validation
   - classification results using training samples
   - classification results using membership functions
   - LiDAR integration
5. Conclusions

Objectives

Evaluation of object-oriented classification techniques by using multispectral High Resolution Satellite Imagery (**HRSI**) and **LiDAR** data for building extraction purposes



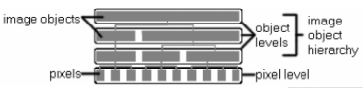
HRSI: state of the art



Object-oriented classification (1)

The fundamental units are not PIXELS, but the elements (objects) obtained through a preliminary SEGMENTATION process.

Additional information obtained by using objects instead of single pixels:
- statistical indexes of the radiometric response of the objects
- size and shape
- multi-level hierarchical analysis



Object-oriented classification (2)

Once the segmentation is done and all the classes defined:

Training samples:

the classification is trained by manually choosing meaningful sample objects for each class

Membership functions:

the classification is trained by defining specific characteristics (radiometry, size, shape, ...) to each class. Then objects are assigned to classes by means of fuzzy thresholds .

Definiens Professional 5.0

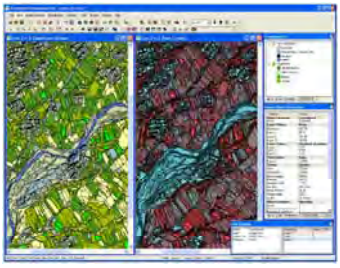
Component of the *Definiens Enterprise Image Intelligence™ Suite*

Object-oriented approach to image analysis

Multi-resolution image segmentation

Fuzzy classification

Integration of elevation data



DEFINIENS

http://www.definiens.com/

Data

IKONOS multispectral image of Como and surroundings, 4 m resolution
(the classification was performed on an image subset of 3 x 2.2 km^2, centered on the city)
Channels: NRGB

LiDAR DSM, 2 m resolution

Image orthorectification

The image was orthorectified with PCI Orthoengine

The ground points were 79, measured by RTK positioning, using Lombardia GNSS Positioning Service

All of them were used as Ground Control Points (GCPs)

RMSE North: 0.23 pixels
RMSE East: 0.17 pixels
RMSE Module: 0.29 pixels

Cross-validation

In order to locate and remove outliers in ground points, the **Leave-one-out cross-validation** method was applied.

It consists in applying iteratively the orthorectification model using all the points as GCPs except one, different in each iteration, used as a Check Point (CP). This procedure allows to locate possible outliers, in fact when an outlier is left out from the model computation and used as a CP, its residual error will be much higher than on other points.

LOOCV:

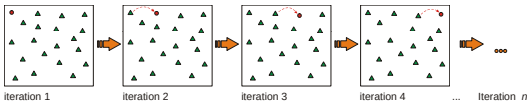


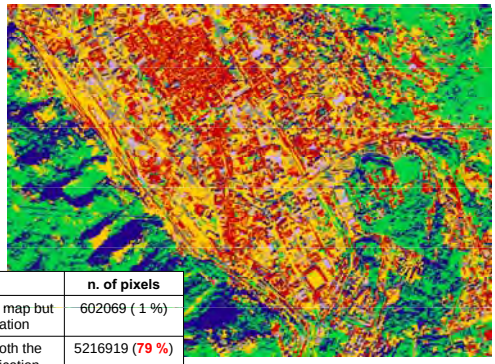
Image segmentation

The segmentation is performed by defining

- a weight value for each image layer (for example we assigned higher weights to the pancromatic and DSM layers)
- a scale parameter (that affects the size of the objects)
- parameters that define the weight of color v.s. shape and compactness v.s. smoothness

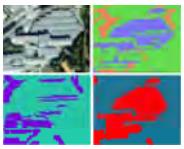
Training samples

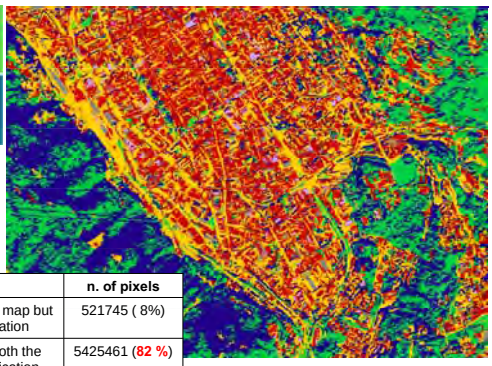
The result was compared with a map of Como obtained by aerial images (taken in the '80s)



	n. of pixels
values included in the map but not in the classification	602069 (1 %)
values included in both the map and the classification	5216919 (79 %)
values included in the classification but not in the map	790806 (12%)

Membership functions





ı classification s errors

	n. of pixels
values included in the map but not in the classification	521745 (8%)
values included in both the map and the classification	5425461 (**82 %**)
values included in the classification but not in the map	662588 (10 %)

Termoli, 30/08/2007 9.56

LiDAR integration

We worked on a small subset of the image, containing ~50 buildings. Buildings were manually digitized in order to get a better reference for the comparison

Previous membership functions (no DSM): **71%**

Previous membership functions and the DSM: **79%**

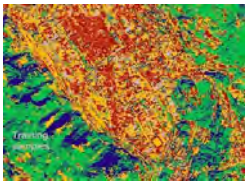
A normalized DSM (nDSM) was calculated by subtracting a DTM from the DSM

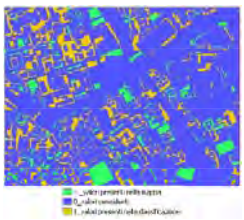
Simpler membership functions and the nDSM: **80%**

Termoli, 30/08/2007 9.56

Conclusions

Membership functions give better results than training samples





The use of a normalized DSM for building extraction purposes gives quite good results even with simple membership functions

In future works the nDSM tests will be refined by using more complex membership functions and trying to exploit at best all the available information levels

Termoli, 30/08/2007 9.56

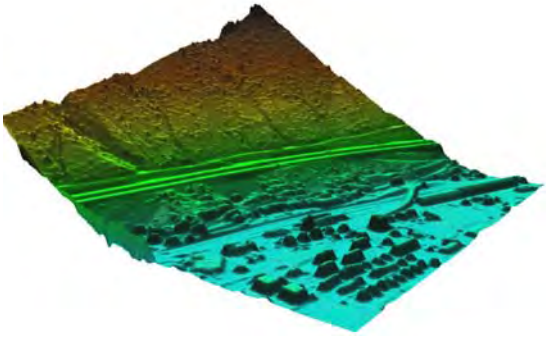
Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

LIDAR data in Ticino

Dr. Massimiliano Cannata

Institute of Earth Sciences - SUPSI

LIDAR data in Ticino



The aims of the study

- **Apply the methodology** developed in GRASS for LIDAR data and obtain a 2m res. DTM
- **Compare the resulting DTM** with the MNT-MO (SwissTopo®)
- **Verify the validity and accuracy** of the two elevation models

Study area

The study has been conducted on a limited area that contain features that were deemed to be difficult to filter. These include steep slopes, large buildings, vegetation, bridges, and discontinuities in the bare Earth.

Study area

Projection: Swiss. Obl. Mercator

N: 84890 - S: 84290

E: 719940 - W: 719340

Res: 2

Rows: 300

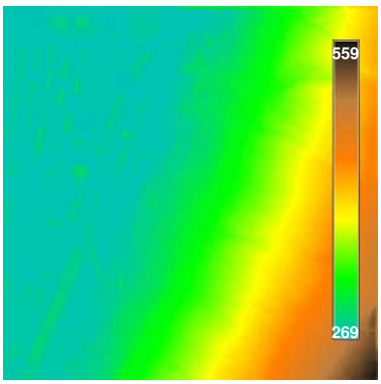
Columns: 300

Total Cells: 90000

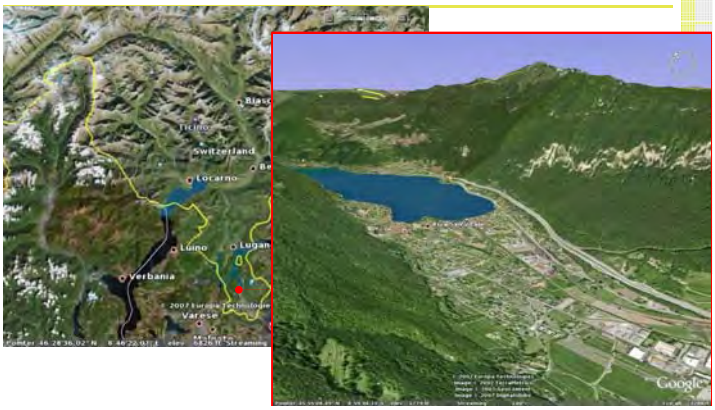
Range of data:

- min = 269

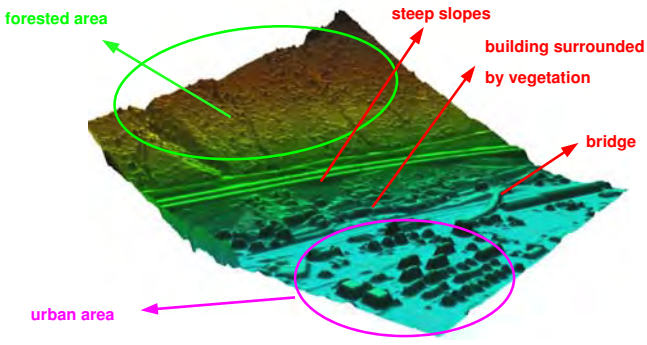
- max = 559



Study area



Study area



The row data

For the purpose of the study SwissTopo provide us a row data set in ascii file formatted as follow:

GPS-Z	X	Y	Z	Class	OnlyIntensity	Echo
50914.517000	682395.35	143626.87	1813.35	99	0.9	Only
50914.526000	682396.79	143626.54	1812.61	15	2.1	Last
50914.526000	682394.75	143626.01	1814.19	17	0.7	First
50914.563000	682395.95	143623.67	1811.83	14	1.0	Only

Vectors generation

- The entire row dataset has been elaborated by a shell script/awk to obtain the area study subset subdivided in:
  - First pulse points (279432 points)
  - Last pulse (497151 points)
- Vector map generation by importing the two subset (v.in.xyz)

Gross errors removal

- **Outliers detection:**

  v.outliers compares the differences in elevation between each point and an interpolated surface (bicubic spline) with a given threshold.

- **Applied parameters:**
  - lambda_i=0.1: high Thikonov regularization parameter
  - soe, son=10: low spline step resolution
  - thres_o=50: threshold values -

Gross errors removal

- Few first and last pulse gross errors are individuated close to the region borders

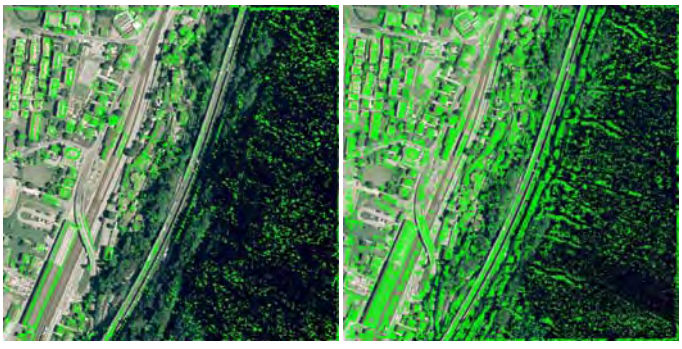
-> interpolation

Edge detection

- **OPT 1 (default parameters values)**
  - see=4; sen=4; lambda_g=0.01; tgh=6; tgl=3; theta_g = 0.26; lambda_r = 2;
- **OPT 2**
  - see=9; sen=9; lambda_g=0.01; tgh=6; tgl=3; theta_g = 0.26; lambda_r = 2;

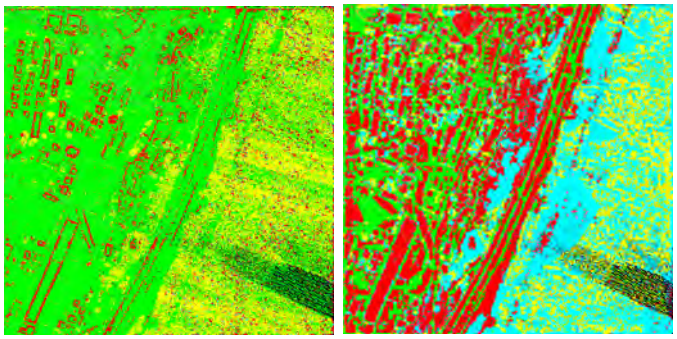
Edge detection

OPT 1 OPT 2



Region growing (default)

OPT 1 OPT 2



Object Terrain Terrain with 2 pulse Object with 2 pulse

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

Region growing (default)

- OPT 1
  - Not closed object boundaries (edge detection) leads to the failure of the region growing algorithm
- OPT 2
  - With conservative parameters (enlarged borders detection) we get better results;

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

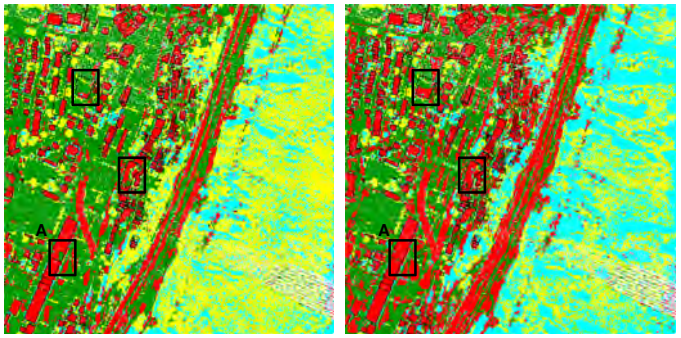
Correction

- OPT 1 (default parameters)
  - sce=scn=25; lambda_c=1; tch=2; tcl=1;
- OPT 2
  - sce=scn=30; lambda_c=2; tcl=0.5; tch=0.2;
  - Two running !

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

Correction

OPT 1 OPT 2



Object Terrain Terrain with 2 pulse Object with 2 pulse

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

Correction

OPT 1 - A OPT 2 - A

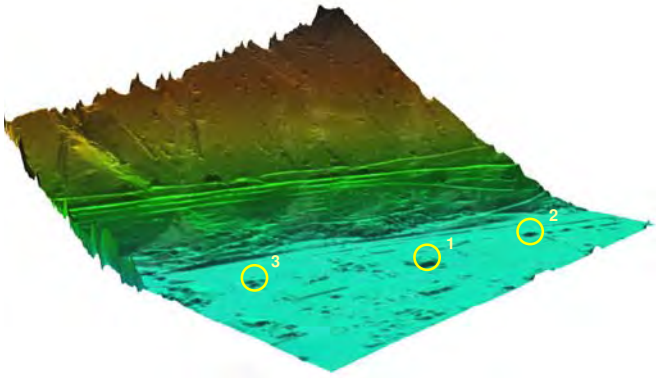
Object Terrain Terrain with 2 pulse Object with 2 pulse

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

DTM generation

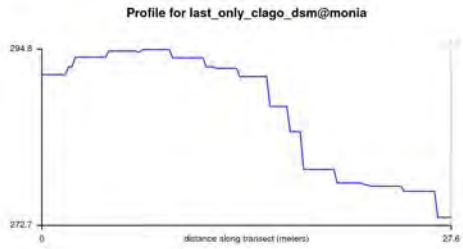
- According to results OPT 2 was chosen and a DTM was extracted with a bilinear interpolation of the only points classified terrain.
  - Parameters:
    - sie=2
    - sin=2
    - lambda_i=0.01

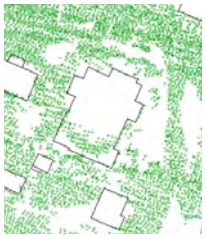
DTM generation



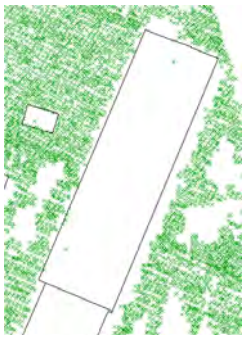
Errors: pt. 1

- Buildings with height close to the ground level are misclassified.



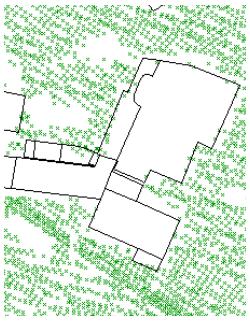


Errors: pt. 2



- Outliers

Errors: pt. 3



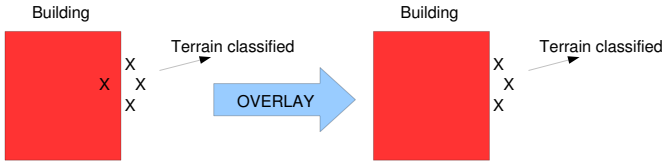
Vegetation Vs Buildings

- There is a contrast between Vegetation and urban area, in fact in v.lidar.correction:
  - parameter fitted for building detection leads to errors in classification of vegetated areas
  - parameter fitted for vegetation detection leads to errors in classification of urban areas

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

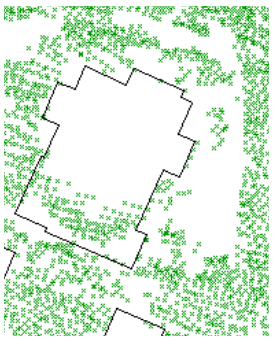
Cadastrial data support

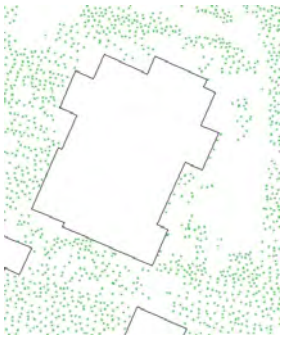
- Thanks to the availability of cadastrial digital data we choose to optimize the parameters for vegetated areas and correct the errors in urban areas by applying an overlay.



SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

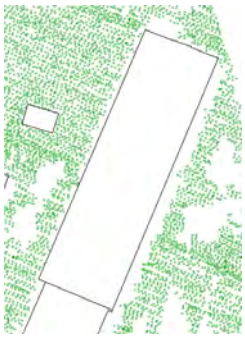
Cadastrial data support: pt. 1





SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

Cadastrial data support: pt. 2



SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

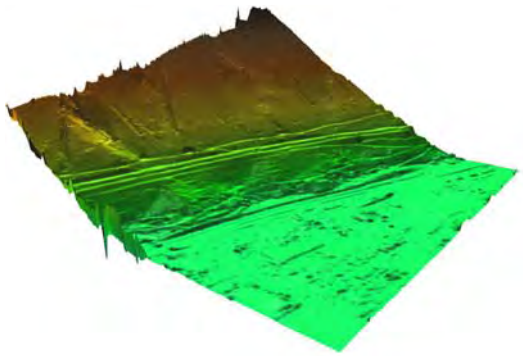
Final classification

Total points: 496887

cat 1 - Terrain classified:	121026
cat 2- Terrain double pulse classified:	147768
Total terrain points (category 1 and 2):	**268794**
cat 3 - Object classified:	127551
cat 4 - Object double pulse classified:	100542
Total object points (category 1 and 2):	**268794**

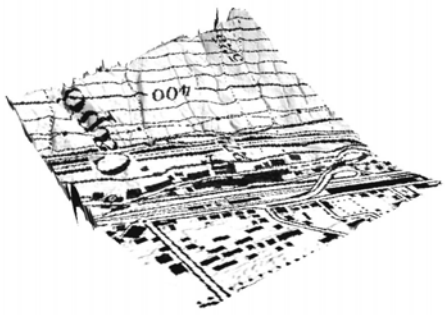
SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

Final DTM



SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

DTM validation



SUPSI Scuola Universitaria Professionale della Svizzera italiana Dipartimento Ambiente Costruzione e Design — DACD - IST

DTM vs MNT-NO

GRASS **classified terrain** (category 1 e 2) 268794 points:

- **258146 classified terrain by SwissTopo too (96,04%)**
- **10648 classified object by SwissTopo, (3.96%) ["ERROR TYPE I"]**

Those last (error I) are in detail:

num	classe	descrizione
899	18	sopraelevate
2221	17	edifici
7172	15	vegetazione
353	14	elem. lineari
3	4	outliers

SUPSI Scuola Universitaria Professionale della Svizzera italiana Dipartimento Ambiente Costruzione e Design — DACD - IST

MNT-NO vs DTM

SwissTopo **classified terrain** 389191 points:

- 258146 **classified terrain by GRASS** too **(66.33%)**
- 131045 **classified object by GRASS**, **(33.67%) ["ERROR TYPE II"]**

Those last (error I) are in detail:

num	classe	descrizione
49829	4	oggetto
81216	3	oggetto doppio impulso

SUPSI Scuola Universitaria Professionale della Svizzera italiana Dipartimento Ambiente Costruzione e Design — DACD - IST

With cadastral data filter

- 6454 terrain points were reclassified object
- Errors of type I were reduced by ~ 20%

num	classe	descrizione	
899	18	sopraelevate	
701	17	edifici	--> reduced by ~70%
6879	15	vegetazione	
344	14	elem. lineari	
3	4	outliers	

SUPSI Scuola Universitaria Professionale della Svizzera italiana Dipartimento Ambiente Costruzione e Design — DACD - IST

PFP2

SUPSI Scuola Universitaria Professionale della Svizzera italiana Dipartimento Ambiente Costruzione e Design — DACD - IST

MNT-MO / PFP2

Cat	Point_val	Rast_val	Diff	Alt_suolo	Diff_finale
8	300,500	281,5432	-18,956820		
48	280,691	280,3926	-0,298404	0,3	0,60
49	280,853	280,7854	-0,067569	0,25	0,32
50	273,693	273,6300	-0,062968	0	0,06
51	274,947	274,6990	-0,247978	0,2	0,45
52	275,886	275,4125	-0,473469	0,3	0,77
54	273,750	273,1238	-0,626245	0,18	0,81

DTM TICINO	Media	Mediana	Std_Dev
	0,5	0,52	0,28

SUPSI Scuola Universitaria Professionale della Svizzera italiana Dipartimento Ambiente Costruzione e Design — DACD - IST

DTM / PFP2

Cat	Point_val	Rast_val	Diff	Alt_suolo	Diff_finale
8	300,500	284,4879	-16,012150		
48	280,691	281,2649	0,573889	0,3	0,27
49	280,853	282,3073	1,454333	0,25	1,20
50	273,693	273,6550	-0,038008	0	0,04
51	274,947	274,8533	-0,093664	0,2	0,29
52	275,886	275,4904	-0,395596	0,3	0,70
54	273,750	273,2898	-0,460216	0,18	0,64

DTM_ult	Media	Mediana	Std_Dev
Tcl=0.3 tch=2	0,52	0,47	0,41

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

Errors = f(correction parameters)

Cat	Point_val	Rast_val	Diff	Alt_suolo	Diff_finale
8	300,500	283,4405	-17,059540		
48	280,691	281,2954	0,604367	0,3	0,30
49	280,853	281,2761	0,423059	0,25	0,17
50	273,693	273,9306	0,237618	0	0,24
51	274,947	275,3759	0,428910	0,2	0,23
52	275,886	275,3992	-0,486833	0,3	0,79
54	273,750	273,1762	-0,573831	0,18	0,75

Sample2x	Media	Mediana	Std_Dev
Tcl=0.3 tch=1.5	0,41	0,27	0,28

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

Errors = f(correction parameters)

Cat	Point_val	Rast_val	Diff	Alt_suolo	Diff_finale
8	300,500	283,4398	-17,060230		
48	280,691	281,2965	0,605537	0,3	0,31
49	280,853	281,1597	0,306701	0,25	0,06
50	273,693	273,7402	0,047179	0	0,05
51	274,947	274,9573	0,010344	0,2	0,19
52	275,886	275,3989	-0,487092	0,3	0,79
54	273,750	273,1788	-0,571169	0,18	0,75

Sample2xx	Media	Mediana	Std_Dev
Tcl=0.3 tch=1	0,36	0,25	0,33

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

Errors = f(correction parameters)

Cat	Point_val	Rast_val	Diff	Alt_suolo	Diff_finale
8	300,500	283,5384	-16,961620		
48	280,691	281,2748	0,583758	0,3	0,28
49	280,853	281,1135	0,260544	0,25	0,01
50	273,693	273,6863	-0,006727	0	0,01
51	274,947	275,0155	0,068463	0,2	0,13
52	275,886	275,4196	-0,466361	0,3	0,77
54	273,750	273,2841	-0,465858	0,18	0,65

Sample2xxx	Media	Mediana	Std_Dev
Tcl=0.5 tch=1	0,31	0,21	0,33

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

GPS CONTROL POINTS

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

GPS CONTROL POINTS

- We got 38 GPS points in RTK and rapid-static with the following statistics

	RTK-MNT-NO	RTK-DTM
Max	0,896012	1,173135
Media	0,162534	0,229091
Mediana	0,104987	0,099425
St.dev	0,209600	0,286442

	SR-MNT-NO	SR-DTM
Max	0,883012	1,169135
Media	0,200544	0,259647
Mediana	0,074269	0,087340
St.dev	0,277000	0,360329

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

CONCLUSIONS

- This test to explore the ability of the GRASS procedures for LIDAR data filtering and DTM generation was successfully.
- Informations from cadastre are useful in filtering
- The MNT-NO has been tested to be an high accuracy model ~20cm, as well as the one derived with GRASS

SUPSI
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Dipartimento Ambiente Costruzione e Design
DACD - IST

Thank You

Dr. Cannata Massimiliano

Institute of Earth Sciences

massimiliano.cannata@supsi.ch

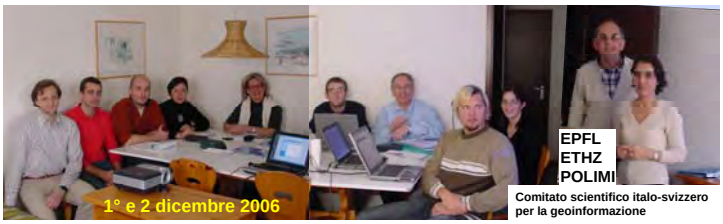
http://istgis.ist.supsi.ch:8001/geomatica/

Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

Dati LIDAR in Svizzera: il problema della qualità dei dati

Sara Brugger, Prof. Alessandro Carosio

Institute of Geodesy and Photogrammetry
ETHZ Hönggerberg



EPFL
ETHZ
POLIMI

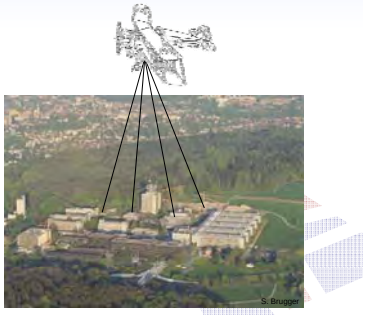
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

Dati LIDAR in Svizzera

E il problema della qualità dei dati

Sarah Brugger

Institute of Geodesy
and Photogrammetry
ETH Hönggerberg



Dati utilizzati nei nostri progetti

Dati altimetrici (LIDAR e altri)
Dati planimetrici (vettoriali, raster, ortofotografie, ecc.)

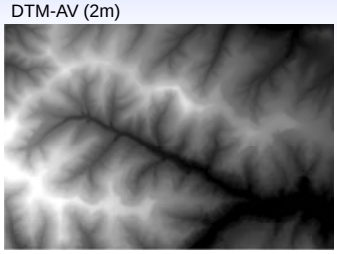
Dati altimetrici
Dati forniti attualmente dall'Ufficio federale di topografia

- DHM25 (*Digital Height Model*): modello a reticolo con maglia di 25 m.

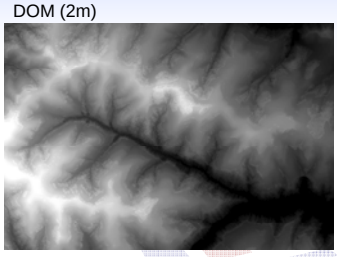
- DTM_AV (*Digitales Terrainmodell der Amtlichen Vermessung*):disponibile in due forme
  - DTM_AV ROH: Insieme di punti con densita´ di uno ogni 2 m².
  - DTM_AV (grid2): modello interpolato su una griglia di 2 m.
- DOM (*Digitales Oberflächenmodell*): modello comprensivo dell'edificato e della vegetazione arborea, disponibile in due forme
  - DOM ROH: Insieme di punti con densita´ di uno ogni 2 m².
  - DOM (grid2): modello interpolato su una griglia di 2 m.

Dati disponibili

Reticolo a maglia regolare
DTM-AV (2m)



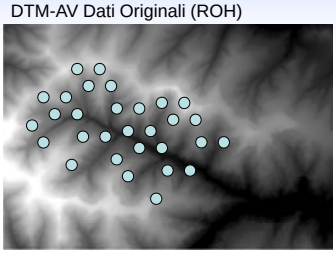
DOM (2m)



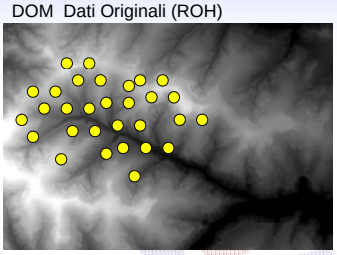
Dati disponibili

Punti a distribuzione irregolare

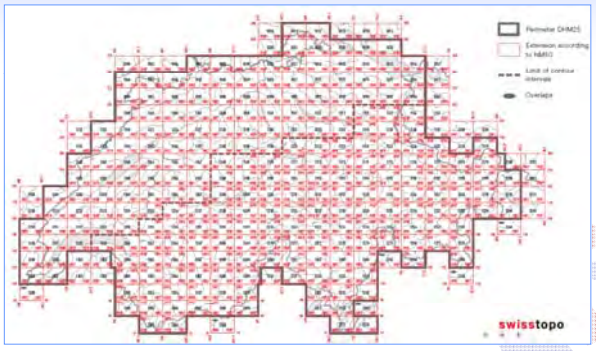
DTM-AV Dati Originali (ROH)



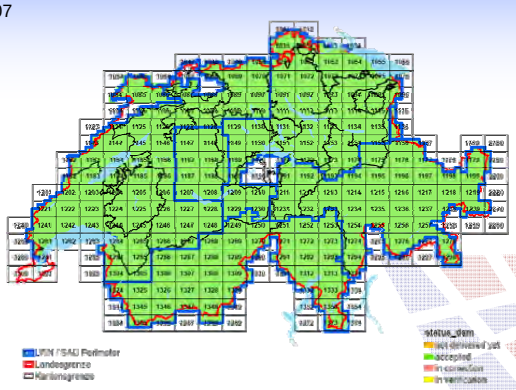
DOM Dati Originali (ROH)



Disponibilità dei dati del DHM 25 (giugno 2005)

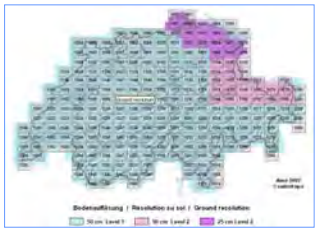


Stato dei lavori di produzione del DTM-AV e del DOM sotto 2'000mslm: Marzo 2007

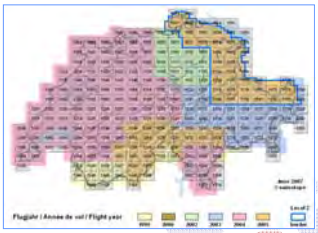


Dati planimetrici forniti attualmente dall'Ufficio federale di topografia :

- **Ortofoto: foto aeree digitali a colori con risoluzione di 0.25 m. o 0.50 m. a seconda della regione.**



Ground resolution



Stato attuale di aggiornamento

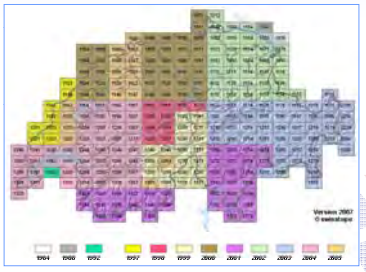
Dati planimetrici forniti attualmente dall'Ufficio federale di topografia :

- **Carte topografiche digitali (*pixel maps*): mappe cartacee, a diverse scale, convertite in forma digitale.**

Stato attuale di aggiornamento mappe digitali 1:25000

Dati planimetrici forniti attualmente dall'Ufficio federale di topografia :

- **Vector 25: descrizione della posizione, forma e topologia di circa 7 milioni di oggetti .**



Stato attuale di aggiornamento Vector 25

Cosa vuol dire "*qualità dei dati*" altimetrici?

Precisione: altezza, posizione planimetrica

Attualità: Data del volo

Metodi di elaborazione: algoritmi, strumenti usati, qualificazione del personale

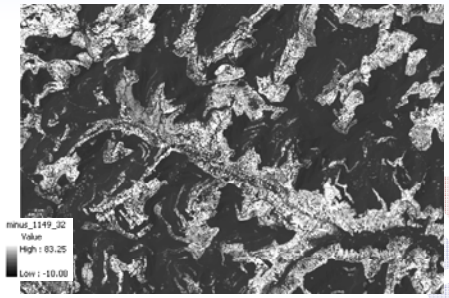
Metodi di analisi

- visualizzazione (dati originali, hillshade, ArcScene)
- differenza tra DOM e DTM
- confronto con dati planimetrici vettoriali o raster
- analisi statistiche
- analisi sistematiche o di campioni

Dati

Un metodo di analisi

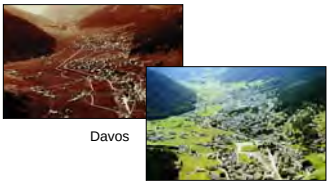
(DOM) – (DTM-AV) = CHM (Canopy Height Model; altezza della copertura)



Attualità

È molto importante che i dati siano sempre attuali: non solo i dati vettoriali ma anche i dati altimetrici e della superficie del terreno.
Perchè ci sono diverse cose che si cambiano col tempo.

- bosco (riguarda il DOM)
- edifici (riguardano il DOM)
- strade (riguardano il DTM)
- …



Davos

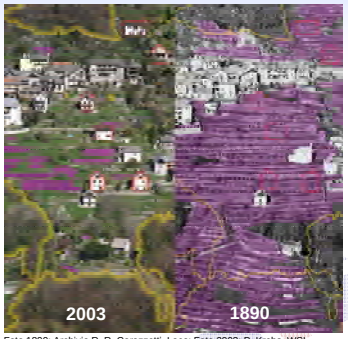
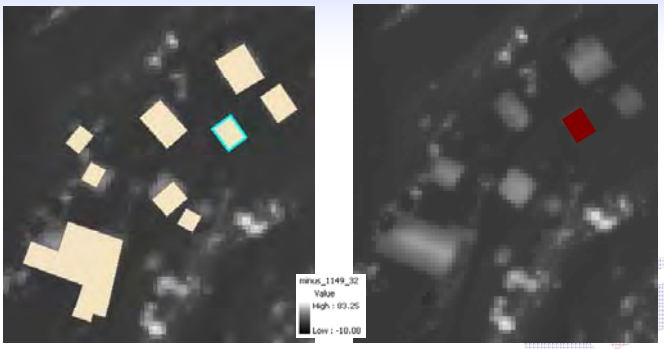


Foto 1890: Archivio R. R. Carazzetti, Loco; Foto 2003: P. Krebs, WSL
Elaborazione grafica: P. Krebs, WSL

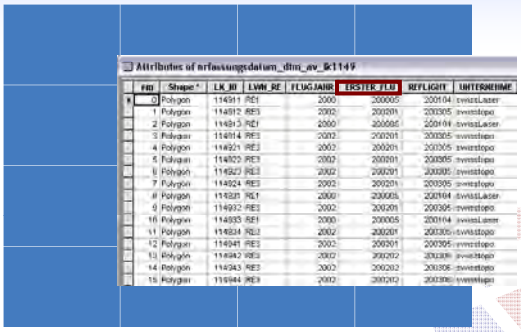
Attualità

Ci sono oggetti (p.es. case) che mancano nei CHM perchè l'attualità dei dati vettoriali e dei dati altimetrici (DTM/DOM) è diversa



Attualità

Per avere un controllo dell'attualità è importante che i dati altimetrici abbiano una data.



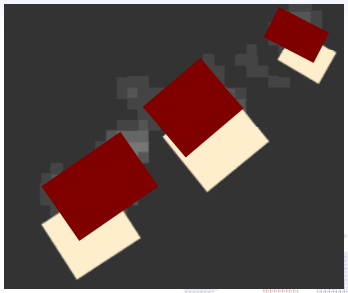
Precisione planimetrica

Quanto grande è l'errore di posizione (Lagefehler) nei modelli altimetrici.

Noi conosciamo solo la precisione delle altezze e non quella della posizione.

- DOM: +/- 0.5m a cielo aperto
  +/- 1.5m nel bosco
- DTM: +/- 0.5m

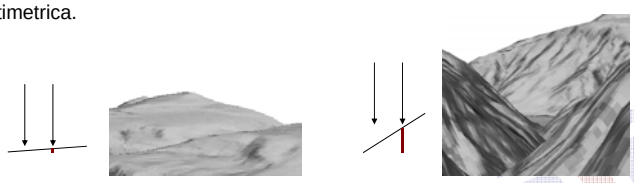
La precisione della posizione sembra migliore di 1m (1*σ)



Precisione planimetrica

Quanto grande è l'errore di posizione (Lagefehler) nel modelli altimetrici.

Se il terreno ha pendenza ridotta, l'errore di posizione influenza minimamente l'altezza e può essere trascurato. Se invece il terreno è ripido un errore di posizione ha maggior influenza sull'altezza. Abitualmente se il terreno non presenta discontinuità l'imprecisione planimetrica si può ricondurre a un incremento dell'imprecisione altimetrica.



Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Precisione planimetrica

Quanto grande è l'errore di posizione (Lagefehler) nel CHM.

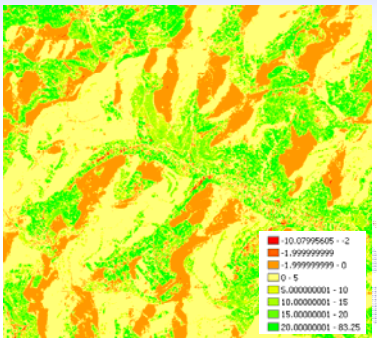
Con un oggetto discontinuo, come p.es. una casa, l'errore della posizione ha un grande influsso sull' altezza. Se abbiamo un oggetto continuo l'errore della posizione in genere non da una grandissima differenza d'altezza.

19

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Altri problemi

Ci sono diversi valori negativi (arancione) nel CHM



20

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Altri problemi

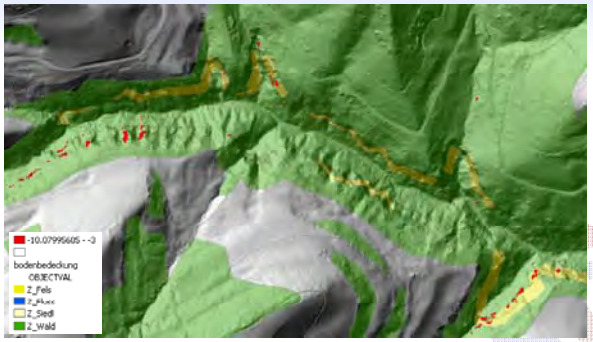
Hillshade (DTM) con i temi *bosco* e *roccia* come copertura del suolo

21

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Altri problemi

I valori altimetrici (CHM) fortemente negativi (da -3m) si trovano sopratutto nelle aree rocciose

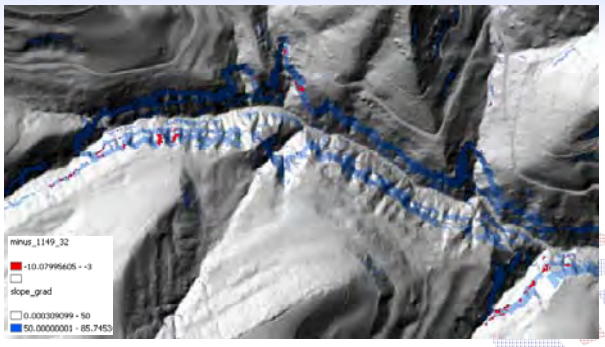


22

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Altri problemi

o nel bosco ripido (pendenza > 50°)



23

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Altri problemi

Problemi tra il DOM e il DTM

Dal DOM sono stati eliminati diversi punti che si trovavano in zone rocciose. Ciò è causato dagli algoritmi di classificazione.

Per questo motivo ci sono nel DOM molto meno punti a disposizione che nel DTM. Può quindi succedere che il DTM in aree limitate sia più alto del DOM. Questo causa valori negativi nel CHM.

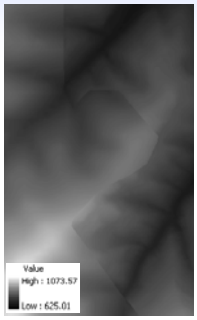
→ Accertare le fonti dei dati (prodotto dallo stesso ufficio, lo stesso volo, gli stessi algoritmi per l'interpolazione,…)

24

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

analisi mediante visualizzazione

La visualizzazione aiuta a trovare irregolarità nei dati



DTM (2m)

Hillshade dal DTM (2m)

Hillshade dal DHM25

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Applicazioni

Precisione planimetrica

La precisione planimetrica è importante se si vuole lavorare con dati lidar e dati vettoriali (paragonare, elaborare).

Esempio:
Dal CHM è possibile estrarre le altezze degli oggetti (case, alberi,…).
Se si vuole aggiungere le altezze ottenute dal CHM ai rispettivi oggetti vettoriali, come p.es. alle case, un errore planimetrico ne falsa l'attribuzione.

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Applicazioni

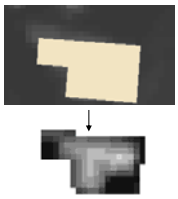
Estrusione degli edifici

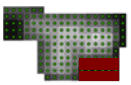
Estrazione delle case con i dati vettoriali dal CHM

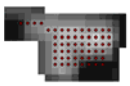
Problema: il suolo fa parte della casa

Un buffer interno che dipende dalla grandezza della casa. I punti interni contengono le altezze precise.

Calcoli statistici



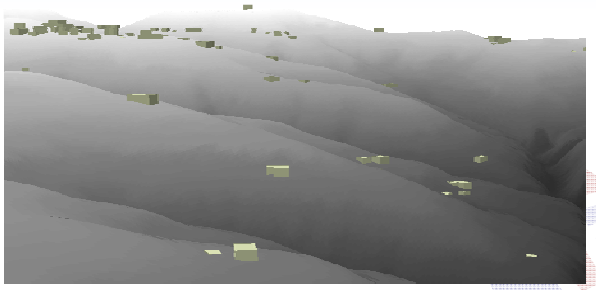




Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Applicazioni

Visualizzazione delle case con il valore mediano delle altezze in ArcScene (DTM-AV; 2m)



Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

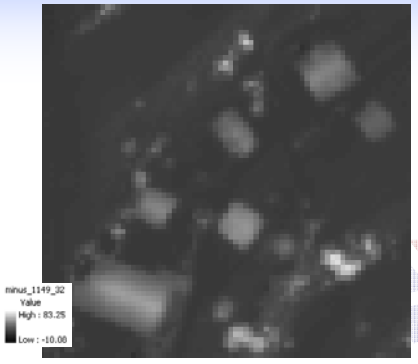
Applicazioni

Visualizzazione delle case con il valore mediano delle altezze in ArcScene (DTM-AV; 2m e ortofoto)

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Applicazioni

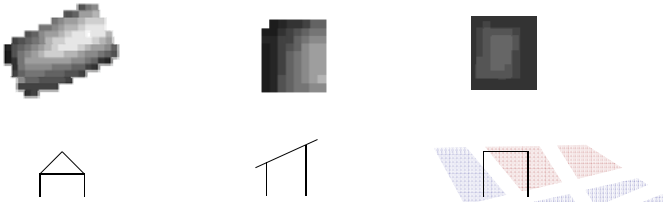
Forma del tetto degli edifici nel CHM



Applicazioni

Forma del tetto degli edifici

Tetto a due falde | Tetto a una falda | Tetto piatto



Conclusioni

Conclusioni

- Attualità dei dati
- Non solo la precisione delle altezze ma anche quella della posizione è importante. In alcuni casi si richiede alta precisione per le differenze di quota locali.
- Disponibilità dei metadati (data del volo, ditta, …)
- Metodi di analisi statistica per assicurare la qualità
  ma la visualizzazione aiuta a individuare grossi problemi
- Col CHM è possibile ottenere le altezze delle case e di riconoscerne la forma del tetto

Grazie per l‘attenzione

Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

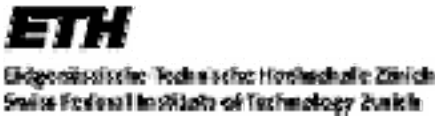
Opportunità e limiti dei modelli digitali ad alta risoluzione nella visualizzazione tridimensionale del territorio

Carlotta Fabbri

Institute of Geodesy and Photogrammetry
ETHZ Hönggerberg

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Institut Für Geodäsie und Photogrammetrie



Opportunità e limiti dei modelli digitali del terreno ad alta risoluzione nella visualizzazione tridimensionale del territorio

Carlotta Fabbri

IGP, Institute of Geodesy and Photogrammetry, Politecnico Federale di Zurigo, ETH Hönggerberg
CH 8093 Zürich – carlotta.fabbri@geod.baug.ethz.ch

Luglio 2007

INDICE

1. Riassunto
2. Abstract
3. Obiettivi
4. Flusso di lavoro
5. Materiali e metodi:
    5.1. Dati a disposizione
    5.2. Software
    5.3. Tecniche di visualizzazione
6. Elaborazione dati
    6.1. Selezione delle aree
    6.2. Elaborazioni Area 1
    6.3. Elaborazioni Area 2
    6.4. Elaborazioni Area 3
7. Discussione e conclusioni
    7.1. Analisi dei risultati
    7.2. Difficoltà incontrate
    7.3. Limiti dei DEM ad alta risoluzione
    7.4. Prospettive future
    7.5. Conclusioni

1 RIASSUNTO

La presente ricerca si propone di analizzare le opportuità e i limiti dei modelli digitali del terreno (DEM) ad alta risoluzione (DTM_AV e DOM) elaborati sulla base di dati Lidar ottenuti mediante rilevamenti con la tecnica del Laser Scanning. Avendo a disposizione modelli digitali del terreno a maggior risoluzione e a minor risoluzione (DHM25), dati planimetrici di tipo raster (ortofoto e carte topografiche digitali) e vettoriale ed il software ArcGis 9.2 è stato attuato un confronto tra i DEM a diversa risoluzione così da evidenziare le notevoli potenzialità, nelle tecniche di visualizzazione 3D del territorio, offerte dai modelli ad alta risoluzione e sono state inoltre elaborate rappresentazioni realistiche e navigabili del terreno. Sono stati infine evidenziati i limiti dei DEM ad alta risoluzione ed è stata presentata una delle possibili soluzioni, sfruttando la sovrapposizione di dati provenienti da fonti diverse di informazione, per risolvere le problematiche, legate alla presenza dei suddetti limiti, nella rappresentazione tridimensionale del territorio.

2 ABSTRACT

This paper suggests to analyze the opportunities and the limits of high resolution digital elevation models worked out by Lidar data, obtained by means of Laser Scanning surveys. With high (DTM_AV, DOM) and low (DHM25) resolution digital elevation models, raster (ortophoto, pixel maps) and vector planimetric data and the software ArcGis 9.2 it was possible to compare different resolution DEMs (Digital Elevation Model) to point out the high resolution DEM big capabilities in the 3D landscape visualization; it was also possible to create realistic and navigable representations of the terrain. Finally the paper pointed out the limits of high resolution DEMs and a possible solution was offered to resolve the problems, connected to these limits, in the 3D landscape representation.

3 OBIETTIVI DELLA RICERCA

- Mostrare le nuove opportunità offerte dai modelli digitali del terreno ad alta risoluzione nella visualizzazione del territorio.

- Confrontare le possibilità offerte dai modelli a maggior risoluzione con quelle offerte dai modelli a minor risoluzione.

- Evidenziare i limiti dei modelli ad alta risoluzione.

- Esaminare le possibilità di sviluppo, a livello informatico, al fine di sfruttare al meglio i dati a disposizione.

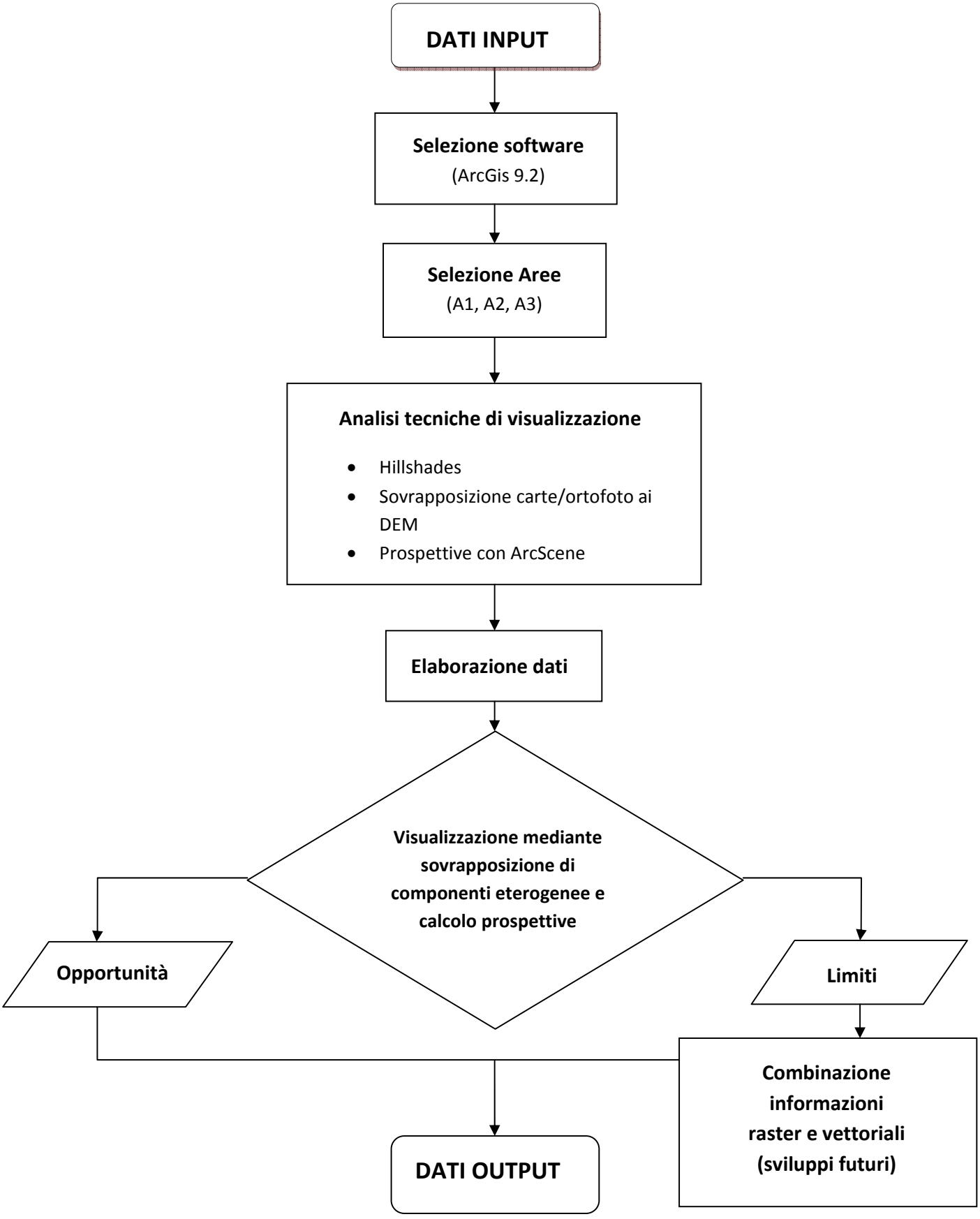
4 FLUSSO DEL LAVORO

Il presente lavoro prevede, dopo la **scelta del software** da utilizzare, un'attenta **analisi delle aree** a disposizione e la **selezione** di quest'ultime in base a differenti caratteristiche morfologiche.

Successivamente, sulla base delle zone evidenziate, si provvede ad individuare le **tecniche di visualizzazione** (hillshades e prospettive tramite ArcScene) più adatte al caso di studio così da mettere bene in evidenza le caratteristiche sia delle aree selezionete che dei DEM ad alta risoluzione.

Si passa poi, dopo la selezione degli "strumenti" da usare, alla **elaborazione dei dati** che prevede la **sovrapposizione di componenti eterogenee** presenti nei vari layer (ortofoto, DEM,hillshade, carte topografiche) e il **calcolo delle prospettive** mediante ArcScene. A questo punto è quindi possibile individuare i **vantaggi** e i **limiti** dei modelli digitali del terreno ad alta risoluzione.

Infine mediante la **combinazione di diverse fonti di informazione** (raster e vettoriali), è pensabile prevedere possibili ipotesi riguardo ad eventuali sviluppi futuri, a livello informatico, allo scopo di superare i limiti propri dei DEM ad alta risoluzione.


DATI INPUT
Selezione software
(ArcGis 9.2)
Selezione Aree
(A1, A2, A3)
Analisi tecniche di visualizzazione
Hillshades
Sovrapposizione carte/ortofoto ai DEM
Prospettive con ArcScene
Elaborazione dati
Visualizzazione mediante sovrapposizione di componenti eterogenee e calcolo prospettive
Opportunità
Limiti
Combinazione informazioni raster e vettoriali (sviluppi futuri)
DATI OUTPUT

5 MATERIALI E METODI

5.1 Dati a disposizione

I dati a disposizione per la seguente ricerca consistono in dati riguardanti i modelli digitali del terreno a maggior e a minor risoluzione e in dati planimetrici, delle aree prese in considerazione:

Modelli digitali del terreno:

- **DHM25** (*Digital Height Model*): modello con risoluzione di 25 m.
  Per il lavoro sono state usate le tavole n. 1149, n. 1169 e n. 1257 in scala 1:25000
- **DTM_AV ROH** (*Digitales Terrainmodell der Amtlichen Vermessung; modello del terreno)*: dati originali del rilevamento con posizione irregolare dei punti. L'insieme dei punti ha di regola una densita´ di uno ogni 2 m^2
- **DTM_AV (grid2)** (*Digitales Terrainmodell der Amtlichen Vermessung; modello del terreno*): modello DTM_AV ROH interpolato su una griglia di 2 m per 2m.
  Per il lavoro sono state usate le tavole n. 1149, n. 1169 e n. 1257 in scala 1:25000
- **DOM ROH** (*Digitales Oberflächenmodell; modello della superficie*) *)*: dati originali del rilevamento con posizione irregolare dei punti. L'insieme dei punti ha di regola una densita´ di uno ogni 2 m^2; modello comprensivo dell'edificato e della vegetazione arborea.
- **DOM (grid2)** (*Digitales Oberflächenmodell; modello della superficie*) modello DOM ROH interpolato su una griglia di 2 m per 2m, comprensivo dell'edificato e della vegetazione arborea.
  Per il lavoro sono state usate le tavole n. 1149, n. 1169 e n.1257 in scala 1:25000

Dati planimetrici:

- **Ortofoto**: foto aeree digitali a colori con risoluzione di 0.25 m. o 0.50 m. a seconda della regione. Tavole n. 1149, n. 1169 e n.1257 in scala 1:25000, con risoluzione di 0.5 m.
- **Carte topografiche digitali (pixel maps**): mappe cartacee, a diverse scale, convertite in forma digitale. Tavola n. 1257 in scala 1:25000 con risoluzione di 508dpi (20 l/mm).
- **VECTOR 25**: dati vettoriali (*shp)* del 2006, relativi alla carta 1257, che destrivono l'edificato.

5.2 Software

Il software utilizzato durante la presente ricerca è ArcGis versione 9.2 .

I moduli di ArcGis di cui ci si è serviti sono:

- **ArcCatalog** per la gestione e l'organizzazione dei dati.
- **ArcMap** per l'analisi e l'elaborazione dei dati.
- **ArcScene** per la visualizzazione tridimensionale dei dati elaborati.

Le motivazioni per le quali la scelta è caduta sul suddetto software sono da ricercare nell'esigua disponibilità di tempo a disposizione per permettere di condurre la ricerca mediante software poco conosciuti ma anche nella possibilità di avvalersi di un programma largamente utilizzato così da dare l'opportunità, ad un vasto numero di utenti, di usufruire dei dati elaborati.

È inoltre importante sottolineare che i tre moduli di ArcGis 9.2 sono ben integrati l'uno con l'altro di conseguenza il trasferimento dei dati da uno all'altro è risultato agevole e ha permesso di sfruttare al meglio il poco tempo a disposizione.

5.3 Tecniche di visualizzazione

Le tecniche utilizzate per la visualizzazione tridimensionale delle aree selezionate sono molteplici a cominciare dal calcolo degli hillshades, per mettere in evidenza le irregolarità del terreno visibili grazie ai DEM ad alta risoluzione, per continuare con la sovrapposizione di carte topografiche e di ortofoto sul modello del terreno (DTM_AV) e sul modello della superficie (DOM) e per finire con l'elaborazione delle prospettive, mediante ArcScene, per le quali il calcolo dei parametri, ad eccezione di quelli riguardanti l'illuminazione, avviene interattivamente con il mouse.

Per quanto riguarda il calcolo delle ombre infatti (hillshade) ci si è affidati, per ovvie ragioni, ai parametri di default forniti dal software: Azimut a 315° e altezza del sole a 45°.

6 ELABORAZIONE DATI

6.1 Selezione delle aree

La scelta delle aree da analizzare è caduta su tre tipologie deverse di zone con caratteristiche morfologiche di vario tipo così da mettere bene in evidenza le potenzialità dei DEM ad alta risoluzione nella descrizione di differenti caratteri ambientali.

L'analisi ha riguardato quindi un'area collinare (A1), un'area pianeggiante (A2) e un'area mista (A3) caratterizzata sia da zone montuose che da porzioni di territorio semipianeggiante.

AREA 1

Immagine 6.1: Colline dell'Emmental; tavole 1149-33,34; 1169-11,12. Ortofoto sovrapposta al modello della superficie.

AREA 2

Immagine 6.2: Entlebuch; tavola 1169-21. Ortofoto sovrapposta al modello della superficie.

AREA 3

Immagine 6.3: St.Moritz; tavole 1257-14, 32. Ortofoto sovrapposta al modello della superficie.

6.2 Elaborazioni Area 1

La prima analisi condotta sull'Area 1 è stata quella di attuare un confronto tra l'hillshade calcolato sul modello digitale del terreno a minor risoluzione (DHM25) e quelli relativi ai DEM a maggior risoluzione (DTM_AV e DOM).

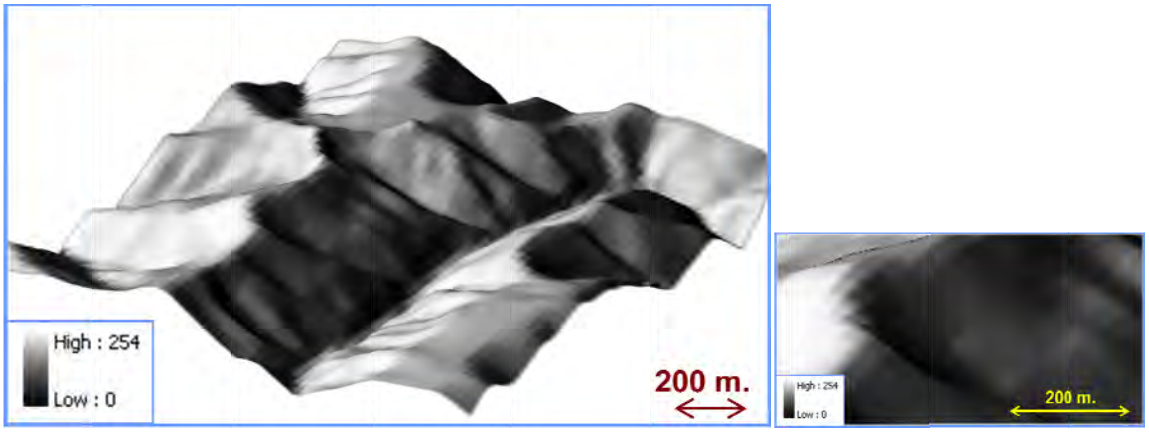


Immagine 6.4: Prospettiva dell'hillshade del DHM 25 con un frammento in dettaglio sulla destra.

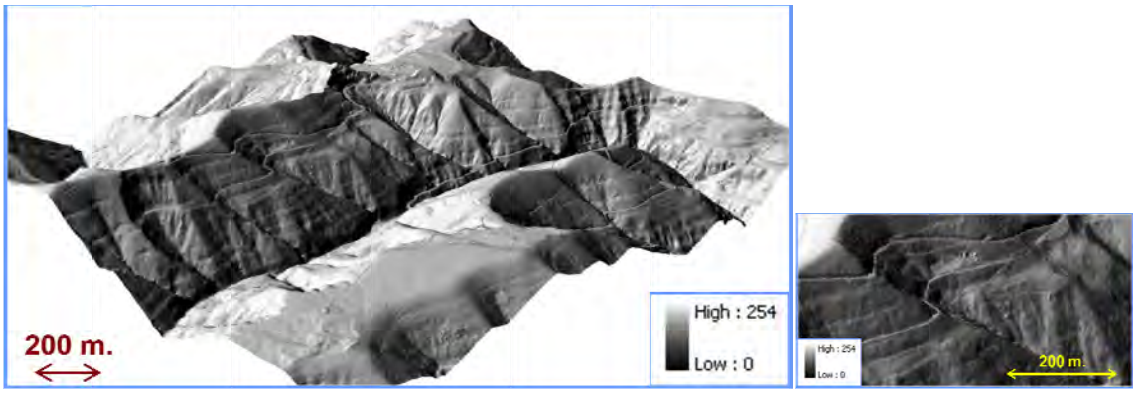


Immagine 6.5: Prospettiva dell'hillshade del DTM_AV con un frammento in dettaglio sulla destra.

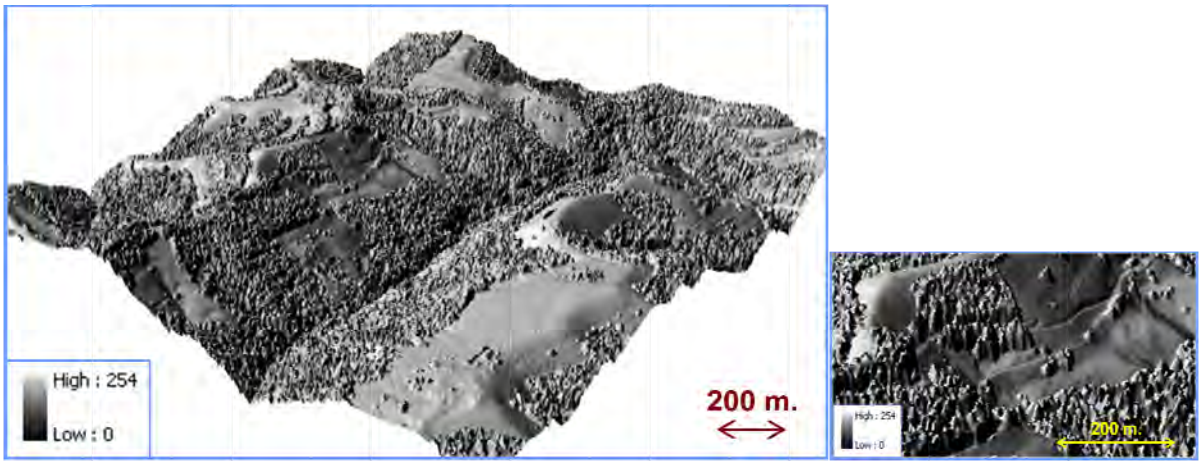
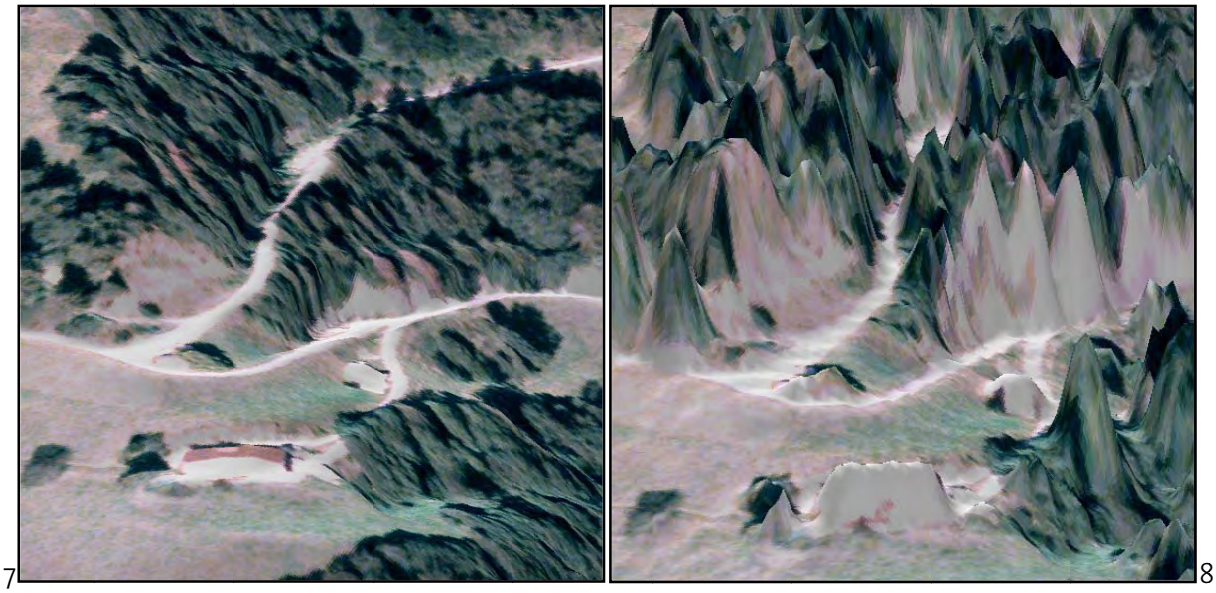


Immagine 6.6: Prospettiva dell'hillshade del DOM con un frammento in dettaglio sulla destra.

Successivamente sono state calcolate altre prospettive per le quali è stato preso come soggetto l'ortofoto sovrapposta sial modello del terreno che a quello della superficie.



7 8

Immagini 6.7-6.8: Prospettive, rispettivamente, del DTM_AV e del DOM con sovrapposizione di ortofoto.

6.3 Elaborazioni Area 2

Il medesimo tipo di analisi, attuato poc'anzi, è stato condotto anche nei confronti dell'Area 2.

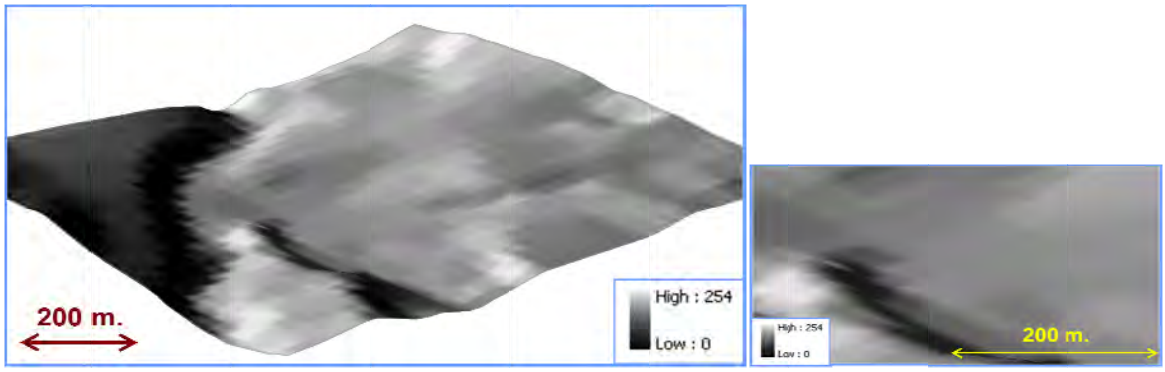


Immagine 6.9: Prospettiva dell'hillshade del DHM 25 con un frammento in dettaglio sulla destra.

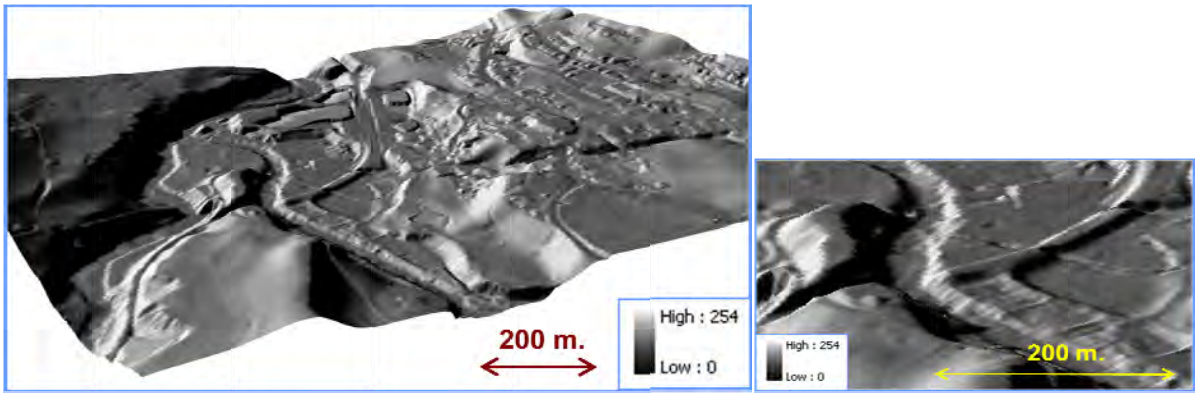


Immagine 6.10: Prospettiva dell'hillshade del DTM_AV con un frammento in dettaglio sulla destra.

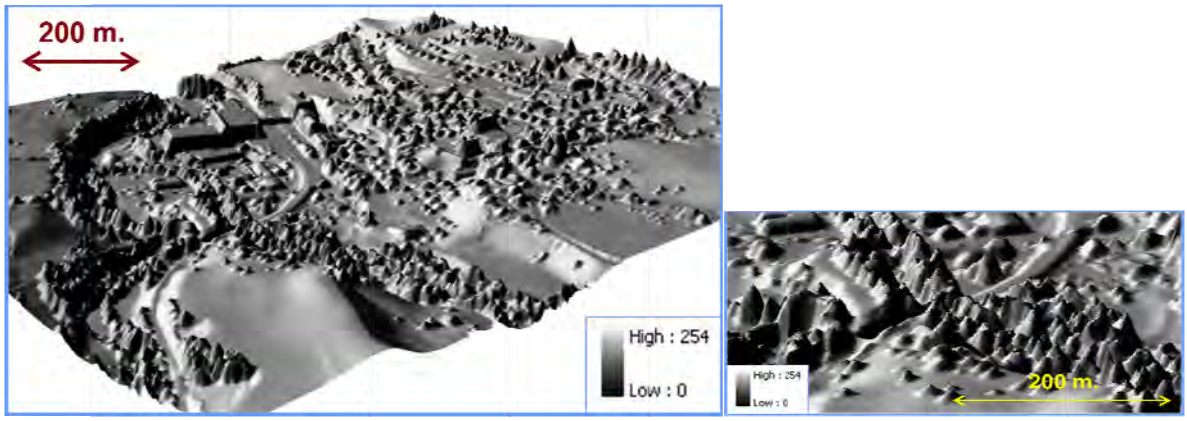
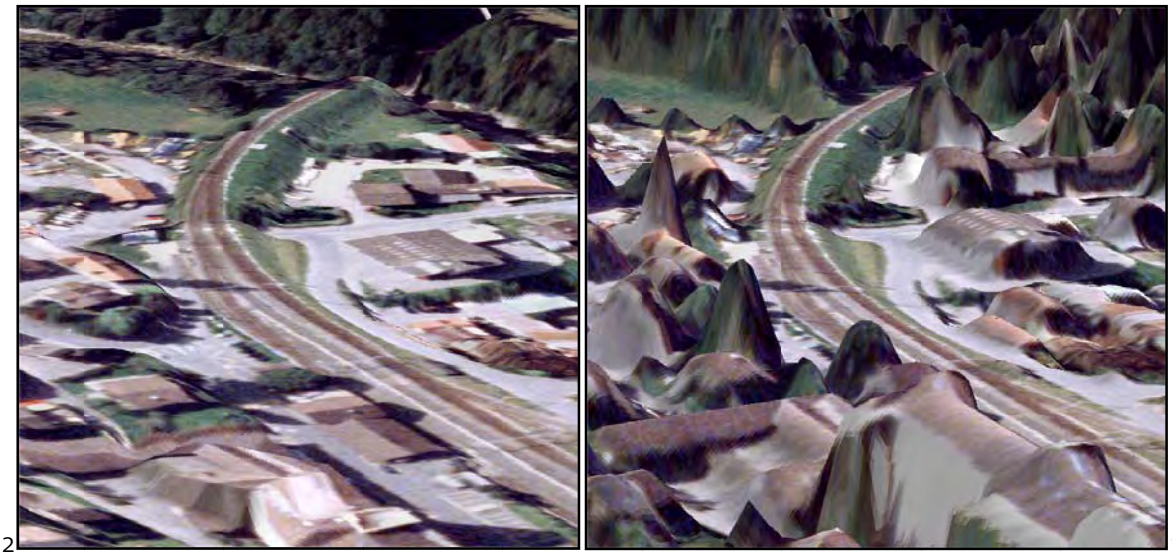


Immagine 6.11: Prospettiva dell'hillshade del DOM con un frammento in dettaglio sulla destra.



12 13

Immagini 6.12-6.13: Prospettive,rispettivamente, del DTM_AV e del DOM con sovrapposizione di ortofoto.

6.4 Elaborazioni Area 3

Per quanto concerne l'elaborazione degli hillshade relativi ai DEM dell'Area3, l'analisi ha portato i seguenti risultati.

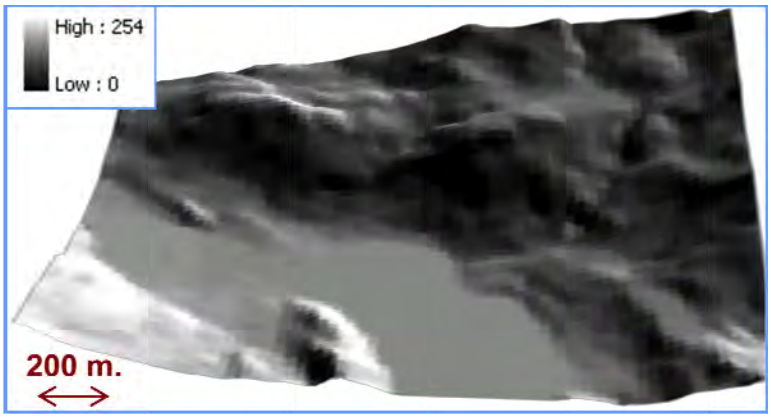


Immagine 6.14: Prospettiva dell'hillshade del DHM 25

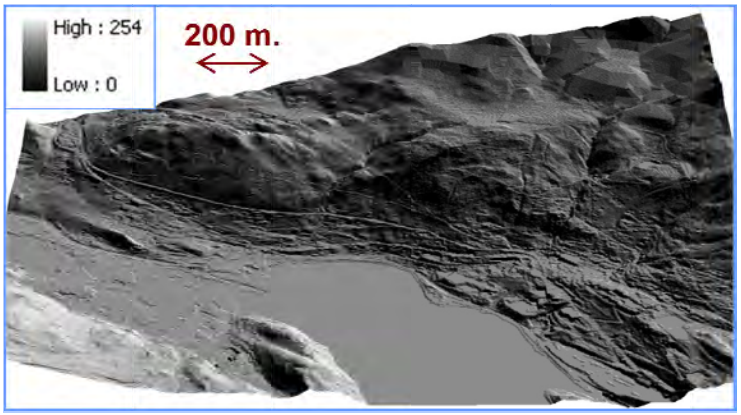


Immagine 6.15: Prospettiva dell'hillshade del DTM_AV

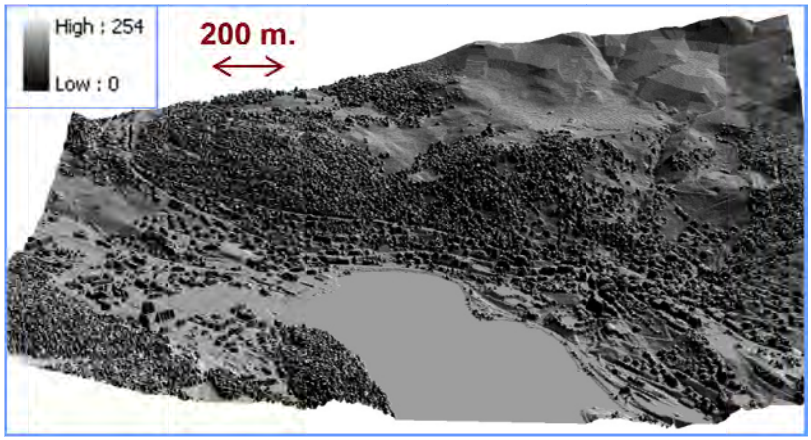


Immagine 6.16: Prospettiva dell'hillshade del DOM

Per quanto riguarda l'Area 3 sono state, inoltre, condotte delle elaborazioni di diverso tipo sovrapponendo prima l'ortofoto e poi la carta topografica sia sul DTM_AV che sul DOM così da mostrare le differenze, nella rappresentazione del territorio, di queste tecniche di visualizzazione.

Immagine 6.17: Sovrapposizione dell'ortofoto al DTM_AV

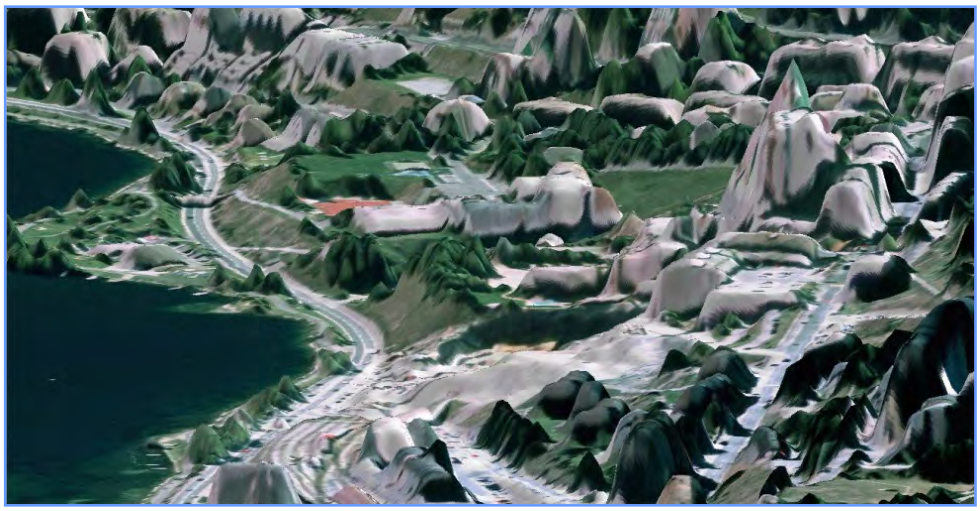


Immagine 6.18: Sovrapposizione dell'ortofoto al DOM

Immagine 6.19: Sovrapposizione della carta topografica sul DTM_AV

Immagine 6.20: Sovrapposizione della carta topografica sul DOM

7 DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

7.1 Analisi dei risultati

Dal confronto fra gli hillshades delle diverse tipologie di DEM è emerso che i modelli digitali del terreno ad alta risoluzione (DTM_AV e DOM) offrono notevoli opportunità nella rappresentazione tridimensionale del territorio dando la possibilità di visualizzare le irregolarità del terreno, non visibili tramite il DHM25, come per esempio le strade. Quest'ultime si notano chiaramente sia nel caso in cui siano asfaltate, più larghe e quindi maggiormente visibili (Area 2 e Area 3) sia nel caso in cui siano non asfaltate, meno ampie e quindi di più difficile visualizzazione (Area 1).

La tecnica di visualizzazione che prevede la sovrapposizione dell'ortofoto sul modello del terreno (DTM_AV) fornisce una rappresentazione della raltà decisamente confusa inquanto le irregolarità del terreno vengono ben riprodotte ma il resto degli oggetti descritti nell'ortofoto (edifici, automobili, alberi) risultano piatti non essendo supportati da alcuna forma reale.

Il DOM (modello della superficie) offre possibilità maggiori, in questo senso, perchè ha il vantaggio di possedere dati riguardanti la superficie del terreno e quindi informazioni sulle zone coperte dagli edifici e dalla vegetazione.

A tale proposito la tecnica di visualizzazione che suggerisce di sovrapporre l'ortofoto al DEM mette in luce ancora meglio le potenzialità del DOM perchè in corrispondenza delle zone edificate e coperte da vegetazione sull'ortofoto, troviamo i rilievi del modello della superficie. L'ambiente, con questa tecnica di visualizzazione è ben rappresentato ma, come vedremo fra poco, lo stesso DOM, pur sembrando il modello migliore per rappresentare la realtà, possiede diversi limiti.

Le aree coperte da vegetazione infatti, sono ben rappresentate dall'ortofoto sovrapposta al DOM ma se si considerano gli alberi singolarmente, la forma degli stessi è poco realistica. Per quanto riguarda invece le aree urbane, sia che si considerino zone densamente edificate che edifici isolati, la rappresentazione non è perfetta.

Riassumendo, le zone ricche di vegetazione come quella descritta nell'Area 1 vengono realisticamente rappresentate dall'ortofoto sovrapposta al DOM; di contro questo modello fornisce uno scenario meno realistico se consideriamo aree densamente edificate e ricche di vegetazione sporadica (Area2 e Area3).

Per quanto riguarda invece la tecnica di visualizzazione che propone di sovrapporre la carta topografica al DEM, i risultati ottenuti suggeriscono considerazioni diverse rispetto a quelle nate fino ad ora. Come si può osservare nell'immagine 6.20, la sovrapposizione della carta sul DOM comporta una deformazione dei toponimi fino a rendere la carta stessa poco leggibile. Di contro se si fa combaciare la carta con il DTM_AV (immagine 6.19) si può notare il vantaggio di avere le irregolarità del terreno ben in rilievo e i toponimi non deformati.

Quest'ultima tecnica presa in esame suggerisce quindi che, contariamente alle considerazioni fatte fin ad ora per il caso dell'ortofoto, la leggibilità di una carta topografia è valorizzata dai rilievi del modello del terreno (DTM_AV) ma non da quelli del modello della superficie (DOM).

7.2 Difficoltà incontrate

Come tutti i lavori, anche questo non è stato esentato dall'incontrare difficoltà.

La prima riguarda la notevole quantità di dati da gestire che ha causato, in questo caso, una riduzione della risoluzione ed un ragguardevole aumento della lentezza di ArcScene, nel passaggio dei dati da ArcMap ad ArcScene.

Questo problema ha portato a dover ridurre notevolmente l'area di lavoro

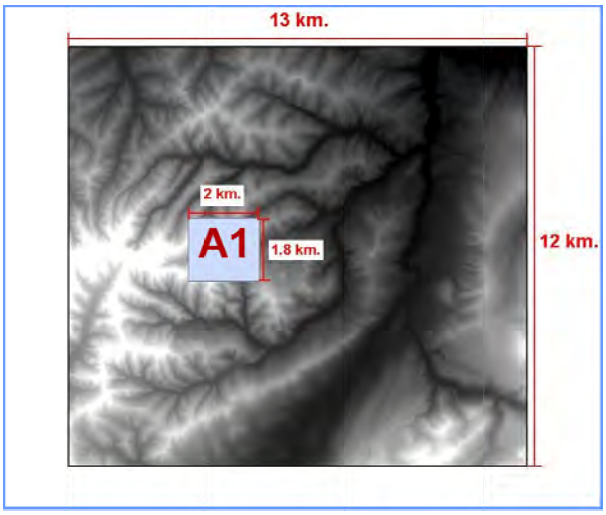
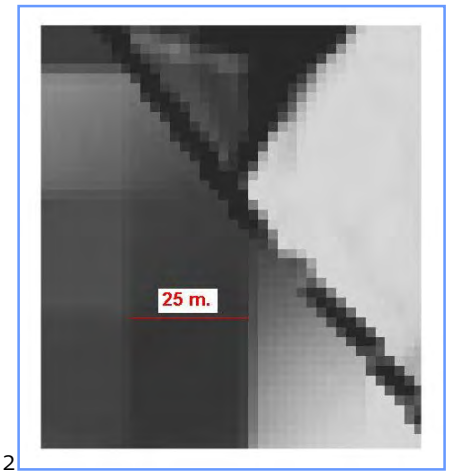


Immagine 7.1: Area totale di lavoro (tav.1149-1169); In azzurro l'Area 1

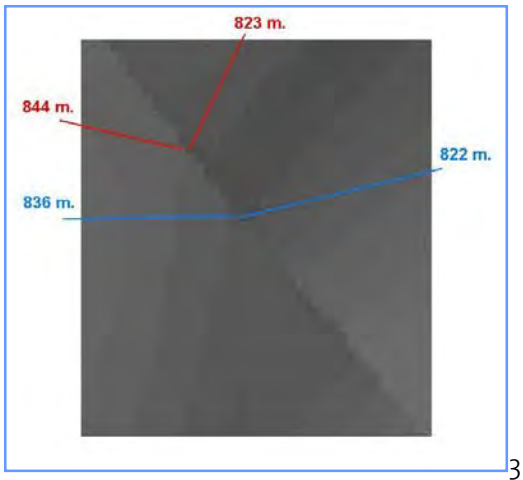
Il secondo problema affrontato riguarda la possibilità di riscontrare delle irregolarità nei dati d'origine.

L'immagine 7.3 mostra una porzione di territorio nella quale sono stati riscontrati degli errori. L'immagine 7.2 (hillshade) descrive la stessa sezione di territorio visualizzata nella 7.3 ma rende maggiormente evidente l'imprecisione. Nella foto 7.2 è, infatti, piuttosto palese una linea trasversale che divide l'area in due parti. La destra della retta mostra la parte di territorio descritta dal DTM_AV, di contro la parte sinistra descrive invece l'area con il DHM25.

Questo inconveniente suggerisce una considerazione importante che interessa le tecniche di visualizzazione. Diverse modalità di rappresentazione dei dati, come l'hillshade, aiutano l'operatore nell'analisi dei dati e forniscono informazioni su eventuali errori che altrimenti sarebbero stati evidenziati con molta difficoltà.



2



3

Immagini 7.2-7.3:

7.2: hillshade DTM_AV porzione della tavola 1149-31

7.3: DTM_AV porzione della tavola 1149-31

7.3 Limiti dei DEM ad alta risoluzione

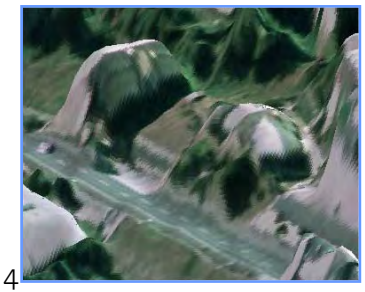
Come precedentemente accennato nel paragrafo riguardante l'analisi dei risultati, i modelli digitali del terreno ad alta risoluzione (DTM_AV e DOM) non sono esenti dal possedere dei limiti.

Questo argomento é infatti uno degli obiettivi posti dalla presente ricerca.

Il limiti riscontrati possono essere di diverso genere:

- Limiti di **risoluzione** : oggetti di poco superiori ai 2 metri non sono ben visualizzati.

- Limiti del DOM nell'**interpolazione** dei dati d'origine: questo argomento, accennato nel paragrafo 7.1, riguarda la rappresentazione tridimensionale, data dal DOM, di diversi tipi di oggetti. Le tipologie di oggetto rappresentate nelle immagini seguenti, a causa dell'operazione di interpolazione dei punti d'origine, sono poco realisticamente rappresentate.



4

5

Immagini 7.4-7.5: 7.4: *edifici*; 7.5: *ponti*

6

7

Immagini 7.6-7.7: 7.6: *alberi*; 7.7: *aree densamente edificate*

- Limiti **temporali**: La risoluzione così alta del DTM_AV e del DOM fornisce una rappresentazione del territorio notevolmente precisa e dettagliata; questo provoca continui cambiamenti nello scenario ambientale di conseguenza ciò che è la forza di queste tipologie di DEM potrebbe trasformarsi in un limite qualora i dati non vengano aggiornati frequentemente. Si pone quindi la necessità di dover programmare precisi piani di aggiornamento per poter continuare a sfruttare al meglio le potenzialità di questi modelli.

7.4 Prospettive future

Come ultimo step di questo lavoro ci si è posti come scopo quello di ipotizzare lo sviluppo di modelli 3D o possibili soluzioni alternative per risolvere, almeno in parte, i problemi creati dai limiti del DOM.

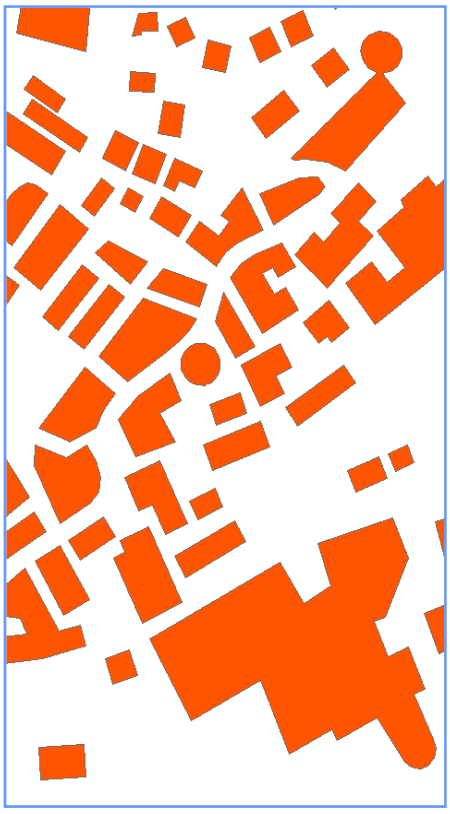
La proposta esposta qui di seguito rappresenta un tentativo di rappresentare le aree edificate utilizzando una fonte di informazione diversa rispetto al modello della superficie, dal momento che la visualizzazione degli edifici per mezzo del DOM crea le problematiche trattate nei paragrafi precedenti.

L'obiettivo di questo progetto è quello di utilizzare dati provenienti da diverse fonti di informazione (raster e vettoriali) per descrivere al meglio il territorio.

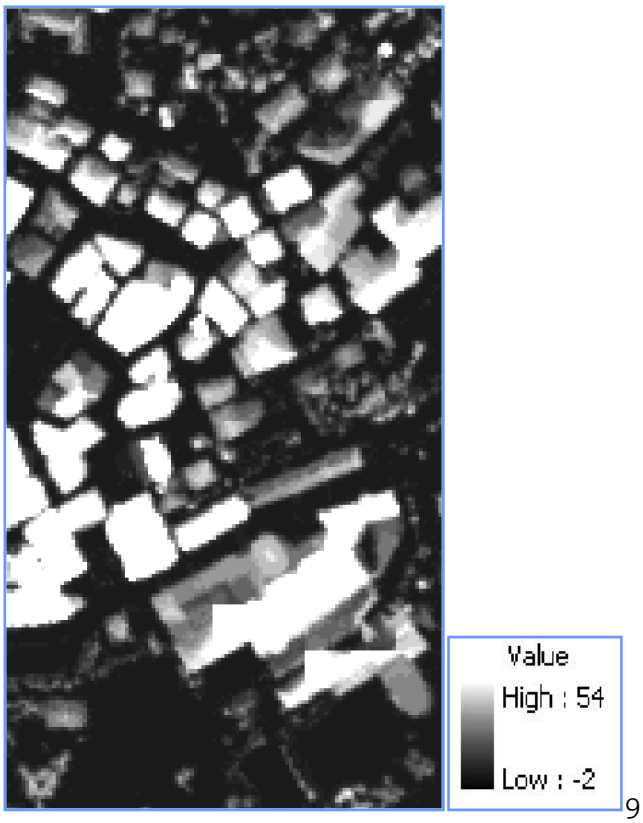
Nel caso specifico le fonti di informazione a disposizione sono:

- Il DOM per ottenere l'altezza degli edifici
- I dati vettoriali per ottenere i poligoni che rappresentano gli edifici dell'area in esame.

L'idea di base di questa proposta è quella di ottenere l'altezza degli edifici calcolando la differenza tra DOM e DTM_AV.



8



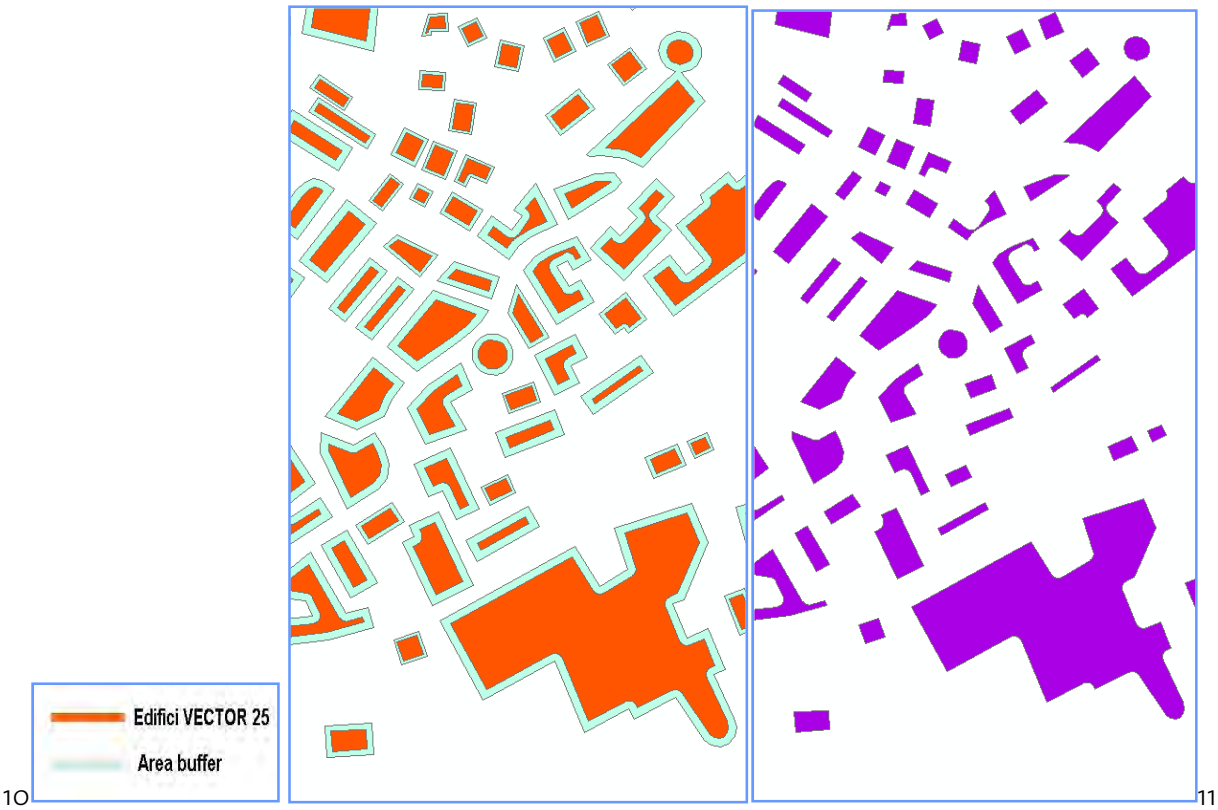
9

Immagini 7.8-7.9:porzione di St.Moritz

7.8: dati vettoriali che descrivono l'edificato

7.9: raster che descrive la differenza tra DOM e DTM_AV

Prima di passare a creare una relazione fra i dati raster e vettoriali si è provveduto alla creazione di un'area di buffer intorno ad ogni fabbricato, di ampiezza variabile a seconda della grandezza dell'edificio, per eliminare qualsiasi presenza di punti esterni ai palazzi che potessero disturbare il reale calcolo dell'altezza.



10 11

Immagini 7.10-7.11:

7.10: Area di buffer intorno agli edifici

7.11: Edifici privati dell'area di buffer

Successivamente, mediante una specifica funzione di ArcGis denominata *Zonal Statistic as Table* che permette di selezionere le celle del raster della differenza tra i due DEM che cadono all'interno dei poligoni che rappresentano l'edificato, è possibile associare ogni poligono ai dati riguardanti le altezze.

All'interno di ogni poligono le celle non hanno però lo stesso valore di altezza. A questo punto è necessario attuare una scelta tra le diverse analisi statistiche che si possono utilizzare per dare ad ogni poligono un unico valore di elevazione.

Le opzioni possono essere molteplici a partire dal calcolo della media, per passare a quello del massimo o del minimo fino a quello, scelto per questo progetto, della mediana.

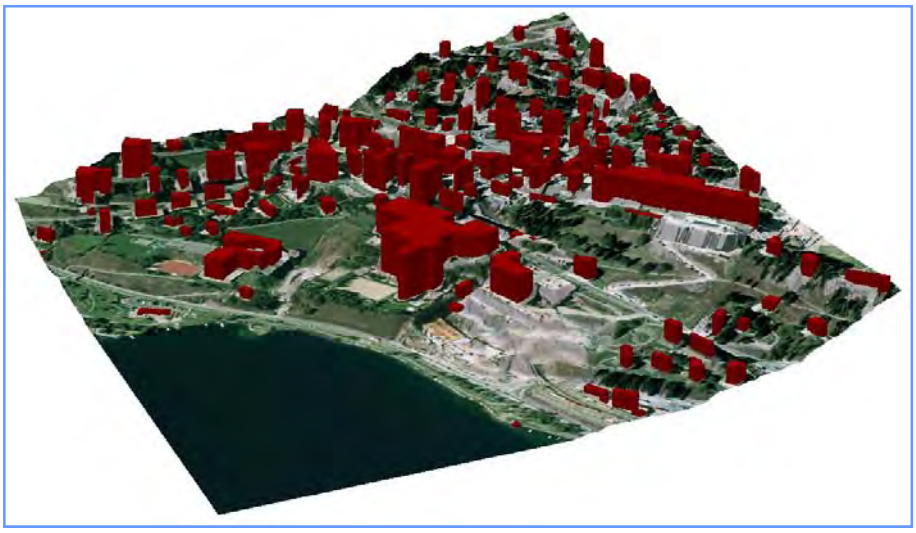


Immagine 7.12: sovrapposizione poligoni elevati, ortofoto e DTM_AV.

Come si evince dall'immagine 7.12 la rappresentazione degli edifici mediante questa tecnica potrebbe rivelarsi una buona soluzione per arginare il problema dell'interpolazione dei dati.

Naturalmente questo progetto è una prima ipotesi che sarà soggetta a future modifiche che interesseranno soprattutto il calcolo dell'altezza degli edifici. Diversi fabbricati di grandi dimensioni, per esempio, che nella realtà sono composti da più edifici, in questo modo assumono un'unica altezza. Una soluzione a questo problema potrebbe essere quella di scomporre tali edifici in più parti in modo da associare ad essi diverse altezze e rappresentarli realisticamente.

7.5 Conclusioni

Da questa ricerca emerge che le nuove tecniche *Lidar* offrono delle notevoli opportunità sia sotto l'aspetto dell'analisi che sotto quello della visualizzazione tridimensionale e ci si aspetta che in futuro si abbiano dati ancora migliori sia in precisione altimetrica e planimetrica che in risoluzione.

Tuttavia è emerso anche che un grosso limite, al pieno utilizzo dei modelli ad alta risoluzione, è la naturale forma degli oggetti che non permette ancora, a causa di diverse problematiche, una rappresentazione totalmente realistica degli stessi.

Possibili idee alternative, come quella proposta in questo lavoro o come per esempio il catasto tridimensionale, possono offrire soluzioni soddisfacenti, per oggetti specifici, utilizzabili nell'analisi e nella visualizzazione del territorio.

È auspicabile un aumento della potenza di calcolo e della capacità dei software per sfruttare a pieno i dati a disposizione, lo sviluppo di algoritmi e metodi di analisi per la validazione di quantità sempre maggiori di informazioni *Lidar* e l'aggiornamento continuo dei dati.

Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

Effects of DEM Resolutions on Soil Erosion Prediction of RUSTLE model with VBA Calculation in ArcGis

Karika Kunta

Institute of Geodesy and Photogrammetry
ETHZ Hönggerberg

Effects of DEM Resolutions on Soil Erosion Prediction of RUSLE model with VBA Calculation in ArcGIS

Karika Kunta
GIS and Theory of Errors Group
ETH-Zürich, Switzerland

Aims

- Predicting annual soil loss in study area with VBA extension on ArcGIS platform
- Testing the sensitivity of different quality of GIS information which are Digital Elevation Model (DEM) 25 m and Lidar 2 m.

Background

Soil Erosion

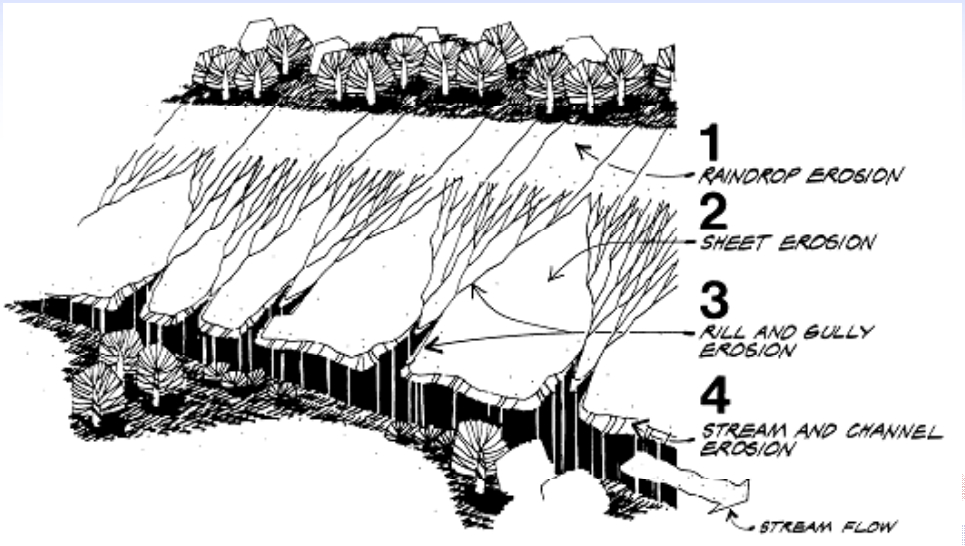
- Soil erosion is one of important environmental problems in the world.
- 75 billion tons of fertile soil lost annually around the world

Africa, Europe & Austalia :	5-10 tons/ha/y
North, Central & South America:	10-20tons/ha/y
Asia:	30 tons/ha/y

Reference Dr. Jennifer A. Schweitzer, School of Forestry, Northern Arizona University

Background

Soil Water Erosion Types



Reference: Illinois NRCS

Background

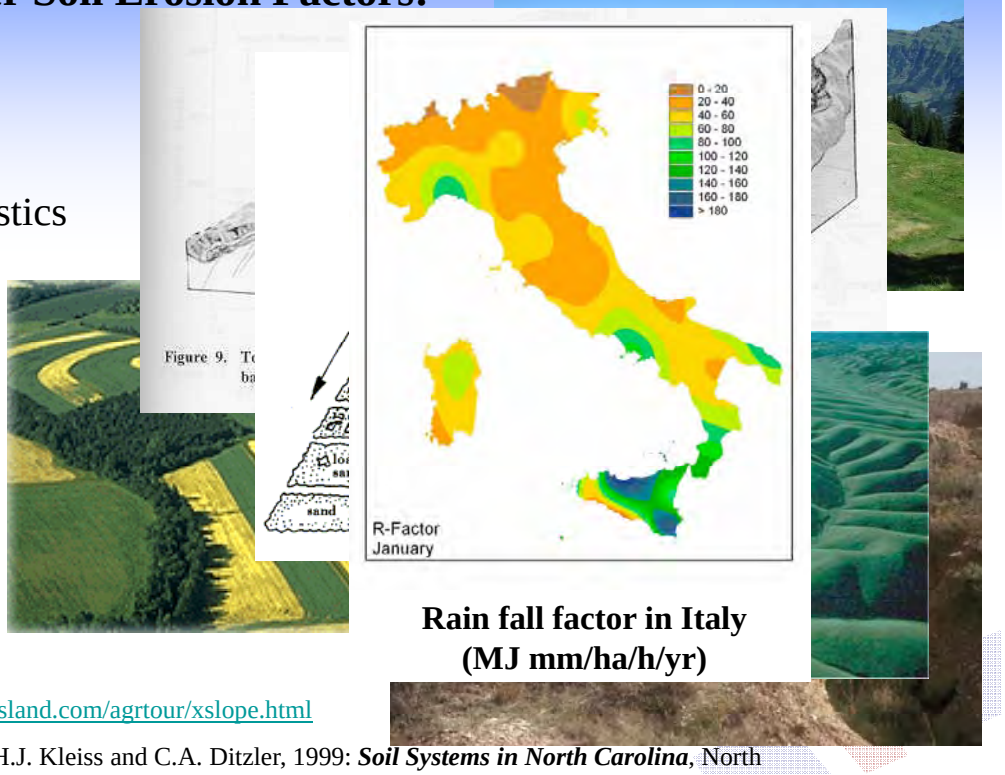
Principal Water Soil Erosion Factors:

1.Climate

2.Ground cover

3.Soil Characteristics

4.Topography



Rain fall factor in Italy (MJ mm/ha/h/yr)

Reference: http://www.peisland.com/agrtour/xslope.html

Daniels, R.B., S.W. Buol, H.J. Kleiss and C.A. Ditzler, 1999: ***Soil Systems in North Carolina***, North Carolina State University, Soil Science Department, Raleigh, NC.

Background

Revised Universal Soil Loss equation (RUSLE)

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

A : Annual soil los	(ton/ha/yr)
R : Rain fall factor	(MJ mm/ha/h/yr)
K : Soil Erodibility factor	(ton ha h/ha/MJ/mm)
L : Slope-length factor	(non dimensional)
S : Slope-steepness factor	(non dimensional)
C : Cover and management factor	(non dimensional)
P : Support practices factor	(non dimensional)

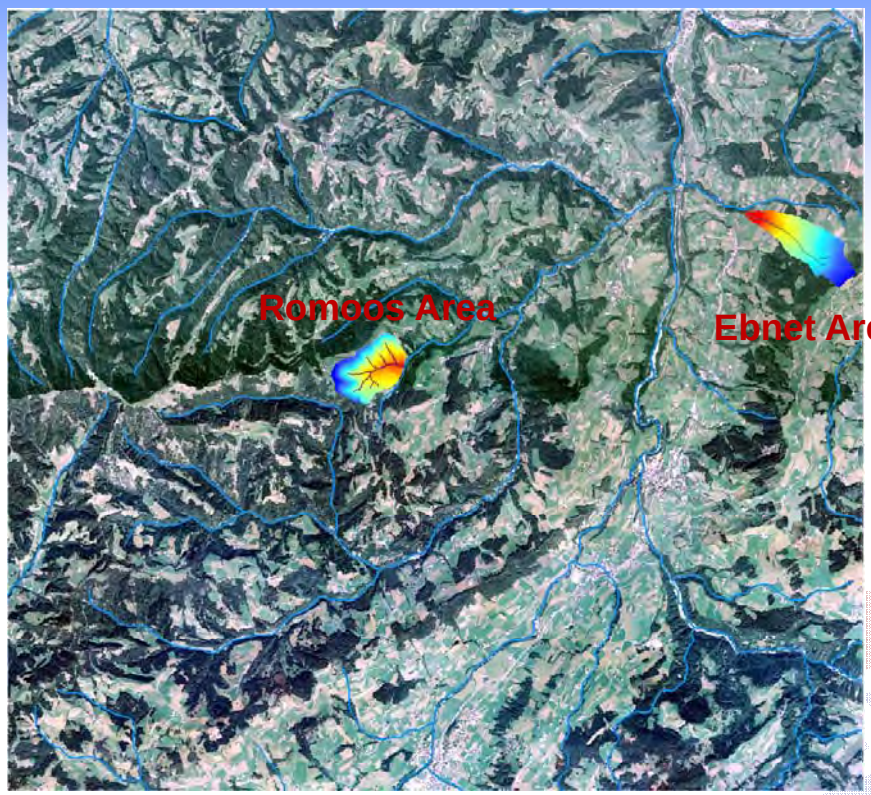
GIS and Soil Erosion, VBA

• Soil eorsion is spatial analysis, so Geographic Information System (GIS), which can analyse spatial data efficiently, can handle the relevant data easily and efficiently.

• In ArcGIS platform, there is extension which the user can write a program and get it as extension in ArcGIS platform. The extension in ArcGIS is written in Visual Basic Application (VBA) focusing on slope length calculation.

Study Area

Study Area



Materials

Digital Elevation Model (DEM)

1. DEM 25 m

The digital height model DHM25 is a data set representing the three dimensional from of the earth‘s surface. It is derived from hieght information of 1: 25 000 Swiss national map.

2. DTM-AV-GRID 2 m

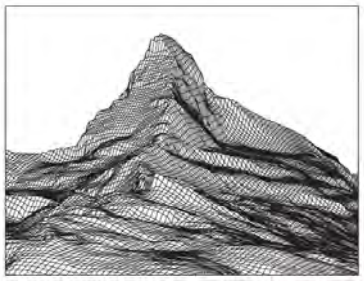
- The DTM-AV consists of a digital terrain model (surface of the ground without vegetation and buildings) obtained in a direct way with points isolated on all the area considered.
- The method of capture employed is the airborne lasesrcanning.

DHM 25

The digital height model DHM25 is a data set representing the three dimensional from of the earth‘s surface.

DHM 25 forms?
DHM 25 for?
Accuracy of DHM?

DEM 25 basis model



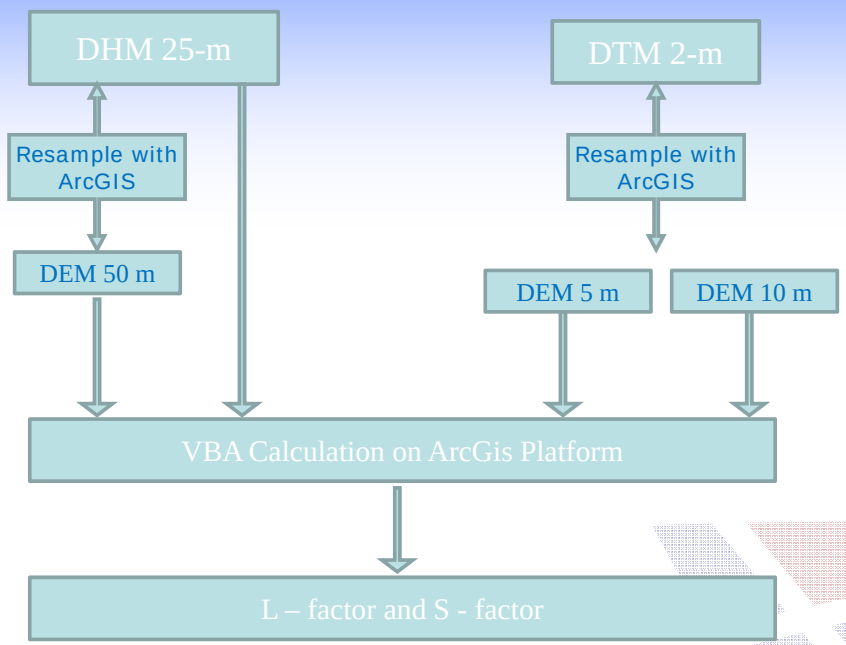
DEM 25 matrix model

Reference Product information: Digital Height Model DHM 25, Federal Office of Topography, Switzerland

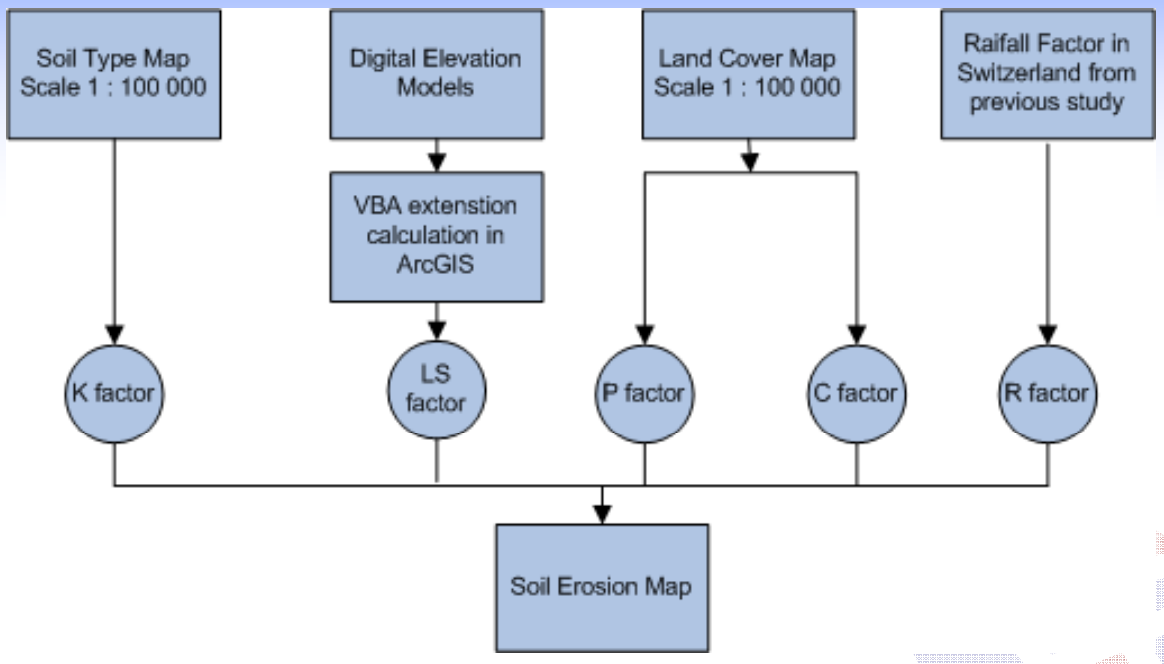
DTM-AV-GRID

- The DTM-AV consists of a digital terrain model (surface of the ground without vegetation and buildings) obtained in a direct way with points isolated on all the area considered.
- The method of capture employed is the airborne lasesrcanning.
- The altimetry precision (simple standard deviation) of the terrain model on an unspecified site is better than ± 0.5 m. The density of point is approximately 1 point by 2 m2 in open areas.
- For high-precision modeling of the earth's surface below 2000 m

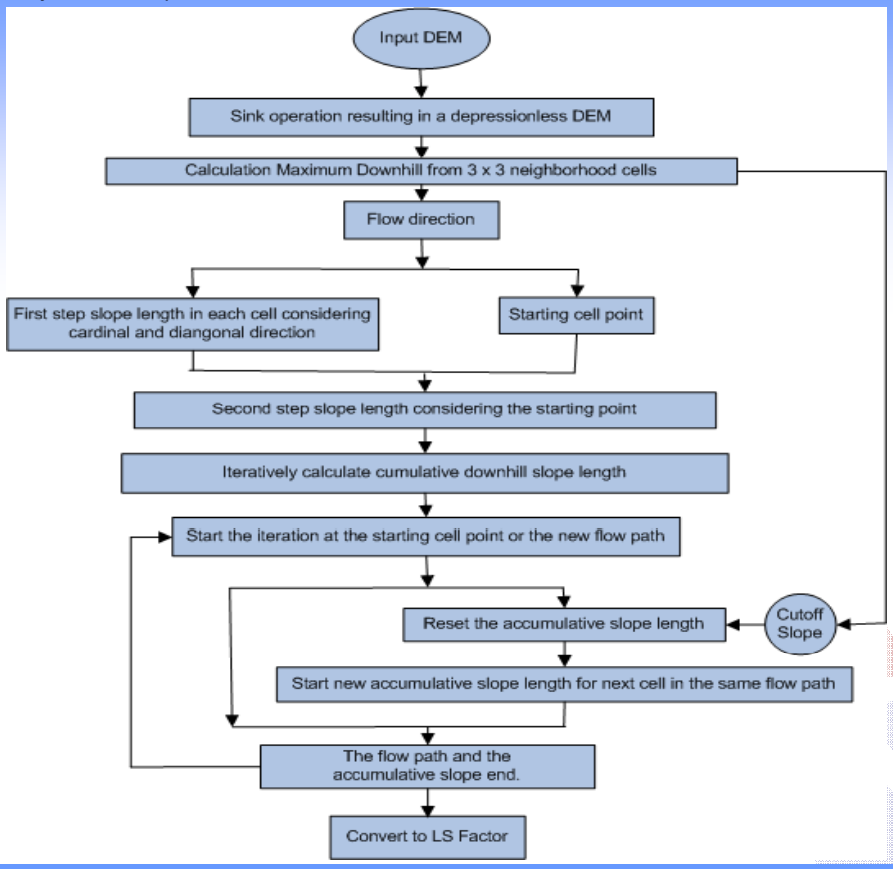
Obtaining L - and S - factor



Materials

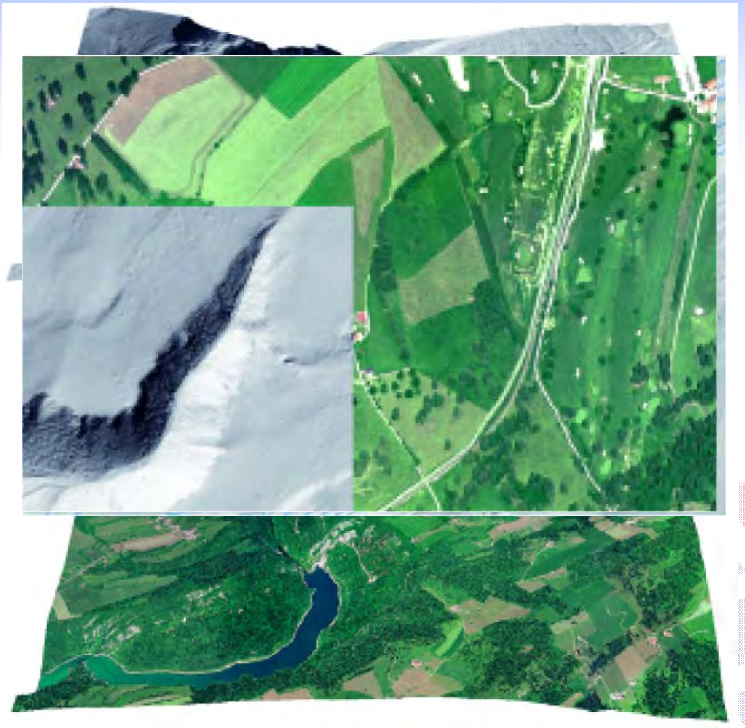


Schema of LS calculation



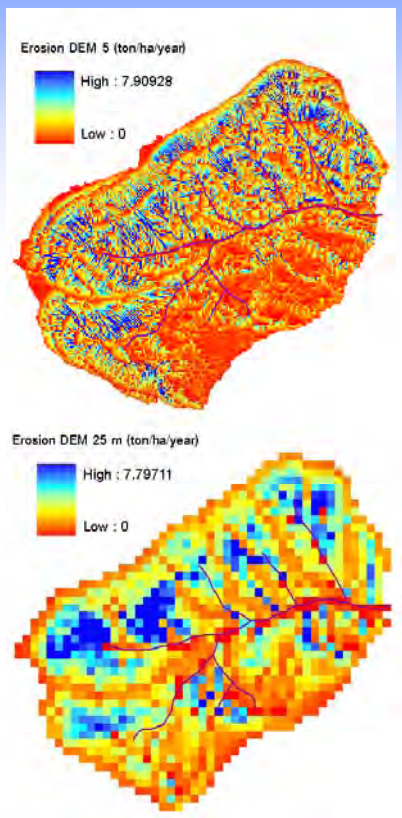
Materials

Application of DTM-AV-GRID



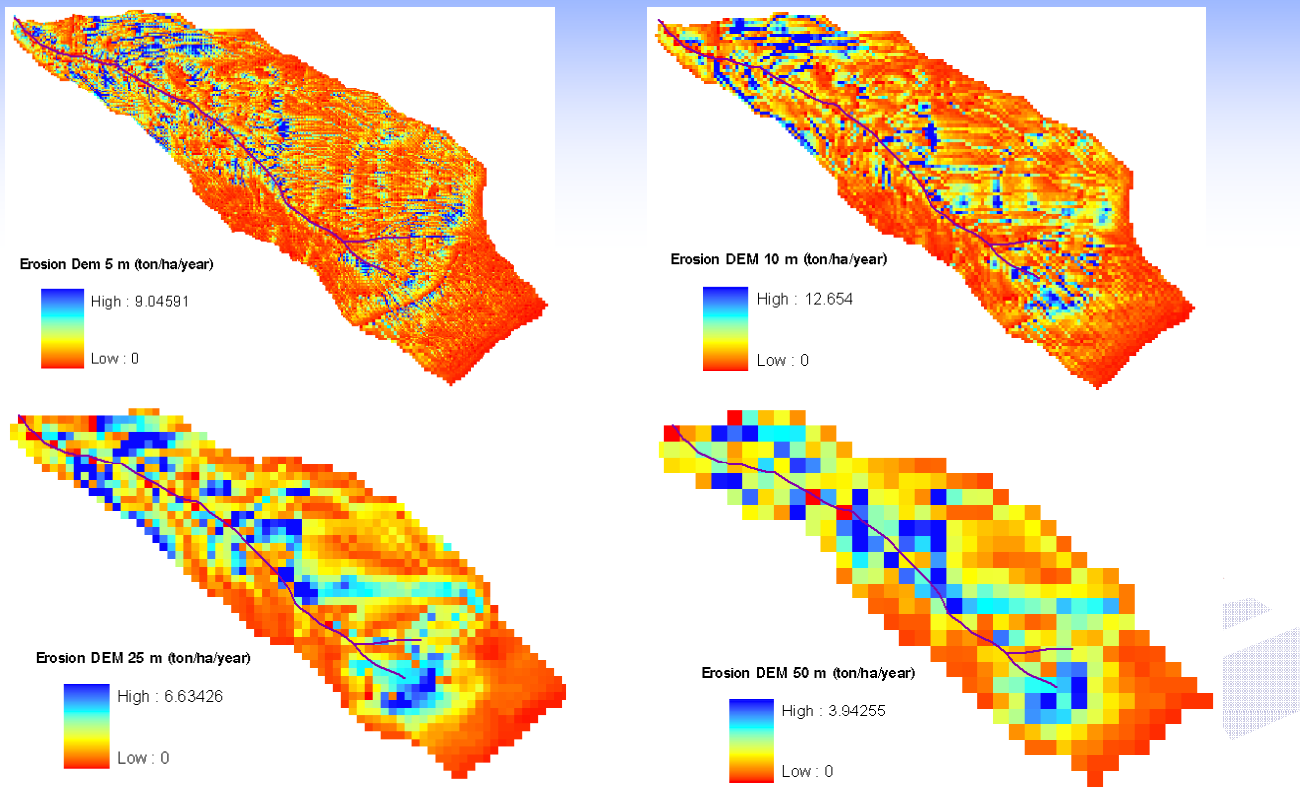
Results

Comparison of Soil Erosion in Romoos Area



Results

Comparison of Soil Erosion in Ebnet Area



Results

Values		Ebnet Area				Romoos			
		5 m	10 m	25 m	50 m	5 m	10 m	25 m	50 m
Soil Erosion	max	9.046	12.650	6.634	3.945	7.909	10.040	7.797	6.523
(ton/ha/year)	mean	0.316	0.563	0.827	0.892	0.595	0.927	1.572	1.702
Slope Length	max	524.28	805.42	1027.29	1363.17	217.21	411.63	609.99	747.49
(dimensionless)	mean	33.44	95.94	176.76	213.91	16.55	33.73	81.44	113.79

Discussions

Result discussions

- **Soil Erosion Prediction**

  - Due to finer resolution DEM, the slope lengths are interrupted more following the sediment conditions. Therefore, mean values of slope lengths and soil erosion from coarser resolution DEM are bigger than the finer.

  - Highest maximum values of soil erosion from DEM10, they occur both in the point where the slope start to be flat from radically steep slopes.

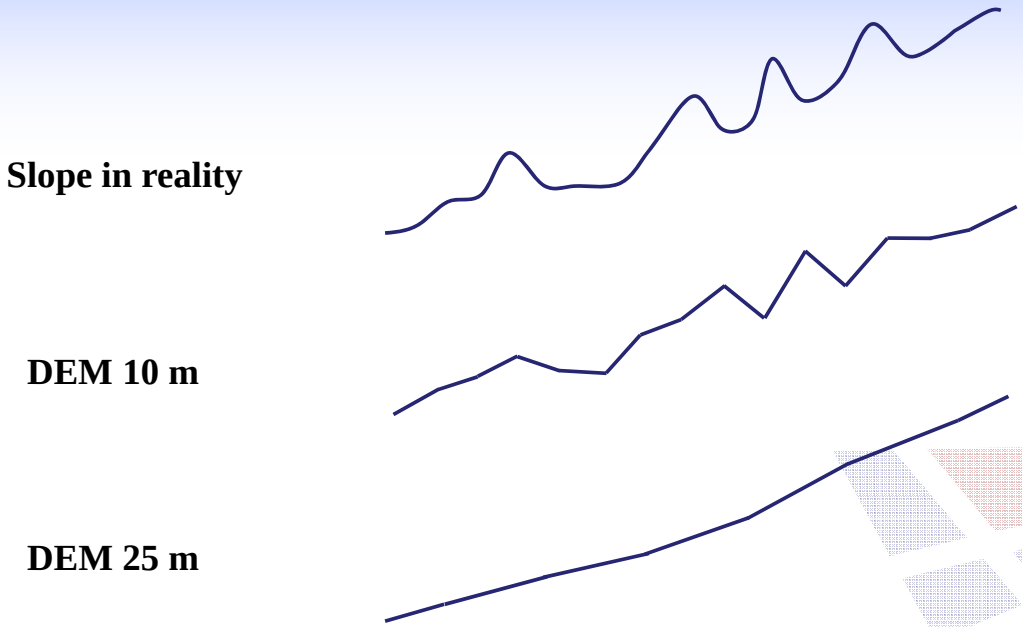
- **Channelisation of the river**

  - The finer DEM is significantly beneficial once the watershed network are more compromised. In the flat area, the coarse DEMs distribute similar results, but not in the uneven area.

- **Soil erosion and Slope**

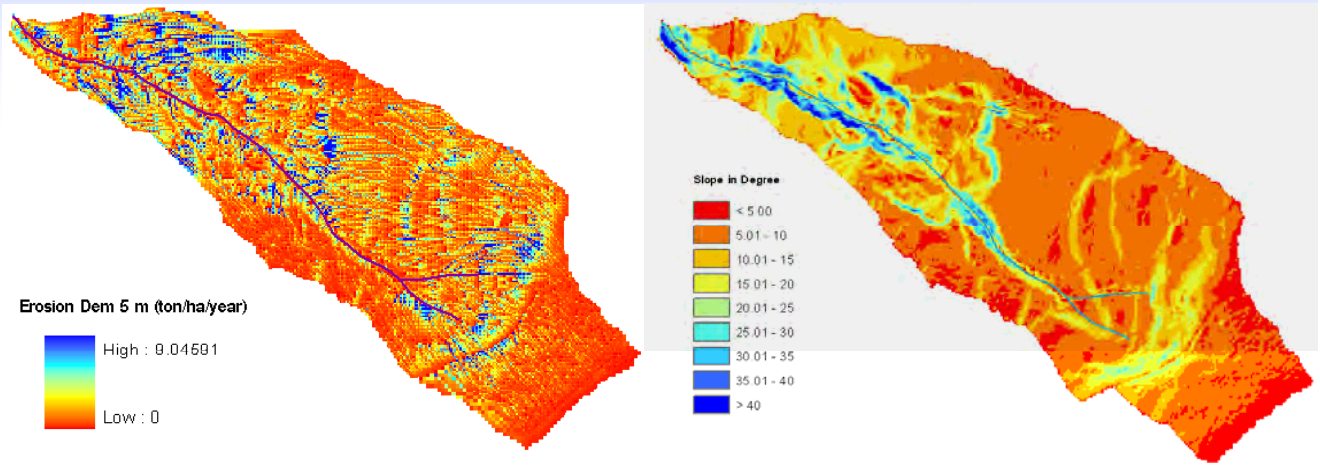
Discussions

Contour Lines of Uneven Slopes



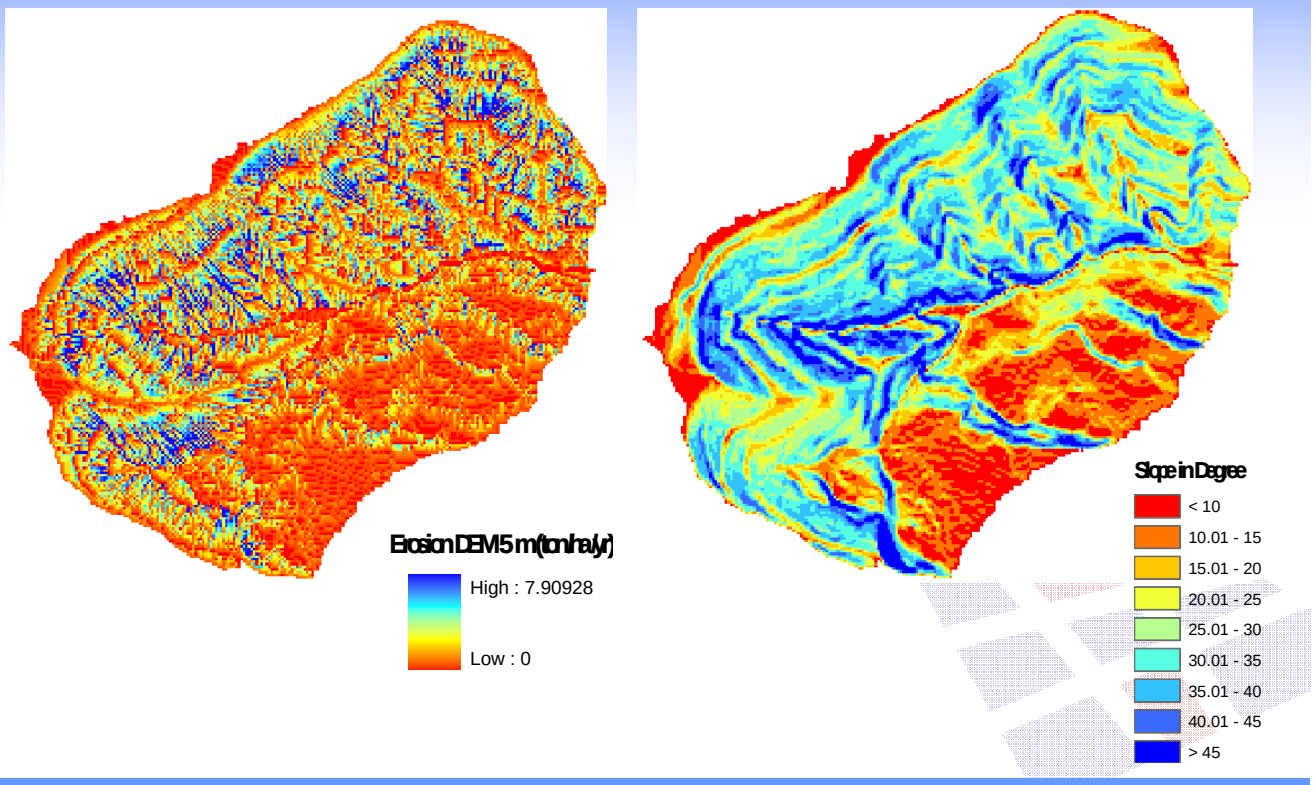
Results

DEM VS. Erosion



Results

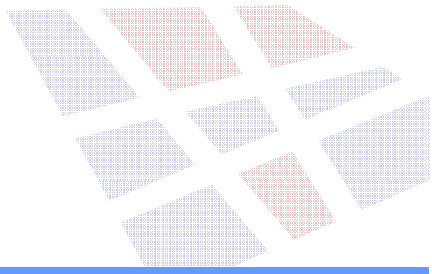
DEM VS. Erosion



Further Study

- The field study should be available to compare the results.
- The speed to calculate the program is seemingly slow. It would be better to improve the loop of the program to work more sufficiently.

Thank you for your attention.



Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

Modelli digitali del terreno senza frontiere: trasformazione di coordinate, sistemi di riferimento e reti di inquadramento

Andreas Schmid, Prof. Alessandro Carosio

Institute of Geodesy and Photogrammetry
ETHZ Hönggerberg

Dokumentation Koordinatentransformation

Andreas Schmid, 12. Juli 2007

1 Einleitung

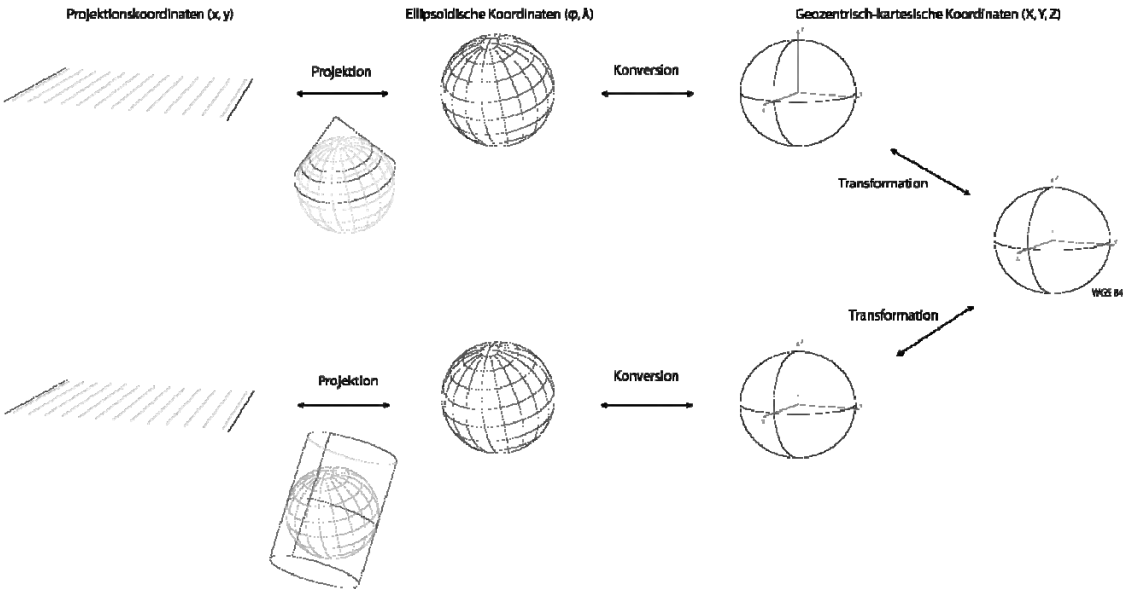
Mit der zunehmenden internationalen Vernetzung von Wirtschaft und Politik und mit dem Zusammenwachsen Europas wird das Bedürfnis nach grenzüberschreitenden Geodaten grösser. Weil aber die vor über hundert Jahren aufgebauten und heute noch gebräuchlichen Referenzsysteme jedes Staates je nach den konkreten Bedürfnissen unterschiedlich definiert wurden, sind sie untereinander meist nicht kompatibel. Hinzu kommt, dass die absolute Genauigkeit der damals bestimmten Fixpunkte meist nicht sehr hoch ist. Aus diesen Gründen werden für grenzüberschreitende Projekte oft separat neue Daten erhoben.

Um die internationale Verwendung der bestehenden Geodaten zu ermöglichen, können sie grundsätzlich gemäss den Definitionen der involvierten Referenzsysteme und Projektionen zwischen verschiedenen Referenzsystemen transformiert werden. Da aufgrund der oben erwähnten Genauigkeitsbeschränkungen die transformierten Koordinaten für bestimmte Anwendungen nicht genau genug sind, sind auch Methoden erforderlich, die die Transformation verfeinern.

2 Herkömmliche Transformationsmethode (Stufe 1)

2.1 Berechnung der transformierten Koordinaten

Die gängige Methode, Projektionskoordinaten zwischen verschiedenen Landeskoordinatensystemen zu transformieren, läuft folgendermassen ab: Die Projektionskoordinaten werden gemäss den Projektionsformeln und mit Kenntnis der Ellipsoidform und den ellipsoidischen Koordinaten des Ursprungs des Koordinatengitters in ellipsoidische Koordinaten rückprojiziert. Diese werden mit einer bekannten Formel weiter in geozentrisch-kartesische Koordinaten konvertiert, wozu die ellipsoidische Höhe des Punktes benötigt wird. Diese muss also mit angegeben werden (notfalls kann als Näherung auch die Orthometrische Höhe verwendet werden). Falls nur die Lage des Punktes von Interesse ist, erhalten die Punkte die Höhe 0. Diese Koordinaten werden mit einer 3D-Helemerttransformation mit sieben Parametern (Translation in drei Richtungen, Rotation um drei Achsen und Skalierung) vom Ausgangsdatum auf ein Universaldatum (z.B. ETRS89 oder WGS 84) transformiert. Von hier aus können mit der Umkehrung desselben Vorgehens die Koordinaten ins Zielkoordinatensystem transformiert werden. (Oder man projiziert die ETRS89-geodätischen Koordinaten ins UTM-System/TM.) (Stufe 1)



Die 3D-Helmerttranformation ist notwendig, weil die Referenzsysteme der verschiedenen Staaten auf unabhängig getroffenen Annahmen basieren (Dimensionen des Ellipsoids, Koordinaten des Fundamentalpunktes usw.) Da die Unterschiede zwischen den nationalen und globalen Datumsdefinitionen mit einer Beziehung zwischen den Ellipsoiden approximiert werden können, haben die meisten Länder die entsprechenden Transformationsparameter für eine 3D-Helmerttransformation bestimmt. Diese Parameter stellen z. T. die nationalen Vermessungsbehörden, die EPSG-Datenbank des Surveying & Positioning Committee der OGP (International Association of Oil & Gas Producers) (http://www. epsg.org) oder für Europäische Länder das Information and Service System for European Coordinate Reference Systems (CRS EU) (http://crs.bkg.bund.de/crs-eu) zur Verfügung.

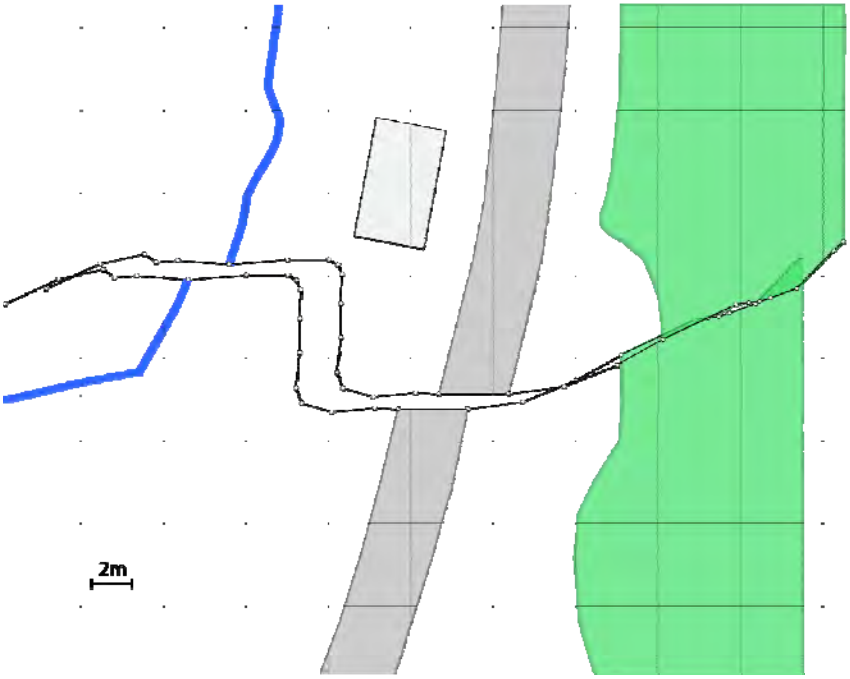
2.2 Limitierungen dieses Vorgehens

Das beschriebene Vorgehen bedingt, dass die Projektionsformeln und –konstanten, die Ellipsoiddimensionen und die Transformationsparameter für die 3D-Helmerttransformation für die involvierten Referenzsysteme verfügbar sind. Bei speziellen, selten verwendeten oder nicht mehr benutzten Referenzsystemen ist diese Methode unter Umständen nicht anwendbar.

Da die nationalen Referenzsysteme in Bezug auf Verzerrungen durch den Projektionsvorgang für die jeweiligen Länder optimiert wurden, kann eine Koordinatentransformation zu erheblichen Verzerrungen im transformierten Gebiet führen. Dieser Umstand muss bei der Transformation beachtet werden.

Die bei diesem Verfahren erreichbare Genauigkeit liegt bei einigen Metern. Sie hängt besonders von der Grösse der lokalen Verzerrungen ab, die ein bestimmter Referenzrahmen aufweist. Die heute gebräuchlichen Referenzrahmen, die noch ohne GPS-Messmethoden aufgebaut wurden, weisen Verzerrungen von einigen Metern auf.

Allerdings werden sie bei der Transformation teilweise korrigiert, da bei der Ermittlung der Parameter für die 3D-Helmerttransformation diese Verzerrungen eingeflossen sind.

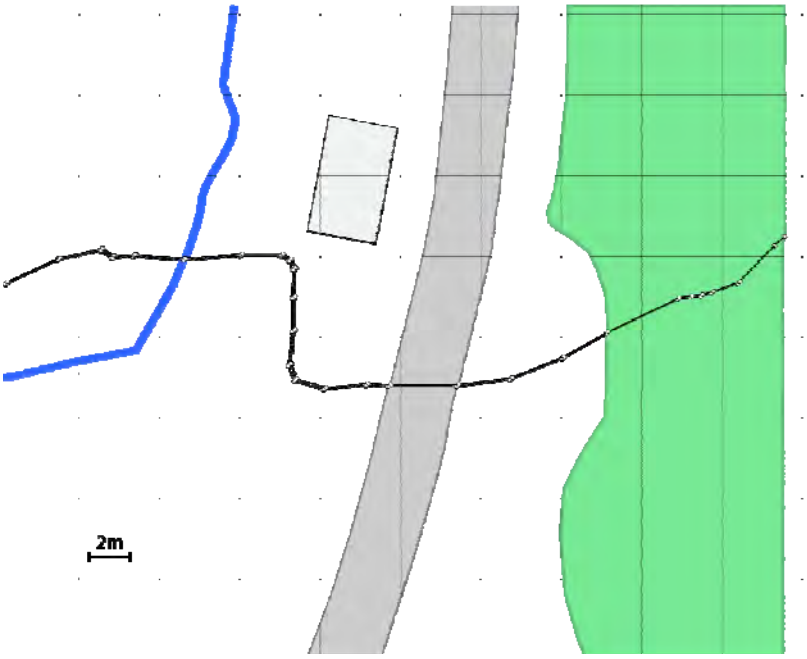


3 Verbesserung der Transformationsgenauigkeit

3.1 Stufe 2

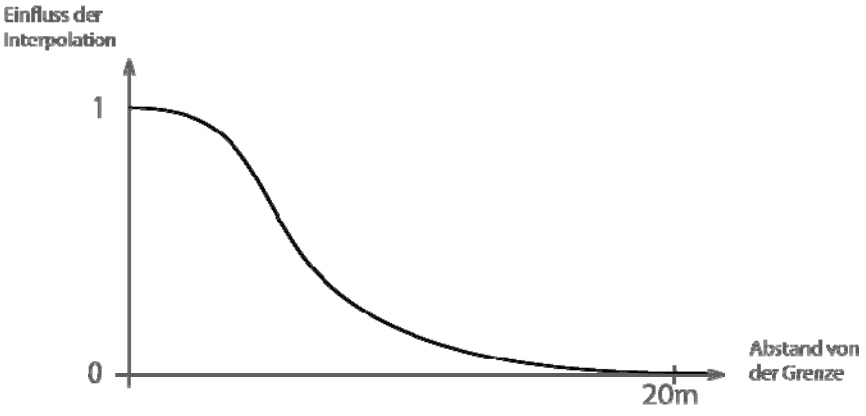
Für Anwendungen, die eine höhere Transformationsgenauigkeit erfordern, werden nach der Transformation gemäss Stufe 1 die Koordinaten mit Hilfe von geeigneten Passpunkten interpoliert. Damit die Interpolation möglich ist, ist meist eine vorgängige Transformation (z.B. Helmerttransformation) notwendig. Durch die Interpolation können die Auswirkungen der lokalen Verzerrungen reduziert werden. Die erreichbare Genauigkeit liegt bei diesem Vorgehen bei wenigen Dezimetern.

Diese Methode setzt voraus, dass geeignete Passpunkte, deren Koordinaten in den beiden beteiligten Koordinatensystemen bekannt sind, vorliegen. Meist wird man hier auf Grenzpunkte zurückgreifen.



Bei diesem Vorgehen stellt sich die Frage, ob alle möglichen Passpunkte verwendet werden sollen, oder nur diejenigen, die im Gebiet liegen, für welches man sich interessiert. Die erste Lösung scheint hier die bessere zu sein, denn wenn man immer alle Passpunkte (also z.B. alle im System verfügbaren Grenzpunkte der gesamten gemeinsamen Grenze zweier Staaten) verwendet, resultieren für ein bestimmtes Objekt jedes Mal die gleichen transformierten Koordinaten. Von einem bestimmten Punkt weit entfernt liegende Passpunkte haben dabei für diesen praktisch keinen Einfluss.

Unter Umständen werden weit von der Grenze entfernte, im Landesinneren liegende Punkte besser nicht interpoliert, da dort ja keine Passpunkte bekannt sind. Für diesen Fall ist ein geeignetes Modell erforderlich, das die Abnahme des Einflusses der Interpolation auf die Punkte in Abhängigkeit ihres Abstandes zur Grenze beschreibt. Der Benutzer soll hierbei die Möglichkeit haben, eine Distanz (z.B. 20 km)zu bestimmen, ab welcher die Interpolation keinen Einfluss mehr hat. Eine mögliche Abnahmefunktion ist in Abb. … dargestellt.



3.2 Stufe 3

Noch genauere Transformationsresultate kann man erreichen, wenn möglichst für beide beteiligten Länder bereits weitgehend verzerrungsfreie Koordinaten verfügbar sind, wie z.B. LV95-Koordinaten in der Schweiz oder IGM95-Koordinaten in Italien. So kann eine Genauigkeit von wenigen Zentimetern erreicht werden. Auch wenn keine solchen Koordinaten vorhanden sind, jedoch eine genaue Abbildungsvorschrift vom verzerrten in den praktisch verzerrungsfreien Referenzrahmen vorliegt (wie z.B. in der Schweiz im Programm FINELTRA umgesetzt), kann aus den verzerrten Koordinaten diese Genauigkeit erreicht werden.

Diese Methode setzt natürlich entweder bereits entzerrte Koordinaten oder ein Modell der lokalen Verzerrungen der Referenzrahmen der beteiligten Länder voraus. In einigen Europäischen Staaten sind solche im Entstehen oder bereits fertig definiert.

4 Stufe 0: Transformation nur mit Hilfe von Passpunkten

Wenn Transformationsparameter oder Details über die Projektion nicht verfügbar sind, kann mit einer Transformation nur mit Hilfe von Passpunkten das gewünschte Resultat erreicht werden. Zudem bietet sich diese Variante für kleinräumige Gebiete der Nähe von Staatsgrenzen an.

Dazu werden Punkte, die in beiden Landeskoordinatensystemen bekannt sind (z.B. Grenzpunkte), als Passpunkte für eine Helmert- oder Affintransformation verwendet. Mit einem Passpunktabstand von 1 bis 2 km kann eine Transformationsgenauigkeit von wenigen Zentimetern erwartet werden.

Allerdings ist diese Methode nur für grenzhahe Gebiete geeignet, da sich die lineare Verteilung der Passpunkte nicht für grossflächige Transformationen eignet. Unter Umständen ist dies jedoch die einzige praktikable Lösung, und die Verzerrungen in grösserem Abstand der Passpunkte werden akzeptiert.

5 Implementierung

5.1 Programm

5.1.1 Verfügbare Ressourcen

Das realisierte Koordinatentransformationsprogramm liegt im Verzeichnis „kootrsf Programm und Projekte“ als als *Java-Archiv* mit dem Namen kootrsf.jar vor. Das Programm führt die Transformation auf Stufe 1 aus. Eine weitere Version, kootrsf_complete.jar, enthält noch einiges mehr (z.B. Anfang eines LTOP-Filereaders), was aber vom Programm (noch) nicht verwendet wird. Im Unterverzeichnis Kootrsfneu ist das *eclipse-Projekt* (bzw. Rational-Software-Architect-Projekt) und im Unterverzeichnis KootrsfUMLneu das *Rational-Software-Architect-UML-Projekt*. Hier ist auch das *UML-Schema* als png-Bild vorhanden. Im Unterverzeichnis samples ist ein

Beispiel, wie das Programm aufgerufen werden kann, und eine Koordinatenquellen-Beispieldatei.

5.1.2 Aufruf des Programms

Das Programm wird z.B. mit

```
java -jar kootrsf.jar -d 3 -s 21781 -t 14149
679520.05,212273.44,0,600000,200000,0,602030.705,191775.063,897.3
714,722649.1400,87787.8400,1690.3127
```

aufgerufen. Dabei steht –d für die Dimension der Koordinaten (wenn es weggelassen wird, wird 2 angenommen), -s für den EPSG-Code (s. www.epsg.org) des Ausgangskoordinatensystems und –t für den EPSG-Code des Zielkoordinatensystems. Dann folgen die Koordinaten der Punkte, wobei die Werte einfach mit Komma getrennt aneinandergehängt werden, also z.B. x1,y1,z1,x2,y2,z2, usw. Alternativ kann hier eine Datei angegeben werden, in welcher die Koordinaten stehen. Eine solche Datei muss folgende Anforderungen erfüllen:

- Eine Zeile repräsentiert einen Punkt.
- Die Koordinatenwerte eines Punktes werden mit Komma (,) oder Leerschlag ( ) getrennt.
- Es können zusätzliche Felder (wie Punktnummer oder –name) am Ende der Zeile angehängt werden. Diese Felder müssen ebenfalls mit Komma oder Leerschlag getrennt sein. Sie werden zwar gelesen, aber nicht weiterverwendet.
- Zeilen, die mit dem Nummernzeichen (#) beginnen, warden als Kommentar interpretiert und deshalb nicht eingelesen.
- Der Dateiname dar keine Kommas enthalten.

Eine Datei könnte z.B. so aussehen:

```
# This is a sample text file
55120.67,5213792.91,2809.22,1,Naafkopf,,Bez. 1686.206
74164.87,5212243.36,2291.50,2,Auf den Platten,,id. 6152.247
-53886.21,5412858.69,,3,1,Barthumeljoch,
-55696.05,5215728.99,,4,1A,Leden,
53601.00,5232776.49,,5,2,Dreiegg,
# do not transform the following point:
#-59551.91,5112762.20,,6,2A,Barthumeljoch,
-33535.91,5317760.36,,7,3,Barthumeljoch,
```

Ein Beispiel einer solchen Datei ist im Unterverzeichnis samples. Nach den Koordinaten angehängte Zeichen in dieser Datei werden ignoriert. Die Werte können auch mit Leerschlägen voneinander getrennt werden.

Mit

`java –jar kootrsf.jar –h`

wird eine kurze Hilfe angezeigt, mit

`java –jar kootrsf.jar –l`

werden die Verfügbaren Koordinatensysteme aufgelistet.

Das Programm kann mit dem Aufruf

`java –jar kootrsf.jar`

im *interaktiven Modus* aufgerufen werden und fragt dann jeden Parameter und die Koordinaten einzeln ab. Hier ist auch eine kurze Hilfe verfügbar.

5.1.3 Verwendung als Bibliothek in einem anderen Projekt

Die Transformationsfunktionalität kann innerhalb eines anderen Softwareprojekts benutzt werden, indem die JAR-Datei ins Projekt eingebunden wird (in eclipse: Configure Build Path, Add external JARs, im Code `import org.ethz.gis.kootrsf.Kootrsf;`) und dann die Methode performCoordtransf(String sourceCrsCode, String targetCrsCode, int dimension, double[] ordinates) der Klasse Kootrsf aufgerufen wird. In der Variablen ordinates müssen dabei die Koordinaten der zu transformierenden Punkte sein, ähnlich wie beim Commandline-Aufruf. Es wird ein Array mit den transformierten Koordinaten zurückgegeben, oder `null`, wenn ein Fehler auftritt.

5.1.4 Ein- und Ausgabereihenfolge der Koordinaten und interne Verwaltung

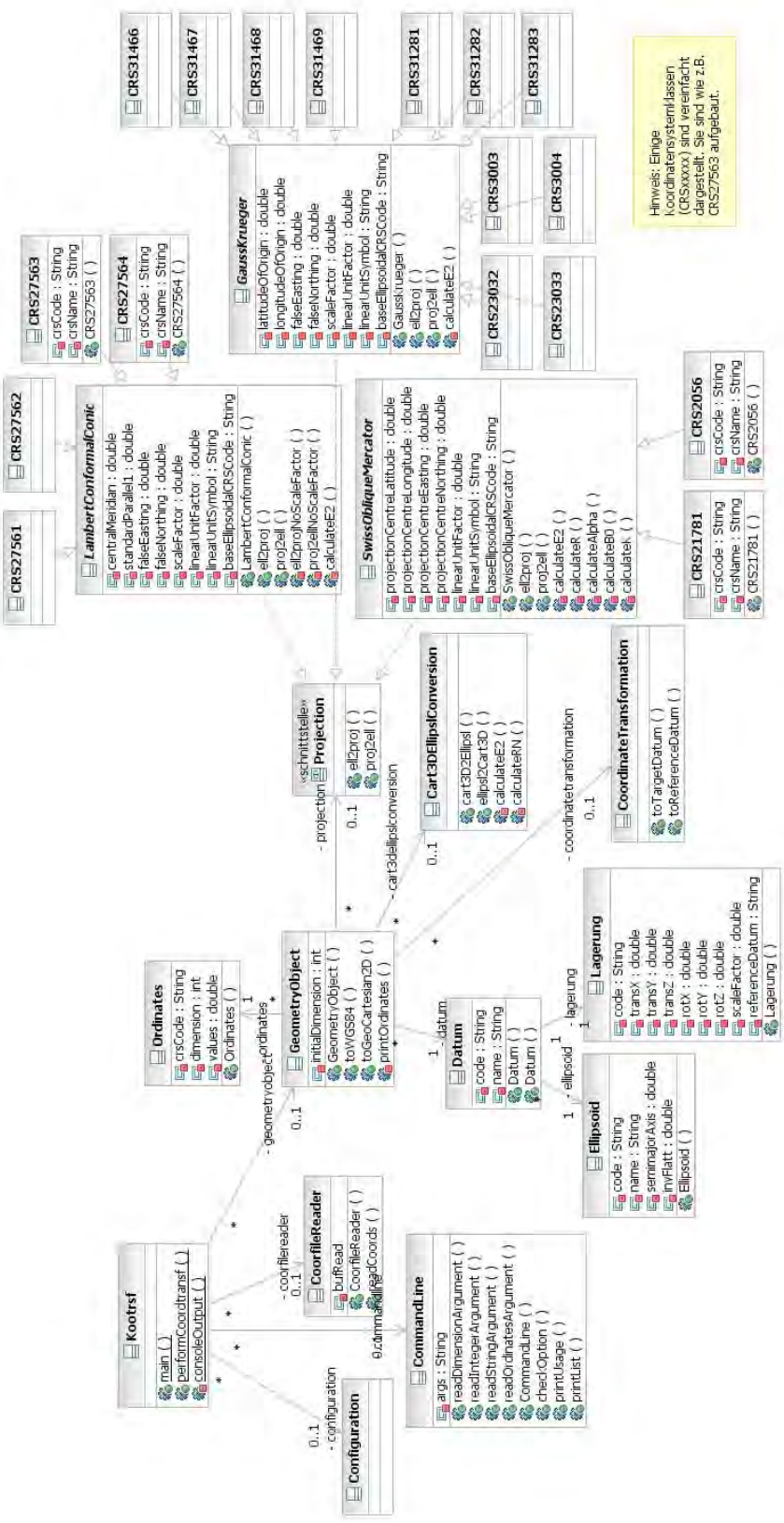
Kartesische Koordinaten: x, y, h (h immer ellipsoidische Höhe) oder x, y, z

x: Ostwert, y: Nordwert, h: ellipsoidische Höhe

Geographische Koordinaten: phi, lambda

phi: geographische Breite, lambda: geographische Länge

5.1.5 UML-Schema des Programms



5.2 Erweiterungen

Im Folgenden sind Erweiterungen aufgelistet, die zum Programm hinzugefügt werden könnten.

5.2.1 Implementierung der Stufen 2, 3 und 0

Für höhere Genauigkeiten können die Stufen 2 und 3 implementiert werden. Da die Stufe 1 jedoch bereits zufriedenstellende Genauigkeiten ergibt, wurde dies nicht weiterverfolgt. Auch die Stufe 0 könnte zusätzlich noch umgesetzt werden.

5.2.2 Performance

Damit Punkte nicht mehrmals transformiert werden, kann ein Cache realisiert werden, wo einmal transformierte Punkte zwischengespeichert werden können.

5.2.3 Komfort

Es kann für streifenbasierte Systeme eine Überprüfung eingebaut werden, in welchem Streifen die Koordinaten zu liegen kommen sollen. Gibt der Benutzer einen anderen Streifen an, soll ihm die Auswahl gegeben werden, in den theoretisch richtigen oder tatsächlich in denjenigen, den er angegeben hat, transformiert werden soll.

5.3 Einbettung in deegree

Im Web Feature Service deegree wird die Koordinatentransformation in der Methode

`org.deegree.io.datastore.sql.AbstractSQLDatastore.performQuery`

aufgerufen, d.h. konkret für Oracle in

`org.deegree.io.datastore.sql.oracle.OracleDatastore.transformResult(FeatureCollection,String)`

Hinweis: Javadoc (Kommentar) zur direkt darüberstehenden Methode transformQuery(Query) beachten. Dort steht, dass Datenbanken, die die geforderte Funktion selbst übernehmen können, den originalen Input zurückgeben sollen. Nun bleibt noch die Frage offen, wie die Transformation durch die Datenbank selbst unterbunden werden kann.

Die eigentliche Datenbankabfrage findet in

`org.deegree.io.datastore.sql.QueryHandler.PerformResultsQuery()`

statt, das SQL-Statement wird in

`org.deegree.io.datastore.sql.QueryHandler.buildInitialSelect(List)`

gebildet. Wenn man das Logfile anschaut oder das Programm debugt, wird man wohl das SQL-Statement ausfindig machen können. Wahrscheinlich steht im Statement das Zielkoordinatensystem, was unterbunden werden soll, wenn man die eigene Koordinatentransformationsfunktionalität benutzen möchte.

Weiter muss abgeklärt werden, wie die Koordinaten aus den resultierenden Objekten extrahiert (Composites, OGC-Koordinatentransformationsspezifikation) und nach der Tranformation wieder zugewiesen werden können.

6 Grundlagendaten über Koordinatenreferenzsysteme

EPSG Geodetic Parameter Dataset, Version 6.12, zu beziehen unter http://www.epsg.org/

CRS-EU, Information and Service System for European Coordinate Reference Systems, http://crs.bkg.bund.de/crs-eu/

Formeln und Konstanten für die Berechnung der Schweizerischen schiefachsigen Zylinderprojektion und der Transformation zwischen Koordinatensystemen, swisstopo, Wabern, 2006, zu beziehen unter http://www.swisstopo.ch/de/basics/geo/system/refsystem

7 Literatur

7.1 Allgemein

Jonathan Iliffe, Datums and Map Projections, Whittles Publishing, 2000

Skript: A. Elmiger, F. Chaperon, (B. Bürki), Physikalische Geodäsie und Landesvermessung, Band 1, IGP, ETH Zürich, 2001

CRS-EU, Information and Service System for European Coordinate Reference Systems, http://crs.bkg.bund.de/crs-eu/

7.2 Für Projektionsformeln usw.

Maarten Hooijberg, Practical Geodesy, Springer-Verlag, 1997

B. Hofmann-Wellenhof, G. Kienast, H. Lichtenegger, GPS in der Praxis, Springer-Verlag, 1994

CRS-EU, Information and Service System for European Coordinate Reference Systems, http://crs.bkg.bund.de/crs-eu/

OGP Surveying & Positioning Committee, http://www.epsg.org/

OPG Surveying and Positioning Guidance Note number 7, part 2, Coordinate Conversions and Transformations including Formulas, February 2007, zu beziehen unter http://www.epsg.org

(Erik W. Grafarend, Friedrich W. Krumm, Map Projections, Springer-Verlag, 2006)

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Modelli digitali del terreno senza frontiere

Trasformazione di coordinate

Sistemi di riferimento e reti d'inquadramento

Andreas Schmid

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Tematica e motivazione

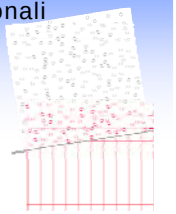
Progetti che superano i confini nazionali richiedono dati geografici omogenei di un comprensorio internazionale.

I dati altimetrici ottenuti mediante laser-scanning non fanno eccezione. Possono essere ottenuti nei corrispondenti sistemi nazionali e devono essere poi trasformati in un sistema omogeneo.

Esempi: Visualizzazioni tridimensionali di zone di frontiera.
Progetti dell'infrastruttura dei trasporti, ecc.

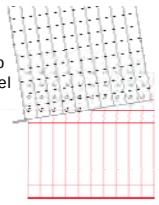
Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Integrazione di DTM (LIDAR) nazionali



Procedimento

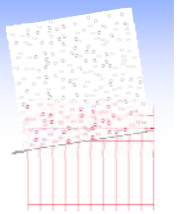
- Calcolo delle quote di un DTM nel sistema altimetrico dell'altro mediante addizione di una costante da determinare.
- Se i dati da trasformare sono i dati LIDAR originali si trasformano le coordinate planimetriche di ogni punto nelle coordinate planimetriche corrispondenti dell'altro sistema. Si ottengono così dati LIDAR equivalenti nell'altro sistema.
- Se nel sistema richiesto si preferisce un DTM a reticolo regolare si esegue la trasformatione inversa. Le coordinate di tutti i punti del reticolo desiderato sono trasformati nel sisema di partenza. Le loro quote vengono interpolate dai punti vicini con il metodo disponibile in quel sistema (p.es. lineare con TIN, bilineare in reticoli ecc)



Se la densità dei punti è elevata la precisione richiesta per la trasformazione planimetrica è pure elevata

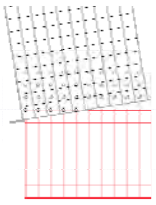
Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

La trasformazione di coordinate planimetriche da un sistema nazionale ad un altro



Cosa significa? Come si fa?

- Si dovrebbe dire trasformazione di coordinate planimetriche da una rete di inquadramento nazionale ad un altra
- La trasformazione può essere eseguita solo approssimativamente. Dunque il metodo dipende dalle esigenze di precisione.



Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

La trasformazione di coordinate planimetriche da una rete d'inquadramento nazionale ad un' altra
Livelli di precisione

Livello 1:

- Le coordinate nella rete di partenza sono colcolate all'inverso sul proprio elissoide (latitudine e longitudine)
- Transformatione delle coordinate del primo ellissoide sull'ellissoide obiettivo.(Traslazione, roto-traslazione.
- Calcolo delle coordinate nel sistema di proiezione desiderato.

Si usano le formule delle proiezioni, le relazioni tra gli elissoidi (dimensioni, relazioni con un sistema internazionale comune come WGS84 ecc.)

Livello 2:

Livello 1, combinato con trasformazioni e interpolazioni locali nella zona di frontiera.

Livello 3:

Come al livello 1, ma con l'eliminazione delle distorsioni mediante un nuovo sistema di riferimento satellitare (IGM95, MN95)

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

La trasformazione di coordinate planimetriche da una rete d'inquadramento nazionale ad un' altra
Livelli di precisione

Alternativa per situazioni difficili

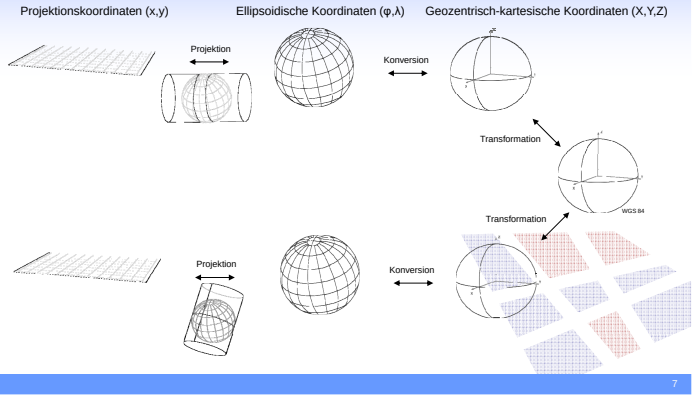
Livello 0:

Trasformazione e interpolazione diretta da proiezione planimetrica a proiezione planimetrica se non si dispone delle funzioni di proiezione ma solo di punti identici nei due sistemi.

Si tratta di una soluzione di emergenza precisa solo per territori di estensione limitata.

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Livello 1: Esempio

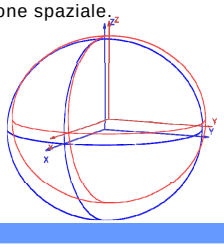


Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Livello 1: Trasformazione di Helmert 3D

La trasformazione è necessaria, perché i sistemi di riferimento sono realizzati (rete d'inquadramento) in base a ipotesi indipendenti (dimensione dell'elissoide, coordinate del punto fondamentale ecc,)

Siccome le differenze tra sistemi nazionali e sistemi globali (per es. WGS 84, ETRS89) possono essere approssimati da una relazione tra i due elissoidi, la maggior parte die paesi ha determinato i parametri di trasformazione relativi per una trasformazione di Helmert 3D o per una traslazione spaziale.



Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Livello 1: Trasformazione di Helmert 3D

Trasformazione di Helmert 3D (3 traslationi, 3 rotazioni, 1 fattore di scala)

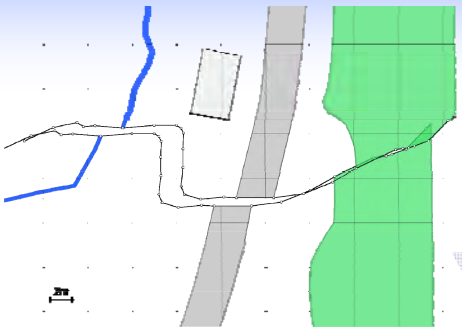
Informazioni sui parametri si ottengono

- Dagli istituti geografici nazionali
- Per l' Europa: Information and Service System for European Coordinate Reference Systems (CRS EU): *http://crs.bkg.bund.de/crs-eu*
- A livello mondiale: Banca dati dell'EPSG Surveying & Positioning Committee dell' OGP (International Association of Oil & Gas Producers): *http://www. epsg.org*

Precisione raggiungibile qualche metro.

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Livello 1: Esempio



Ragioni delle imprecisioni: distorsioni locali della rete d'inquadramento

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Livello 2: Estensione del Livello 1

Estensione del livello 1 mediante una trasformazione e un'interpolazione basata sulle differenze di coordinate residue per punti disponibili nei due sistemi (per esempio lista dei punti di confine) in modo da compensare localmente le distorsioni.

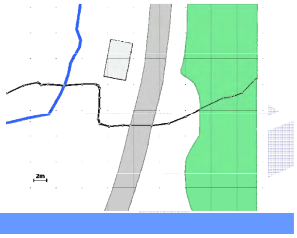
In base alle esigenze occorre sceglire il modello d'interpolazione in modo opportuno. L'influenza die punti di raccordo può essere limitata in base alla distanza ecc.

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Livello 2: Procedimento

- Trasformazione delle coordinate come al livello 1
- Determinazione dei parametri di una trasformazione di Helmert (o affine o altra ancora) mediante la lista dei punti d'appoggio dopo la prima trasformazione.
- Esecuzione della trasformazione per tutti i punti.
- Eliminazione degli scarti residui per i punti conosciuti nei due sistemi e interpolazione degli scarti per gli altri punti da trasformare.

Precisione raggiungibile :
La precisione dei punti d'appoggio.
Per i punti di confine da uno
a qualche decimetro.



Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

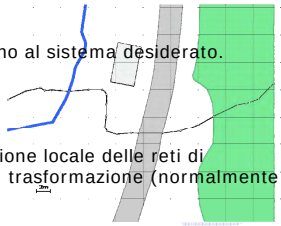
Livello 3: con una rete di inquadramento senza distorsioni

- Se le coordinate planimetriche sono già senza distorsioni (p. es. nelle reti MN95, IGM95), si procede come al livello 1 raggiungendo una precisione di qualche centimetro se i parametri di trasformazione sono disponibili per queste reti di inquadramento.
- Se le coordinate planimetriche sono nelle reti di inquadramento attruali (p. es. MN03) e si dispone di un metodo di trasformazione in un sistema senza distorsioni sufficientemente preciso (per la Svizzera ad esempio MN03 → MN95 mediante FINELTRA), si calcolano le coordinate senza distorsioni, si trasformano nell altro sistema corrispondente senza distorsioni (come al livello 1) e si continua poi in modo analogo fino al sistema desiderato.
  (p.es. MN03 → MN95 → IGM95 → Roma40)
- A questi livelli di precisione occorre tener conto die movimenti tettonici.

Gruppe GIS und Fehlertheorie
GIS and Theory of Errors Group

Livello 3: Procedimento

- Si calcolano le coordinate senza distorsioni nel sistema di partenza (p.es. MN03 → MN95)
- si trasformano nell'altro sistema corrispondente senza distorsioni del paese limitrofo. Trasformazione livello 1 con i relativi parametri.
  (p.es. MN95 → IGM95)
- si continua poi in modo analogo fino al sistema desiderato.
  (p.es. IGM95 → Roma40)



Precisione raggiungibile : la precisione locale delle reti di inquadramento, o dei parametri di trasformazione (normalmente qualche cm)

Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

Laboratoire de SIG de l'EPFL (LASIG): courte présentation des projets en relation avec le LIDAR et les modèles numériques de terrain à très haute résolution

Prof. François Golay

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
EPFL

Secunda riunione del
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione
Termoli – 10/11.7.2007

Laboratoire de SIG de l'EPFL (LASIG) : courte présentation des projets en relation avec le LIDAR et les modèles numériques de terrain à très haute résolution

François Golay
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
francois.golay@epfl.ch

Aims of Research at LASIG

Research at LASIG aims at
developing methodologies to make use of both qualitative and quantitative dimensions of geospatial information

Quantitative modelling and analysis : spatial analysis, geostatistics, …

Use of geoinfo for regional planning and development

GIS design methodologies

Qualitative perception of space
Organizational impacts of GIS

LASIG's research directions

The GIS Lab focuses on improving the value and empowering the users of geographic information, for environmental and land management purposes as well as for related research activities.

It also contributes to developing GIS analysis and design methodologies.

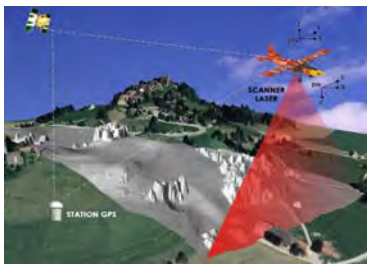
Its research activities are related to :

- spatial decision support systems
- geographic data infrastructures and information sharing
- promoting and assessing the value and usability of GIS
- exploratory spatial analysis and visualization of geographic information (esp. on the basis of spatial and aerial imagery)

Projects related to LIDAR and DTM

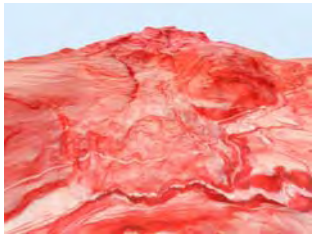
- Extraction of trees and forests location and characteristics for forestry purposes
- Elicitation of morphometric parameters from high resolution DTMs
- Extraction from urban development indicators from high resolution DTMs and from urban « cybermodels »
- Design and usability studies of interactive and exploratory platforms for spatial decision support :
  - Web-GIS Interface supporting collaborative vineyard management
  - Platform for multi-dimensional, dynamic exploration of spatial data

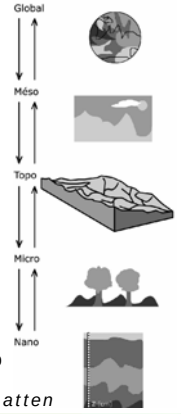
Extraction of trees and forests location and characteristics for forestry purposes



Thesis of Gilles Gachet

Elicitation of morphometric parameters from high resolution DTMs



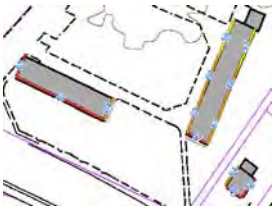


- How to effectively represent the hierarchy of phenomena and perceptions at different scales ?
- How to help geologists and geolmorphologists to make sense of them ?

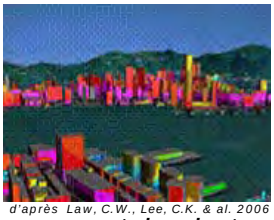
Thesis of Michaël Kalbermatten

Extraction of urban development indicators from high res. DTMs and urban « cybermodels »

What is the most relevant model for representing, analyzing and visualizing noise impacts on the urban fabric ?



A highly aggregated model, visually unsophisticated 2D GIS model of impacted façades ?



d'après Law, C.W., Lee, C.K. & al. 2006

An unaggragated, exploratory 3D model of the urban fabric ?

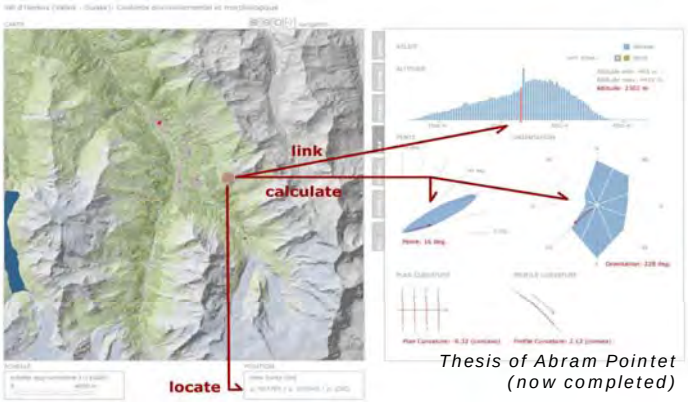
Thesis of Claudio Carneiro

Development of Web-GIS Interfaces : VitiVaud / RIV: collaborative vineyard management

Collaborative and progressive data collection and use by the winemakers

Thesis of Jens Ingensand

Multi-dimensional, dynamic exploration



Thesis of Abram Pointet (now completed)

LASIG's presentations

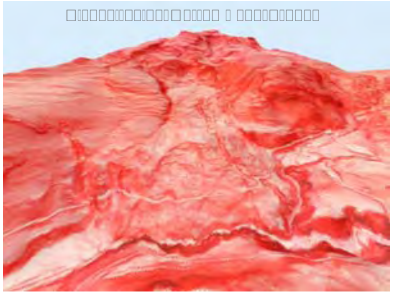
- Gilles Gachet:
  The use of LIDAR data for forestry - Application to the swiss forestry context
- Michaël Kalbermatten:
  Wavelets and geomorphometry from high resolution DEMs
- Jens Ingensand:
  Developing and evaluating a web-GIS for wine-growers based on open source components

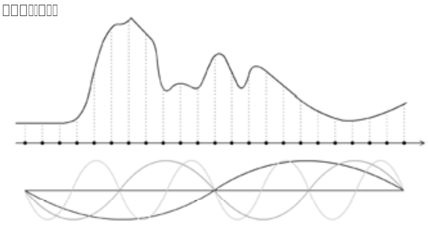
Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

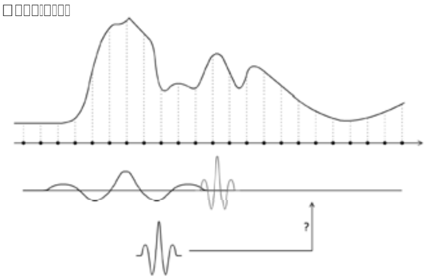
Wavelets, DEMs and Geomorphometry

Michael Kalbermatten

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
EPFL







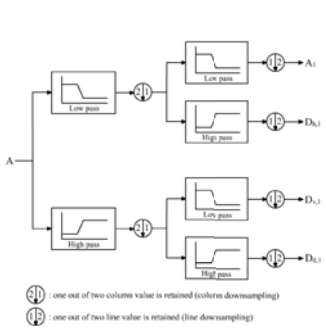
$\varphi(x/\ ) = \sqrt{\ }\sum_{k \in \mathbf{Z}} h(k)\varphi(x-k)$

$h(k)$

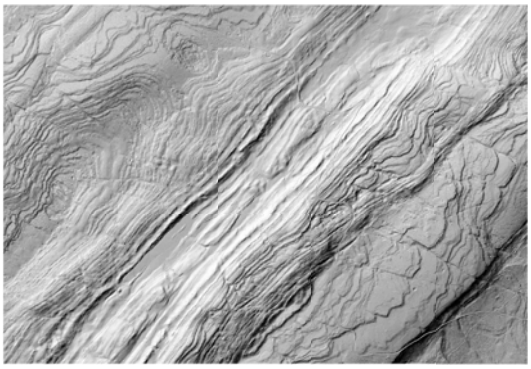
$\Psi(x/\ ) = \sqrt{\ }\sum_{k \in \mathbf{Z}} g(k)\varphi(x-k)$

$g(k)$

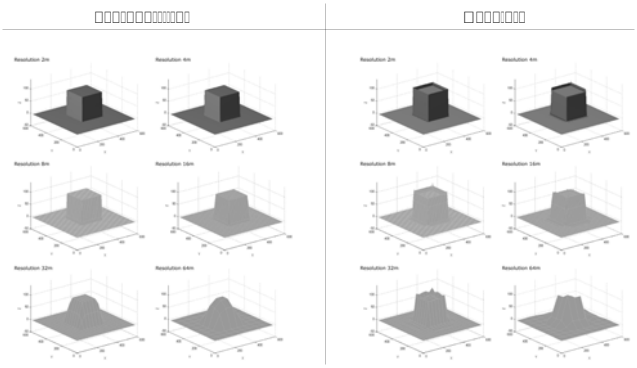
$H(\omega)$ $G(\omega)$ $h(k)$ $g(k)$

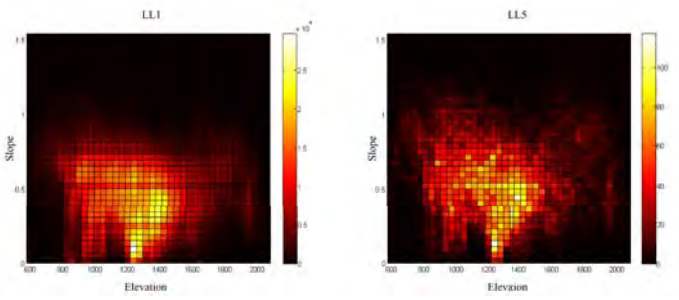


A_1 Low Frequencies	$D_{V,1}$ Vertical High Frequencies Horizontal Low Frequencies
$D_{H,1}$ Vertical Low Frequencies Horizontal High Frequencies	$D_{D,1}$ High Frequencies



- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]





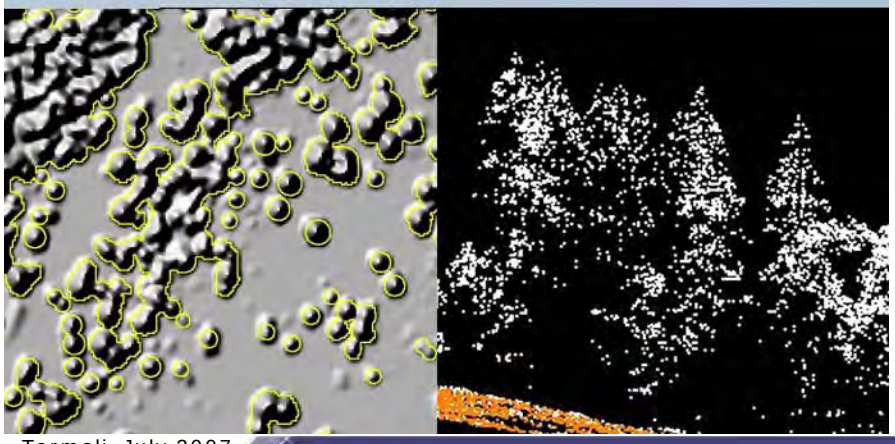
□□□

Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

The use of LIDAR data for forestry purposes: the swiss context

Gilles Gachet

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
EPFL



THE USE OF LIDAR DATA FOR FORESTRY PURPOSES

The swiss context

Gilles GACHET

Context and objectives

"The use of lidar data for forestry purposes"

Principle aim: to assess the potential of ALS data in the swiss forest context

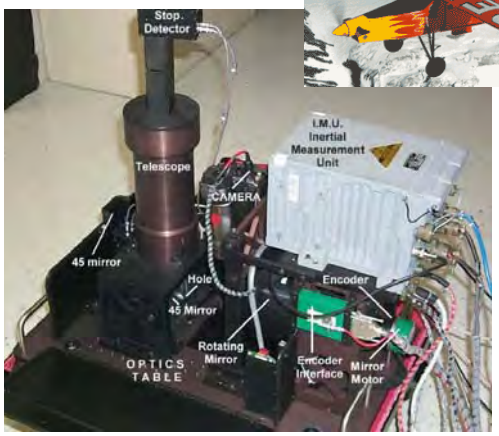
- Lidar and new field data
- Forest variables calculation (tree location – tree height – crown delineation)

- Plant delimitation and cartography
- Rate of wood calculation
- Prézonage (Wooded pasture density)
- Identification of forest structures
- Volume calculation
- Change detection (after Natural Hazard)

Lidar data

LWN project: TerraPoint System	
Lengthwave	1064 nm
Measurement frequency	43 kHz
Range / Scanning angle	~1000m / 36°
Number of echoes	1st & last returns

Scan2map System: RIEGL LMS Q240	
Lengthwave	900 nm
Measurement frequency	10 kHz
Range / Scanning angle	450m / 60°
Number of echoes	1st and last (altern.)



Lidar data

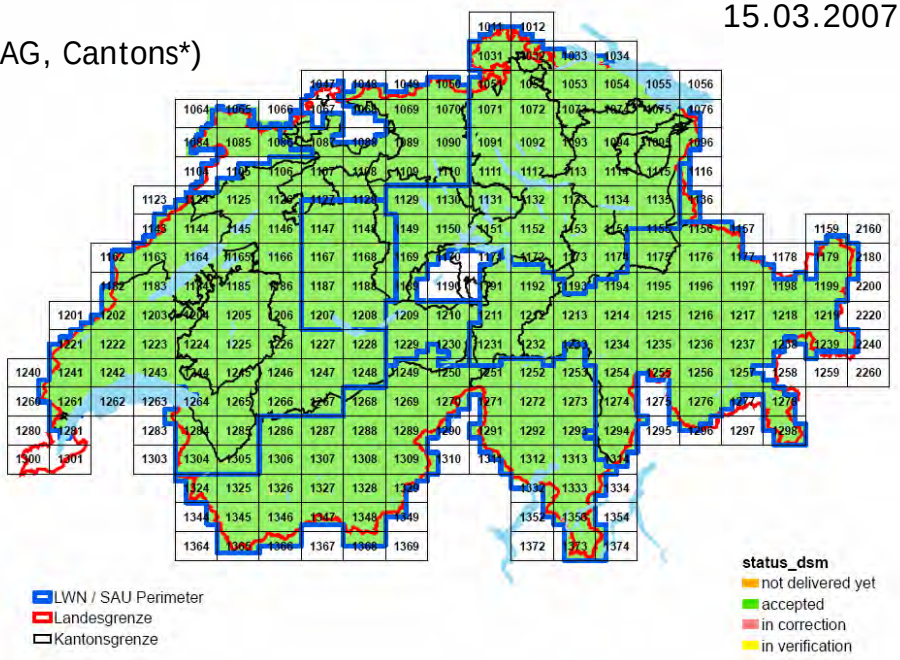
Availability of lidar data in Switzerland

Initiation of the project: Agriculturally productive areas (LWN)

Financing:
Confederation (Swisstopo*, OFAG, Cantons*)
Expanse:
Areas below 2000 m

15.03.2007

* Data distribution



Number of points
60 000 000 000
Volume of data
6 Terabytes

http://www.swisstopo.ch/fr/digital/DOM.htm

Lidar data

Scan2map system

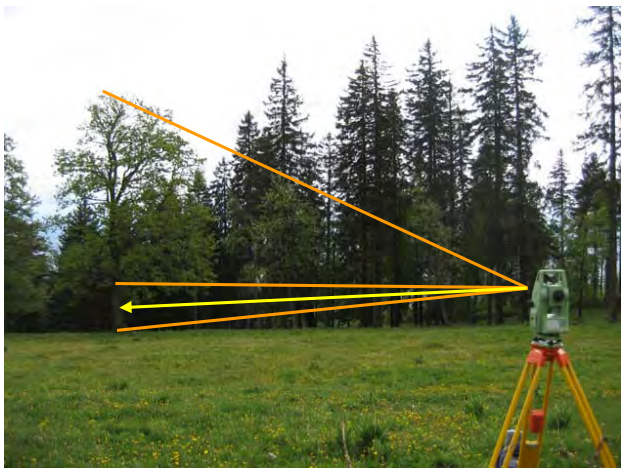
Date of the flights: june 2005 (Bevaix - NE)
april 2007 (Boudry - NE)
Height above the ground: ~ 250 m

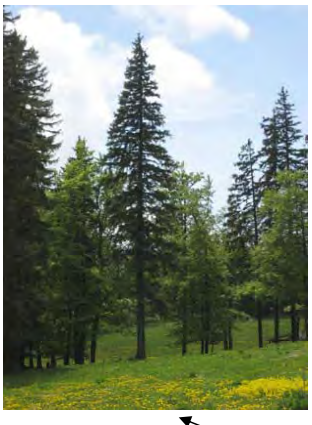
Data 2005:

- 83 orthophotos (10 cm spatial resolution)
- ~ 6 millions of points (raw data)

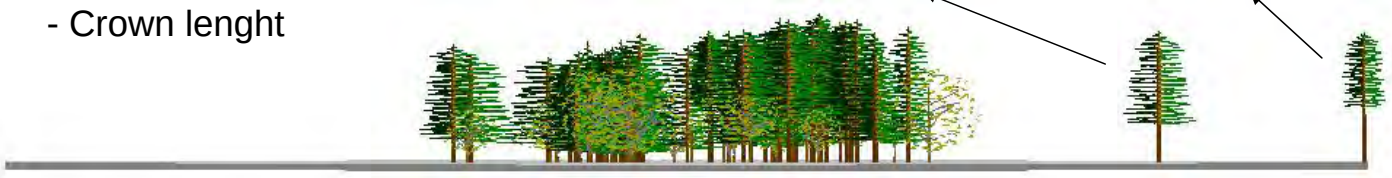
Heliswiss

Field data





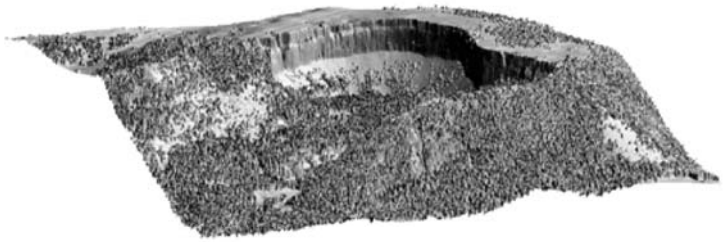
92 trees:
- Localisation
- Height
- Crown diameter
- Crown lenght



Forest variables calculation

Raster DEM

- Top of trees detection
- Height of individual trees
- Crown diameter



Raw Data (scatter of points):

- Height of the canopy
- Identification of stages (Structures)
- Crown diameter and crown length

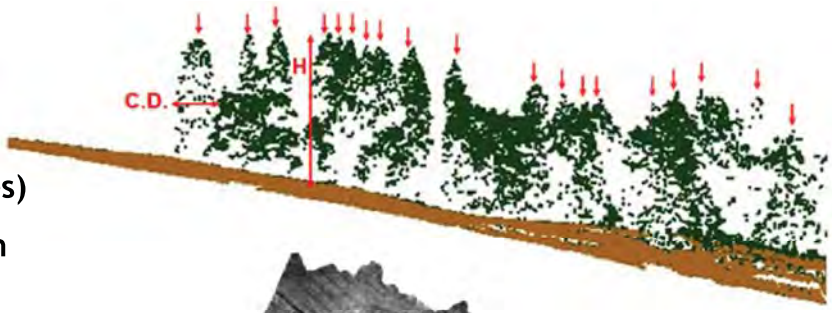


Image / Intensity

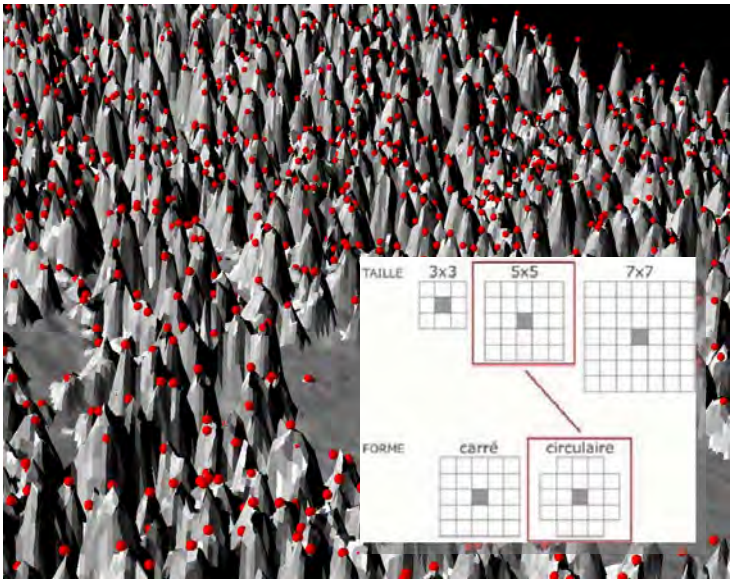
- Species identification (conifers and deciduous trees)

Tree location and height

Local maxima filtering

- Grid resolution – raw data density
- Algorithm of interpolation
- Size and shape of the moving window
- DTM quality

ESSENCE	DHP	H_terrain	H_S2M	H_SITN	Diff_Terr_S2M	Diff_Terr_SITN
EP	50	28.88	25.88	24.29	3	4.59
EP	70	35.7	33.72	30.99	1.98	4.71
EP	85	36	36.48	31.82	0.48	4.18
EP	65	29.1	27.35	24.68	1.75	4.42
EP	60	32.6	33.82	31.66	1.22	0.94
EP	60	31.23	30.41	27.69	0.82	3.54
SA	70	31.95	31.45	31.01	0.5	0.94
SA	65	31.3	30.55	27.18	0.75	4.12
SA	60	31.25	30.21	29.34	1.04	1.91
SA	80	32.8	32.36	31.39	0.44	1.41
SA	65	29.9	28.99	28.8	0.91	1.1
SA	80	30.3	28.75	28.78	1.55	1.52
SA	80	29.08	27.81	29.91	1.27	0.83
SA	85	27.53	26.23	25.13	1.3	2.4
SA	70	32.35	32.58	30.86	0.23	1.49
SA	70	31.43	30.03	30.28	1.4	1.15
				Moyenne:	**1.17**	**2.45**
				Ecart-type:	**0.70**	**1.51**



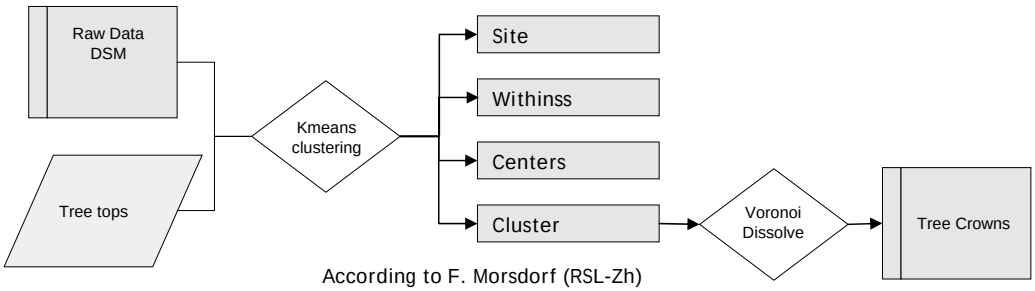
Height attribution:

a) Grid data

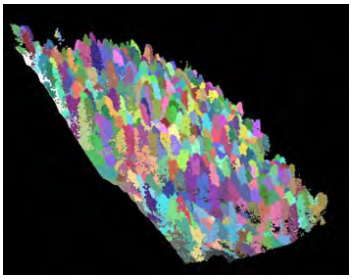
b) Raw data (points cloud)

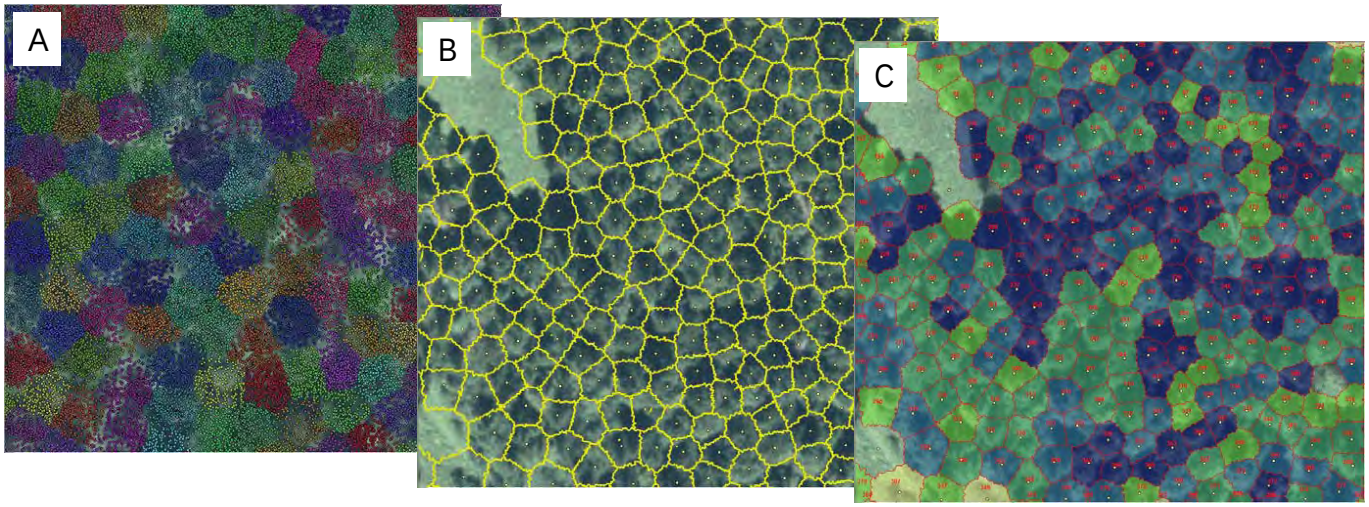
Crown delineation

Scatter of points segmentation approach: Kmeans clustering



According to F. Morsdorf (RSL-Zh)





Crown delineation

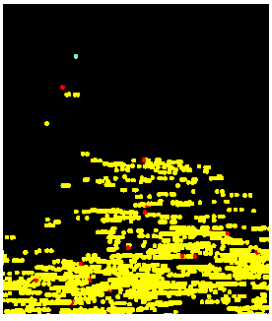
Scatter of points segmentation approach:

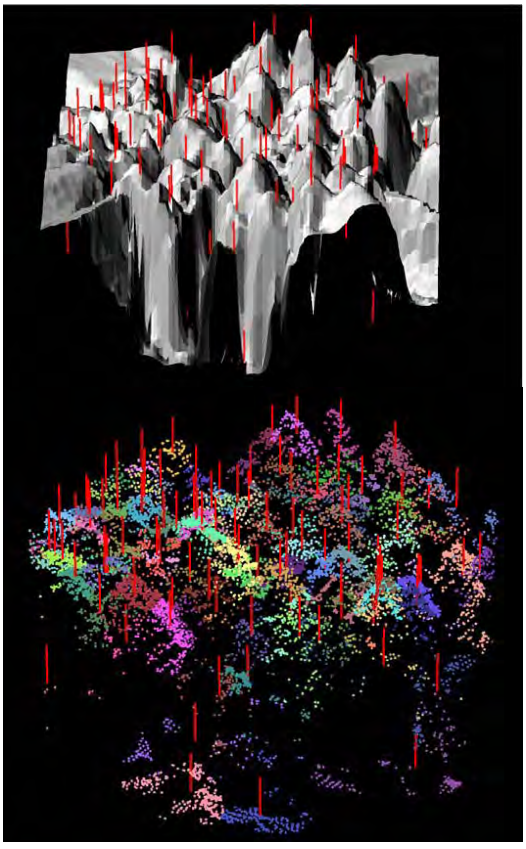
K-means algorithms :

- Forgy, E. W. (1965)
- Hartigan, J. A. and Wong, M. A. (1979)
- **Lloyd**, S. P. (1957, 1982)
- **MacQueen**, J. (1967)

Principales remarques:

- Résultats dépendants de l'extraction des sommets
- Difficultés à segmenter les couronnes « mélangées »
- L'identification de la base des couronnes dépend étroitement du type de couvert (feuillus/conifères)
- L'élimination des points bruts au sol améliore de manière significative la segmentation
- …





Planting cartography

Structure of natural age classes

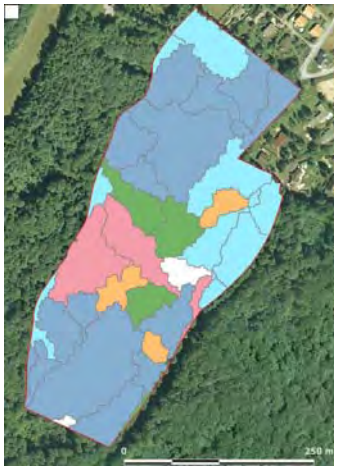
- Recrus: 0 à 1,5 m
- Fourrés: 1,5 à 5 m
- Perchis: 5 à 12/15 m (20 cm DHP)
- Futaies: > 15 m
  - young
  - medium
  - old
  - irregular – different storey

Forest inventory

- Field investigation and orthophotos
- Tree height estimation
- Visual estimation of the forest structures / dynamic of the understory

Lidar data (DHM)

- Segmentation (region growing: height / shape)
- Classification (2 criteria):
  - height
  - texture



Rate of wood calculation

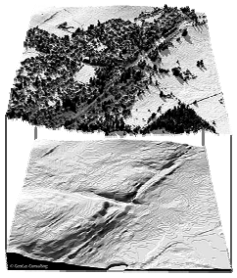
Aim of the research: to find a methodology in order to calculate the rate of wood inside a parcel of wooded pasture

Current methodology:

- Visual determination
- Declaration of the landowner

DSM
- Vertical precision: ± 50 cm
  Vegetation: ± 150 cm
- Density: ~ 1 Pt / 2m^2

DTM
- Vertical precision : ± 50 cm
- Density: ~ 1 Pt / 2m^2



Objectives:

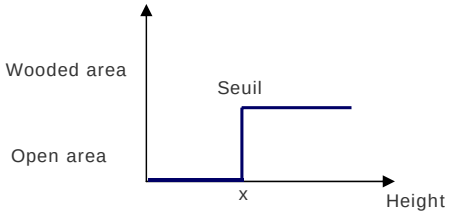
- to find a methodology strong which can be reproduce (independant of the operator)
- to standardize the methodology and the data (use of lidar DEM)
- to make easier the update

Rate of wood calculation

Methodology: a « double approach »

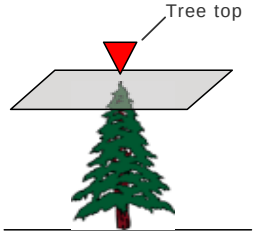
« Binary » approach

- Make a threshold of the DHM at 2 meters
- Binary classification « wooded area »/« not wooded area »
- Elimination of surfaces smaller than 200 m^2



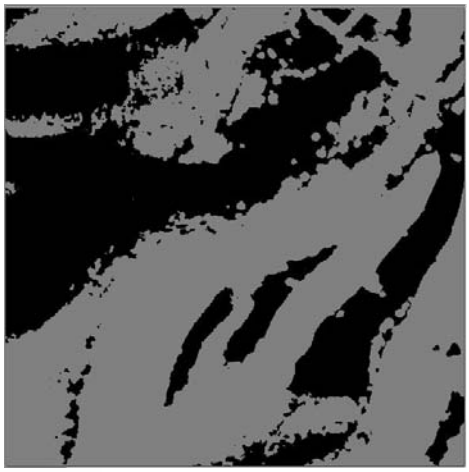
« Single tree » approach

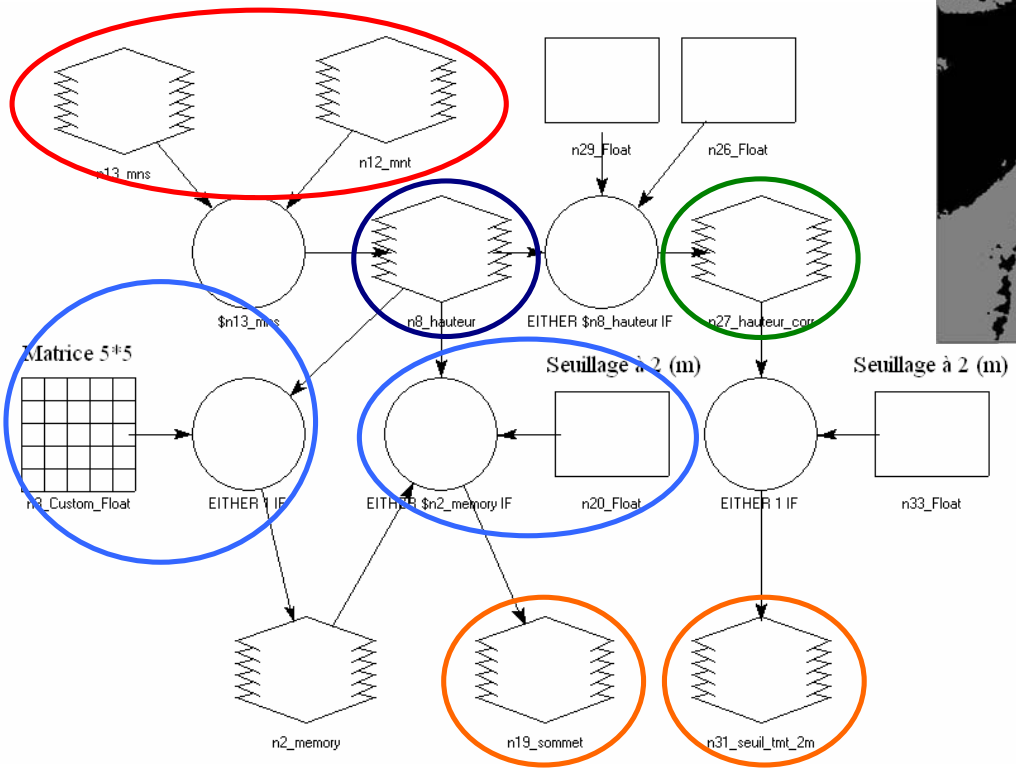
- Determination of the position of isolated tree with a focal max filtering
- Calculation of crown diameter by a statistical analysis (buffer)



Rate of wood calculation

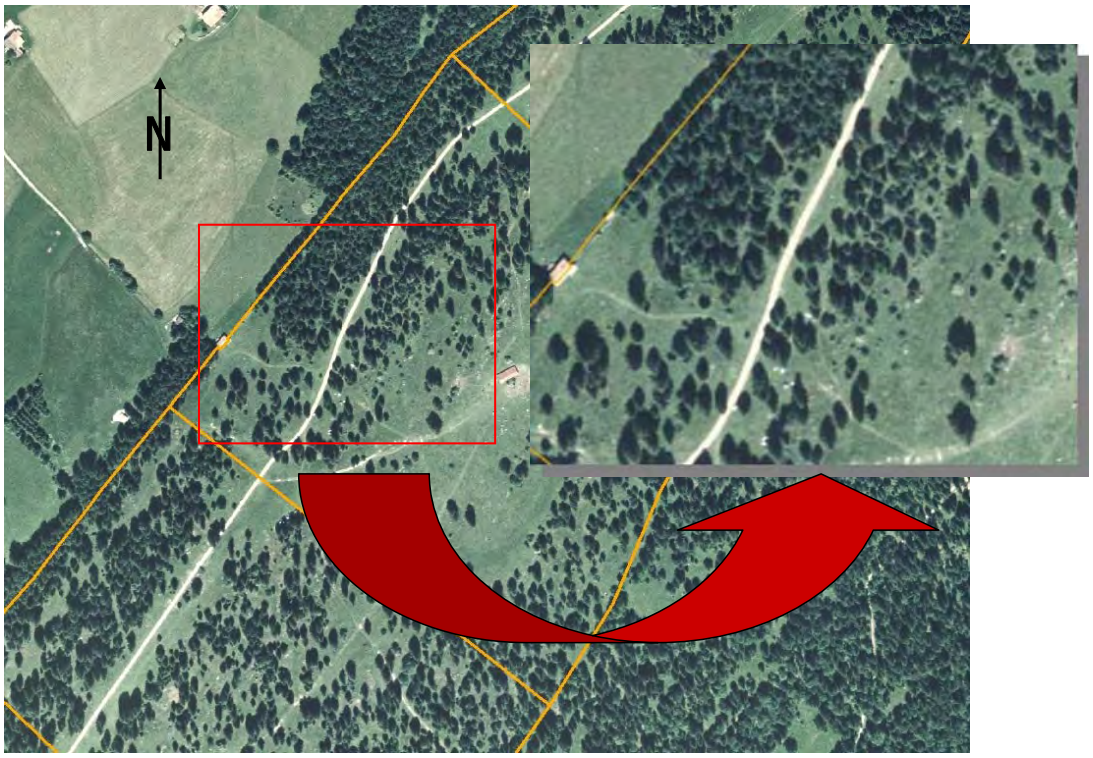
Methodology: a « double approach »



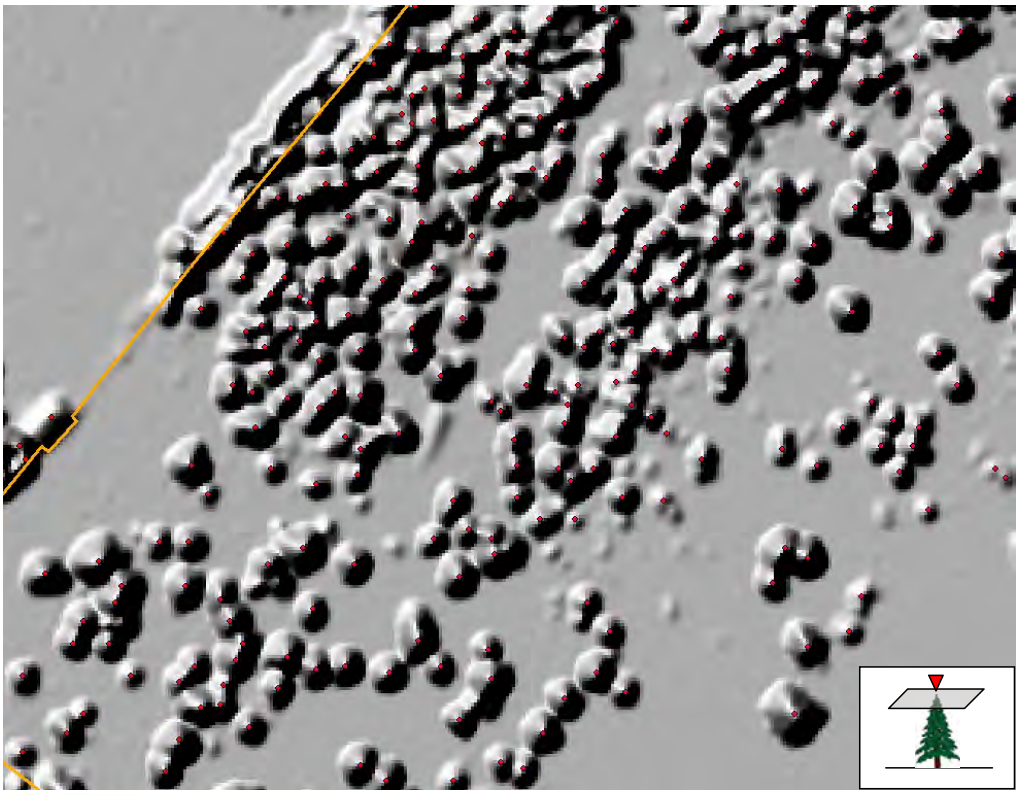


Agriculturally productive areas project (LWN)

Example – Canton of Neuchâtel – « Chaluet »



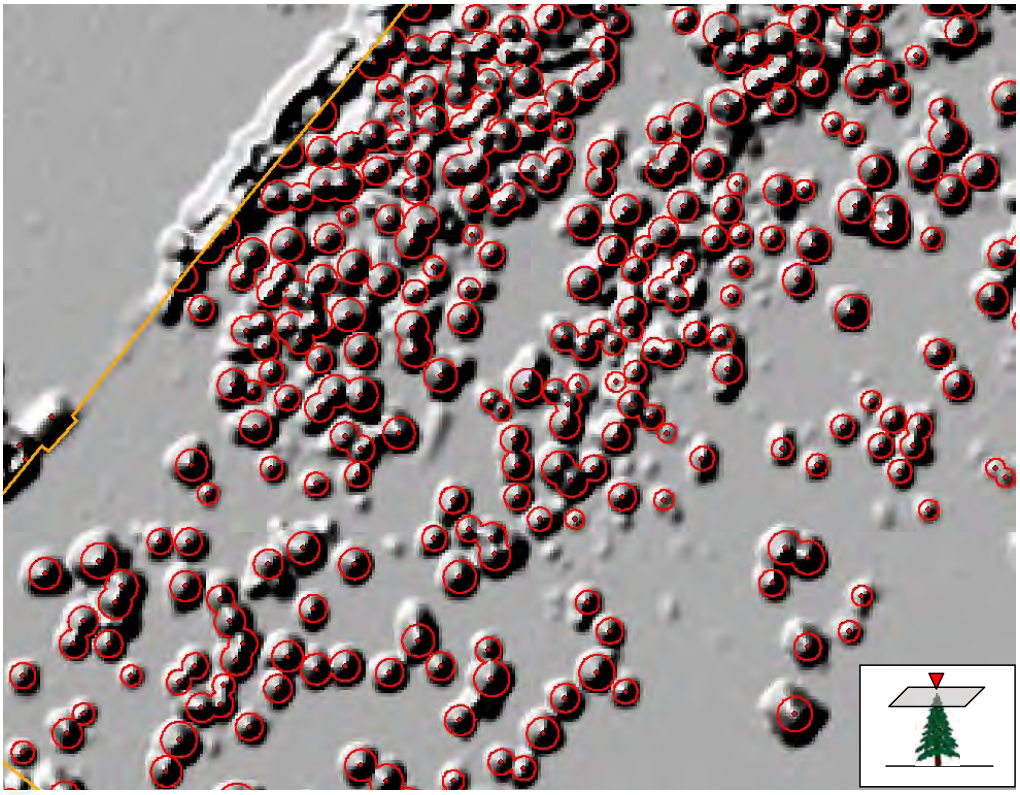
Single tree approach



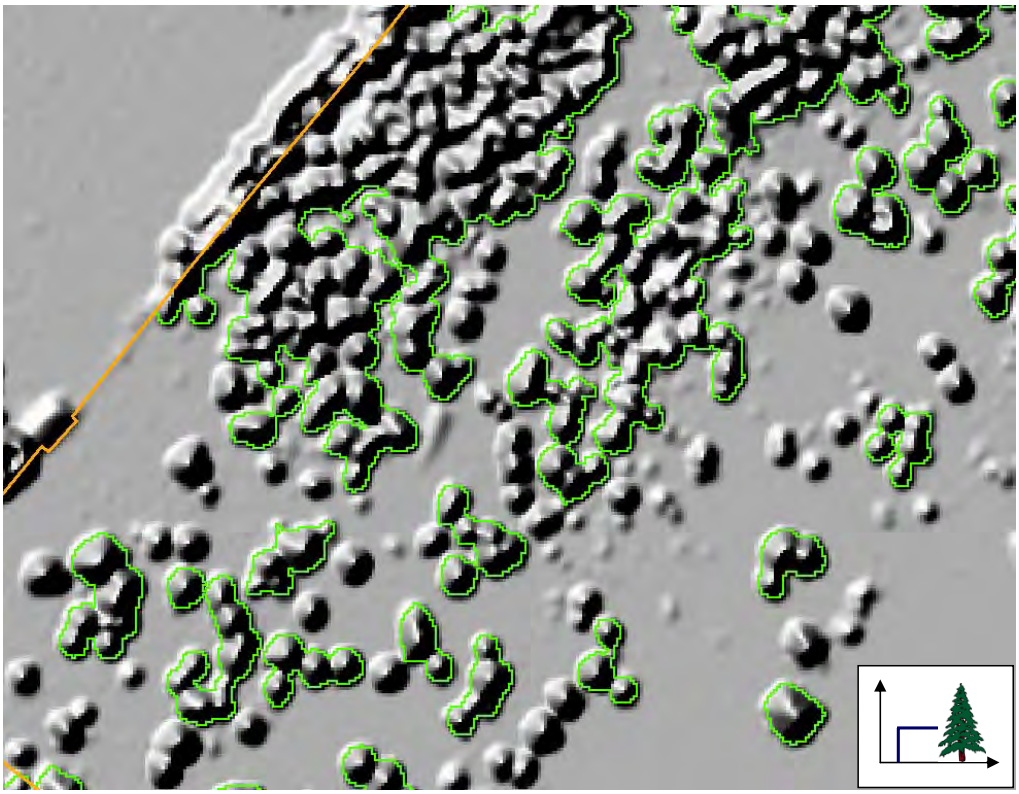
ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE
LABORATOIRE DE SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE
LaSIG
Agriculturally productive areas project (LWN)

Single tree approach

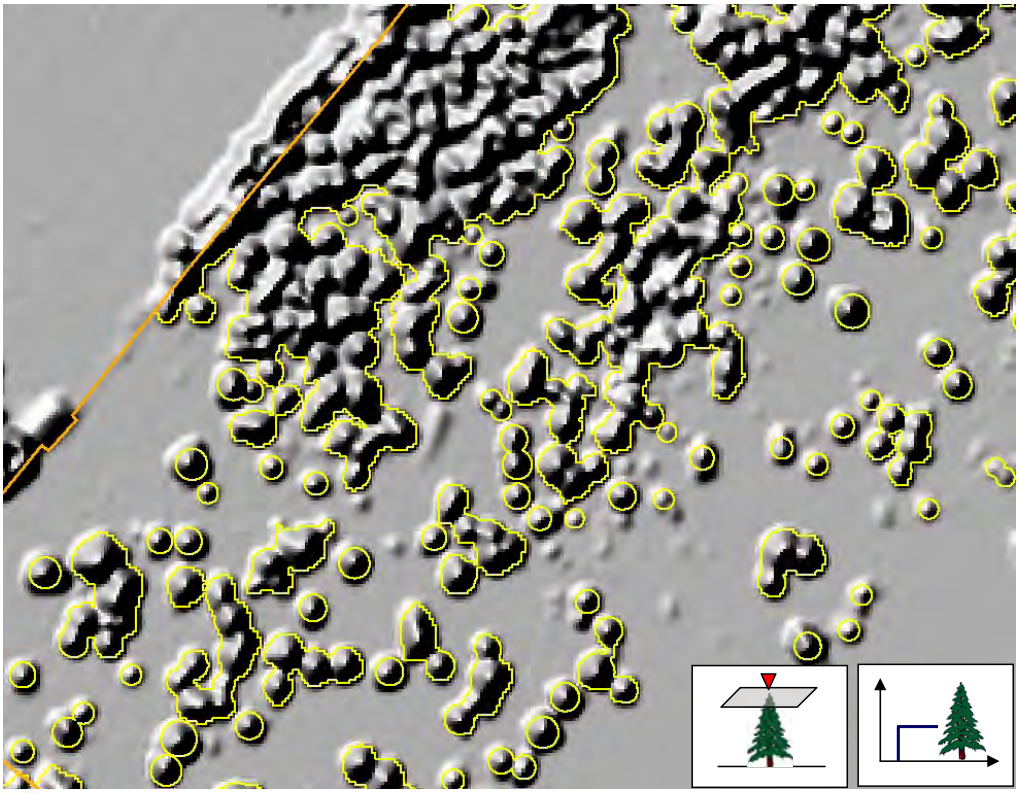
$R = a \times h + b$



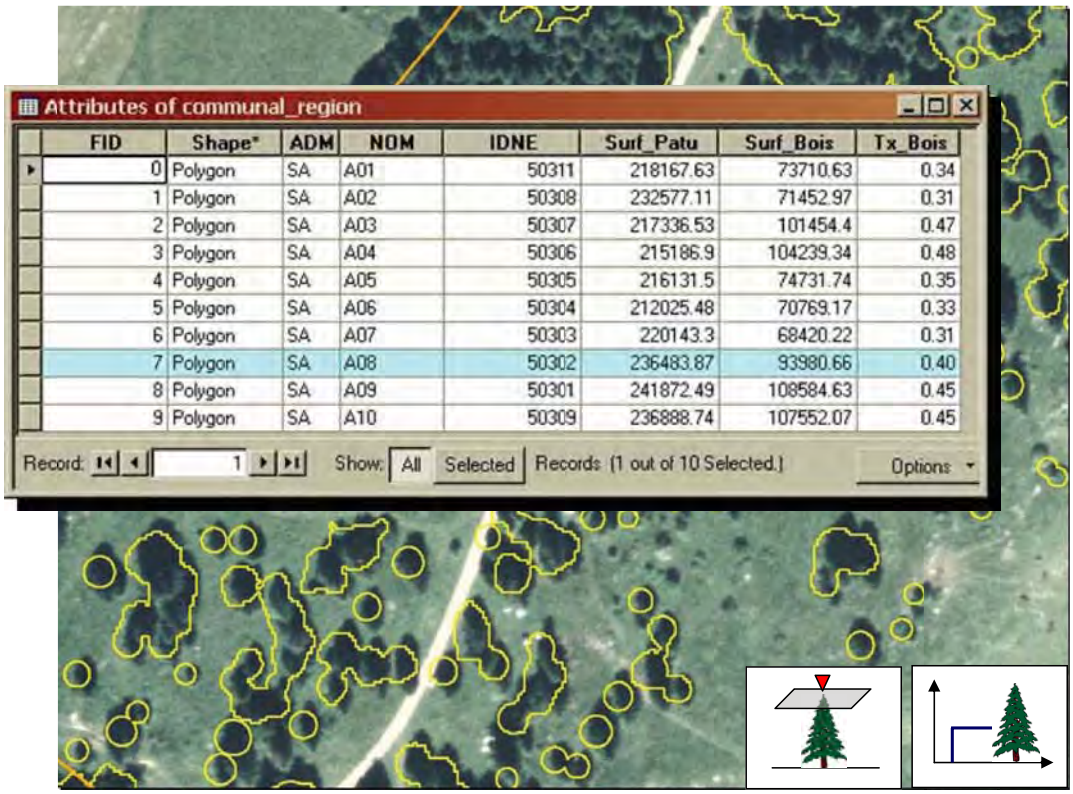
Binary approach



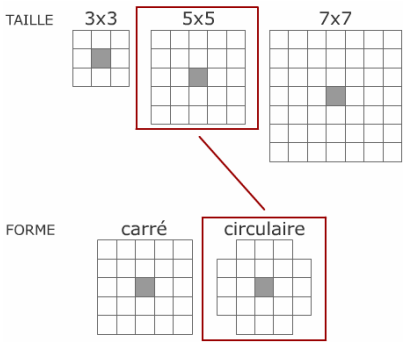
Combined approach



Combined approach

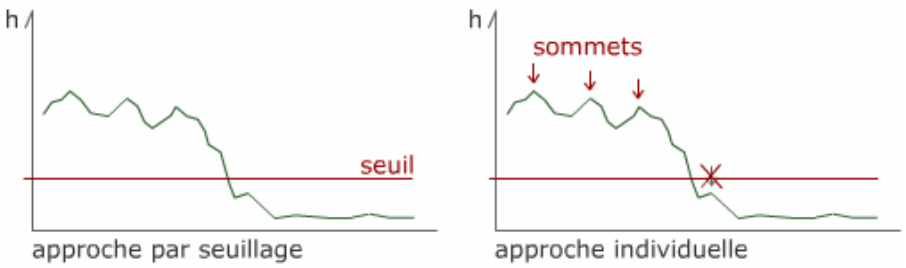


Validation of the methodology



« Single tree » approach

The best choice for the size and shape of the convolution kernel depends on the thematic (trees) and the scale

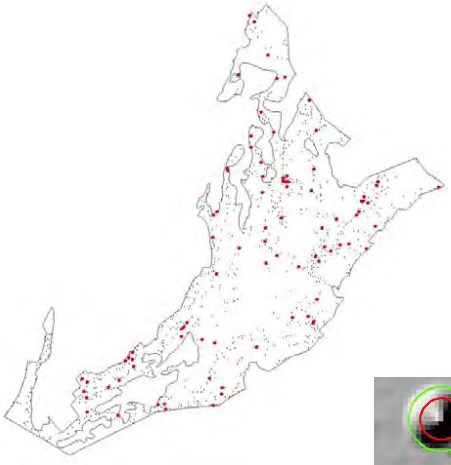


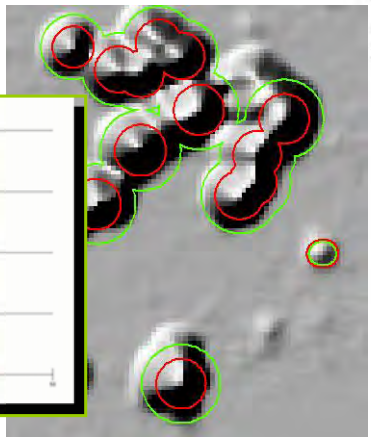
In connection with the geometric reality of the object, the threshold was set at 2 meters for:

- the « binary » approach – Detection of the edge of the forest
- the « single tree approach » - Elimination of small trees

Empirical approach: threshold of 1 m and 3 m were also tested

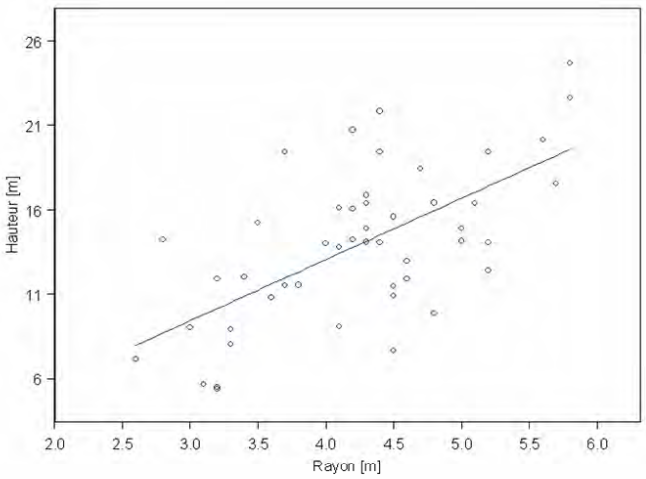
Validation of the methodology





Tree crown diameter model

Theoretical model fit to terrain data



$$R = a \times h + b$$

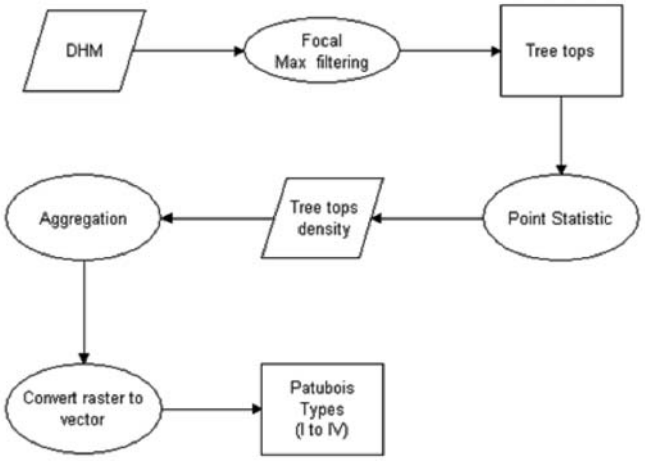
r: crown radius — b = 2.6894

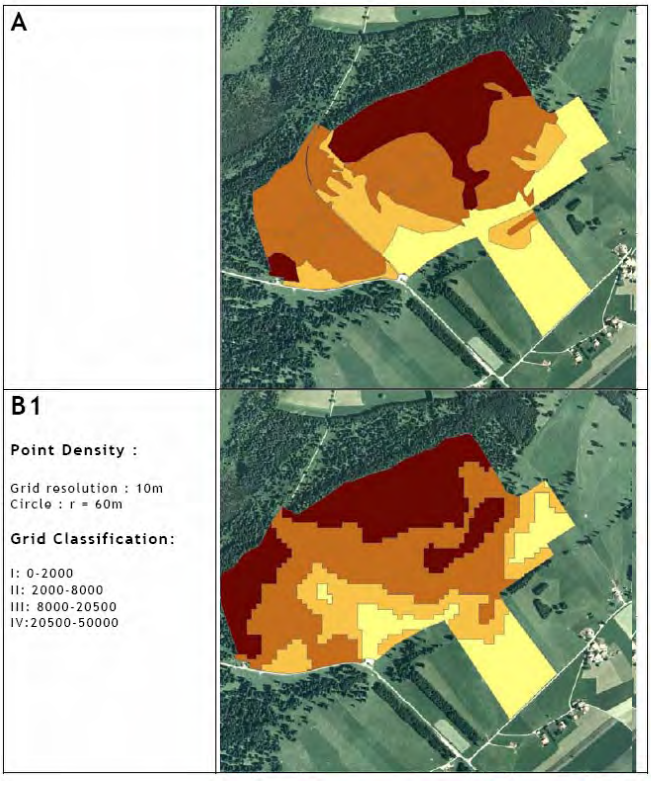
h: height — a = 0.1117

Prézonage

Main objective: to automatically delimit 4 wood classes

Type I : 0 – 1 %
Type II : 1 – 20 %
Type III : 20 – 70 %
Type IV : 70 – 100 %

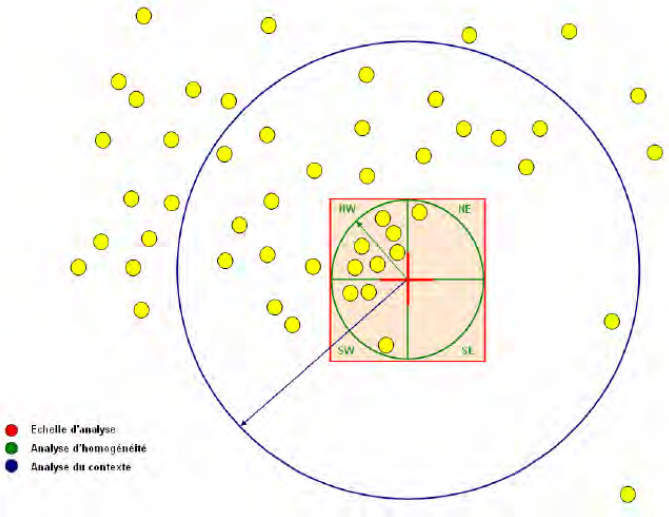


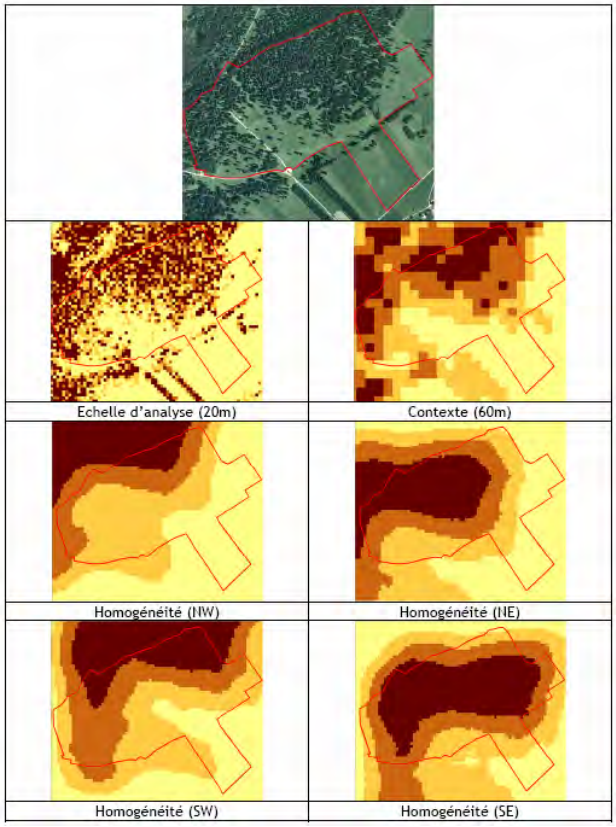


Prézonage

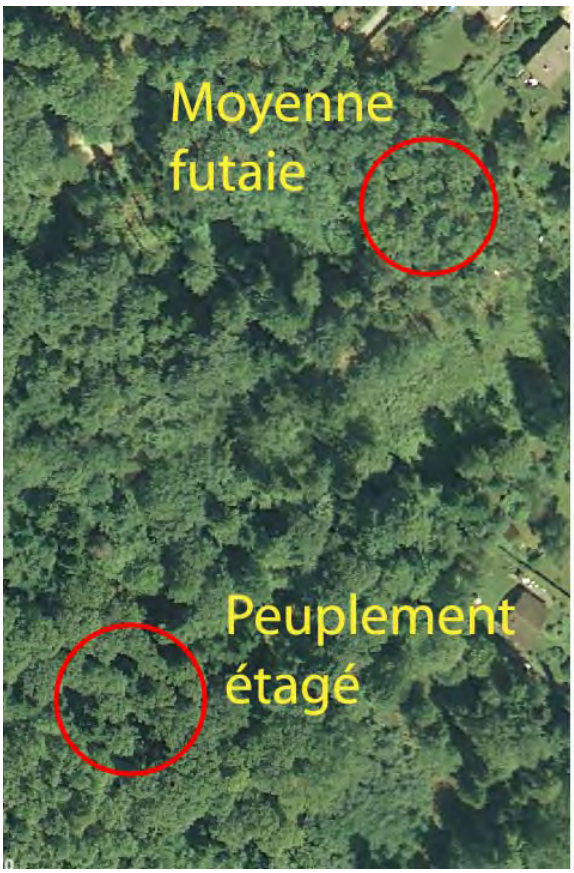
Multi-scale analysis:

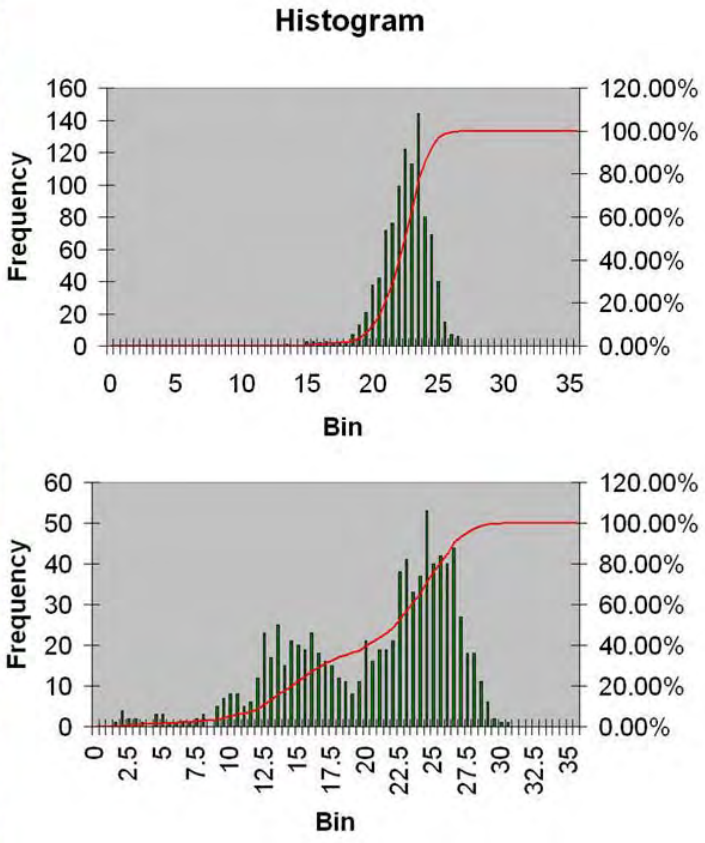
- Grid resolution (10m×10m)
- Homogeneity: spatial distribution inside a cell
- Information of the « context »



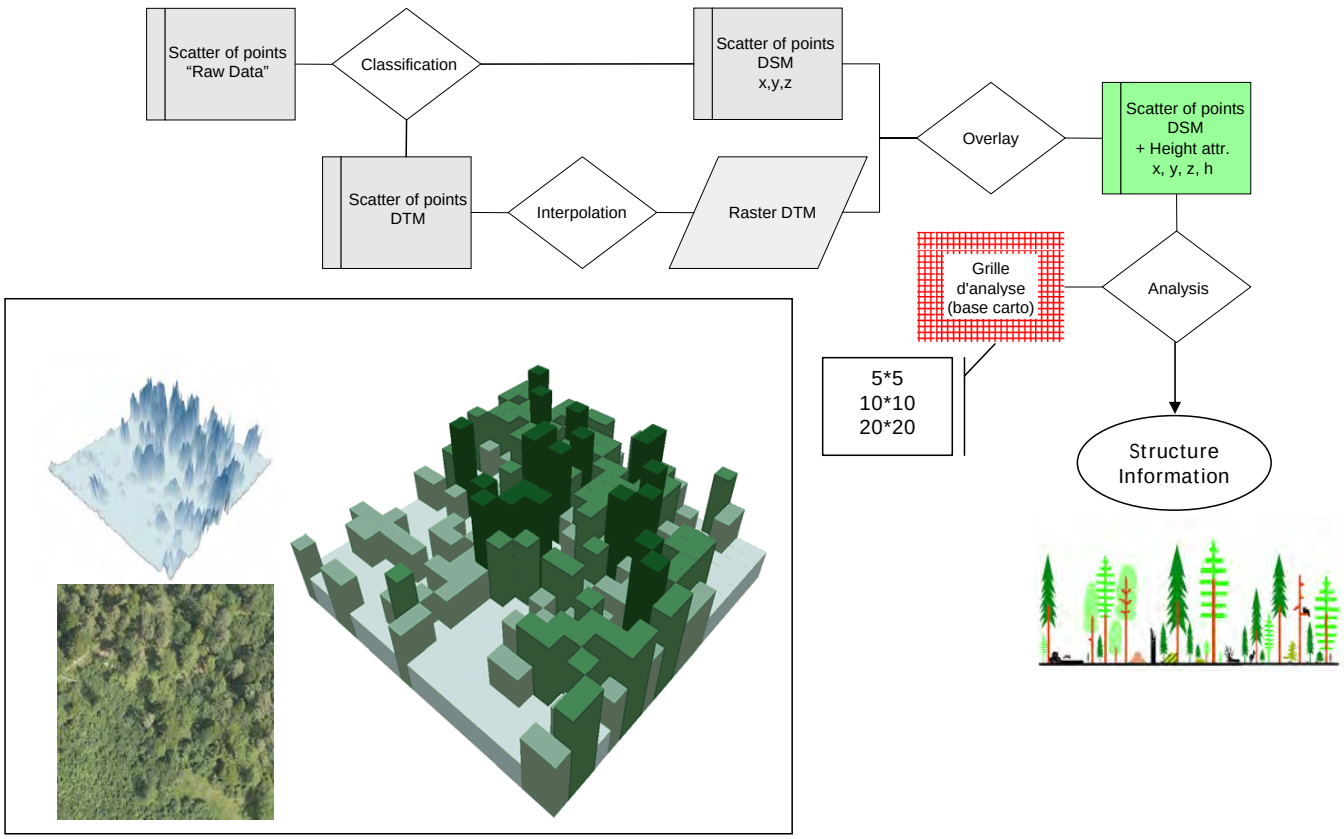


Identification of forest structures





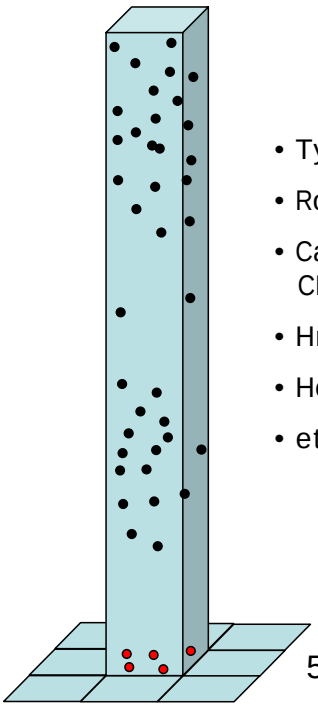
Identification of forest structures



Identification of forest structures

Analysis of raw data based on a polygon vector drawing

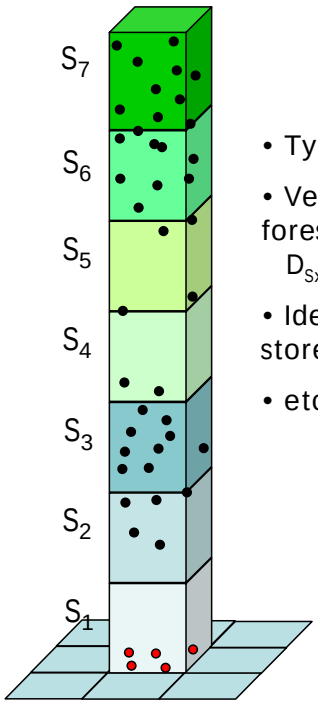
Analysis of the whole pool of points inside every single cell



- Type of « planting »
- Roughness: ~STDEV
- Canopy cover: $CF=(PB_{veg} / PB_{tot})$
- Hmin, Hmax, Quantiles
- Height of crowns
- etc.

5·5 / 10·10 / 15·15 [m]

Segmentation of the cells in different layers



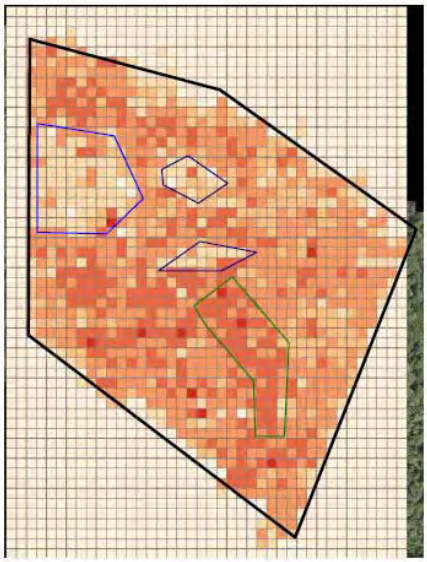
- Type of « planting »
- Vertical analysis of the forest (regular / <u>irregular</u>)
  $D_{Sx} = PB_{Sx} / PB_{tot}$
- Identification of forestry storey (histogram)
- etc.

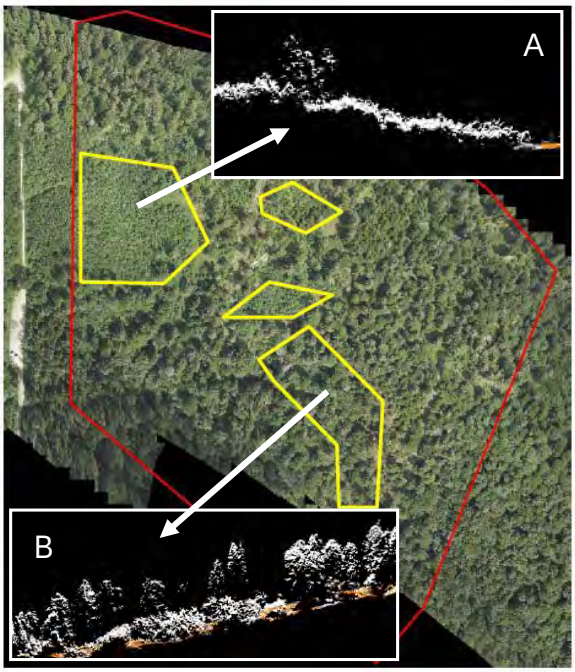
Identification of forest structures

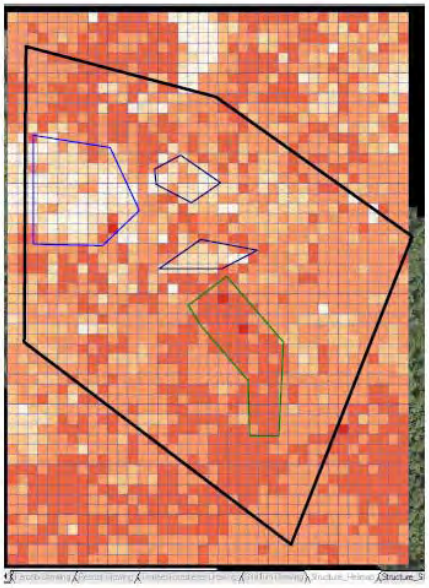
DSM Helimap

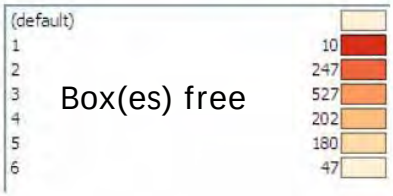
Identification of forestry structures

DSM Confederation

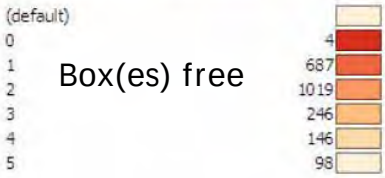






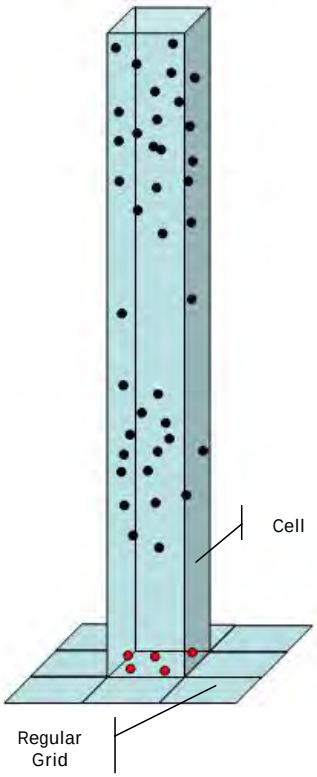


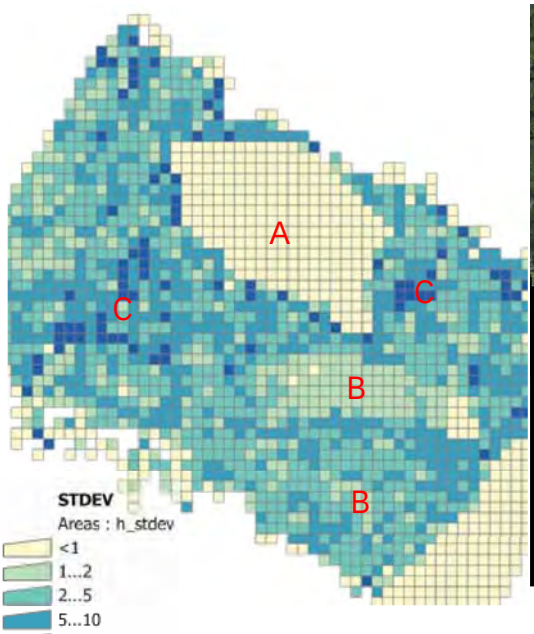
simple index: « number of « boxes » free

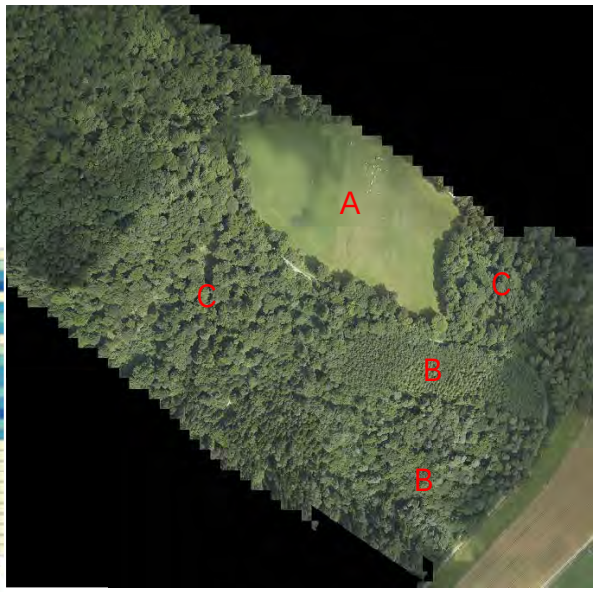


ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE
LABORATOIRE DE SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE
LaSIG
Identification of forest structures

Information on planting « roughness »: STDEV (distribution of S.P. inside every cell)



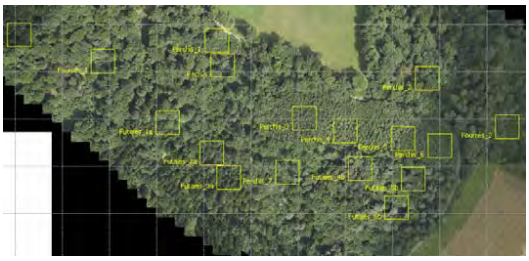




Help for planting cartography

Statistical analysis on representative planting samples:

17 samples of data (S.P.) MNS-Scan2map (area: 25×25 m²)

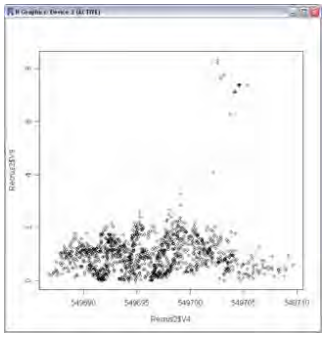


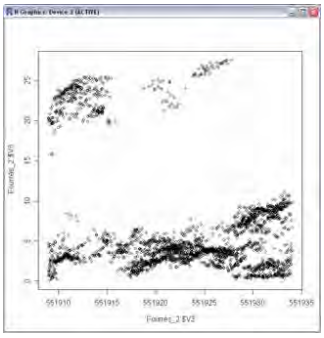
Recrus: 0 à 1,5 m

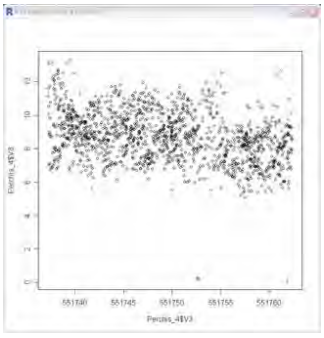
Fourrés: 1,5 à 5 m

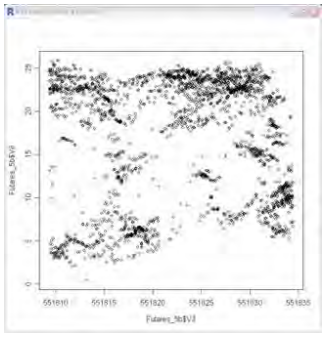
Perchis: 5 à 12/15 m (20 cm DHP)

Futaies: > 15 m jeune/moyenne/vieille irrégulière (multi-strate)









MIN	1ST Q.	MEDIANE	MOYENNE	3RD Q.	MAX	ECART-TYPE
		X				X

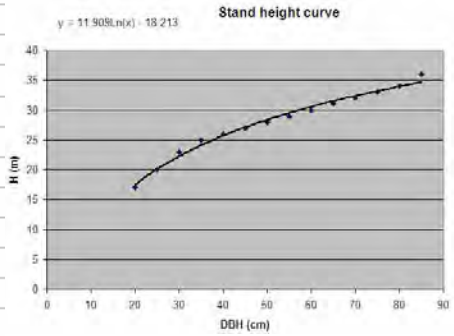
Help for planting cartography

Vertical structure: comparison between different maps

Test area 2 (Bevaix)
3rd forestry district
(canton of NE)

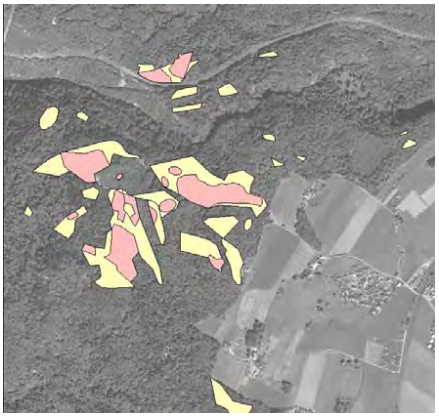
Volume calculation

Volume de bois Secteur 1 Données lidar_ HELIMAP					Terrain	
		Nb tiges	Volume		Nb tiges	Volume
Gros bois	80	2	12.88			
	75	0				
	70	0			2	
	65	1	4.26			
	60	2	7.2		3	
	55	2	5.98		2	
		7	30.32		7	26.69
Bois moyen	50	9	21.78		10	
	45	15	28.5		27	
	40	16	22.88		35	
	35	69	70.38		41	
		109	143.54		113	167.09
Petit bois	30	49	33.81		38	
	25	6	2.7		39	
	20	15	4.05		69	
		70	40.56		146	62.33
TOTAL		*186*	*214.42*	[sv]	266	256.11 [sv]
Volume foncions (DBH_In / CUBE_poly)			*256.32*	[sv]		

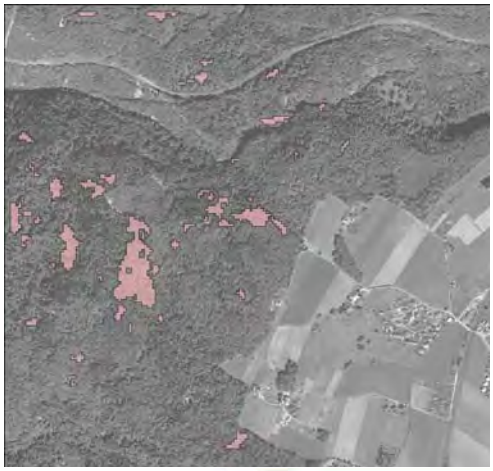


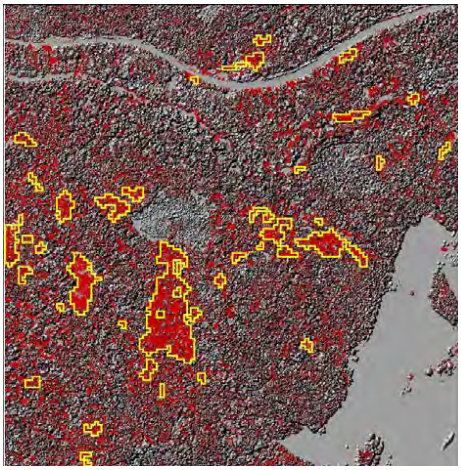
H_lidar		Catégorie	Cube	
36	34	85	7.22	Gros bois
34	33	80	6.44	
33	32	75	5.68	
32	31	70	4.95	
31	30	65	4.26	
30	29	60	3.6	
29	28	55	2.99	
28	27	50	2.42	Moyen bois
27	26	45	1.9	
26	25	40	1.43	
25	23	35	1.02	
23	20	30	0.69	Petit bois
20	17	25	0.45	
17	0	20	0.27	

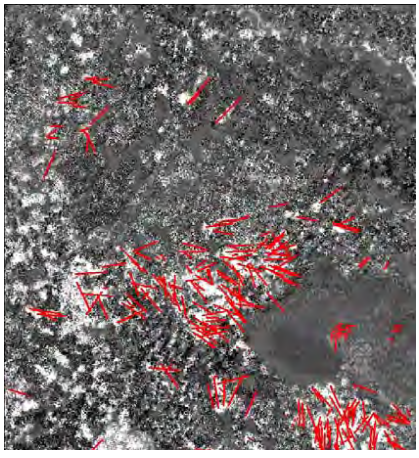
Change detection



1. *Mise en correspondance des deux modèles*
2. *Identification des secteurs concernés par les changements*
3. *Détection des sommets (max locaux)*
4. *Identification des sommets concordants pour les deux années successives (kMeans)*
5. *Identifier les arbres tombés sur l'ancien modèle*
6. *Calcul des volumes de bois pour les deux années*
7. *Soustraction des volumes: Volume $MNH_{récent}$ - Volume MNH_{ancien}*







Thank you for your attention

For more informations, questions or comments… :

Gilles Gachet (EPFL – LASIG)

Email: gilles.gachet@epfl.ch Tel. 021 693 57 87

Documentation: http://lasig.epfl.ch/services/cours_laser/ (TPs + Cours)

Termoli, 10 luglio 2007
Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

Developing and evaluating web-GIS for wine-cultivation based on open source components

Jens Ingensand

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
EPFL

Developing and evaluating a web-GIS for wine-cultivation based on open source components

Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione

Termoli, Italy
10.7.2007

Jens Ingensand
GIS-Lab
Swiss Federal Institute of Technology
Lausanne, Switzerland

Contents

- How to develop „usable systems“?
- Open source software and HCI
  - is there a usability problem?
- RIV: A web-GIS for wine-cultivation
  - Development process
  - Evaluations
- Conclusions

How to develop „usable“ systems?

British study on GIS-usability:

- 1/3 of the users use GIS only to make maps
- Most users use only very basic functions
- 49% of the users miss functions that are adapted to their domain

How to develop „usable“ systems?

Usability
- Effective to use (effectiveness)
- Efficient to use (efficiency)
- Safe to use (safety)
- Have good utility (utility)
- Easy to learn (learnability)
- Easy to remember how to use (memorability)

=> interface design
=> usability evaluations
=> user satisfaction

How to develop „usable“ systems?

User centered system development
- „bottom up“ - perspective
- involving the end-user in the development process
- feedback => development => feedback => etc.
  => users don‘t know the possibilities

Open source software and HCI

The meeting of two different paradigms:
- The open source-developer-user who both uses software and contributes to its development
- HCI principles that attempts to bridge the gap between programmers and users through specific techniques

Open source software and HCI

Is there a usability problem?

- Usability is harder to specify and to distribute than functionality
- Open source software projects are often initiated by persons with a technical need
- Usability experts seldom get involved in open source projects
- Open source projects don't have the resources to undertake usability work
- Open source software tends to bloat more than proprietary software

RIV: A WebGIS for Wine-cultivation

RIV: A WebGIS for Wine-cultivation

- Interactive system for wine-cultivation
- Accessible through the internet
- Spatial data sharing (data user = data producer)
  => parcel-management system
- Spatial data traceability
- 3(4) different modules:
  - Winegrowers
  - Wine producers
  - Research institutes
  - (Barrel manufacturers)

RIV: A WebGIS for Wine-cultivation

Entirely based on open source software

- PostgreSQL / PostGIS
  => Spatial database (for storage + spatial queries)
- Mapserver (Cartoweb)
  => Dynamic maps
- Ajax
  - Php + Smarty (templates)
  - Javascript

RIV: A WebGIS for Wine-cultivation

- Bottom-up development process:
  - Close interaction with end-users
  - Prototyping
  - Evaluations
- 3.5 years of development
- online since dec. 2006
- user subscription

RIV: A WebGIS for Wine-cultivation

Spatial data:

- topographical maps at different scales
- aerial images
- layers containing
  - soils & bedrock
  - microclimate
  - winds
  - water reserves
  - altitude
  - orientation
  - slopes
  - ...

Usability evaluation

Scope
- Only module for winegrowers
- 20 end users (winegrowers)
- 2 hours per evaluation
- Evaluation with evaluation expert
- Empty office

Goals
- to carry out a usability-evaluation of the module to find out about the user's satisfaction and system efficiency.
- to find out about spatial data usability
- to analyze the users' competence and expectations

Usability evaluation

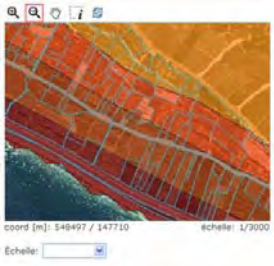
Method

- one questionnaire before actual evaluation
- „hands-on" evaluation
  - filming the user (computer screen and user itself)
  - recording sound
  - think aloud: what the user is thinking
  - notes
- one questionnaire after actual evaluation

The evaluation

Results

- some difficulties in navigating the map and finding the right place
- scalebar often used (but sometimes missunderstood)
- conflict of paradigms:
  - GIS paradigm: the data is the object
  - Web-paradigm: the screen is the object
- digitizing is less intuitive => improved help
- difficult to find tools to run queries (spatial selection...)
- (almost) nobody used the help
- users often rate some tasks as easy, although they had problems



Conclusion / Discussion

=> Using open source software for web GIS-development (=> problems with consistency, feedback, interaction, compatibility)
=> already a few sample-users can reveal many problems
=> users get interested in the system

Conclusion / Discussion

=Developers think differently, GIS-experts as well!
=> GIS paradigms vs Web-paradigms
=> understanding of spatial data
=> learnability?
- RIV: Quality of entered spatial data?
=> Validate through the use of Lidar data / high resolution infrared images?

Grazie!

jens.ingensand@epfl.ch

Seduta conclusiva, risoluzioni

Le delegazioni concordano nel riconoscere che presso le istituzioni partecipanti esiste competenza ed esperienza nella interpretazione, validazione e utilizzo di dati altimetrici LIDAR.
La competenza è distribuita tra i vari istituti e raggiunge un livello di valore internazionale, sia nel settore dell'insegnamento che nel campo della ricerca, se sfruttata e gestita in comune.
La necessità di combinare il "Know-how" suggerisce di favorire attività coordinate nelle quali le conoscenze già disponibili, completate da nuove esperienze, possono essere sfruttate nel quadro di progetti comuni.

Le prime proposte presentate nella riunione conclusiva sono le seguenti:

1. **Politecnico di Milano**
   Il Politecnico di Milano è stato interpellato dalla regione Lombardia per un appoggio specifico nell'ambito di un progetto INTEREG sulle infrastrutture di dati geografici (IDG). I partecipanti sono d'accordo di chiarire nei loro paesi di origine quale possibilità esistono per una partecipazione al progetto e, se possibile, di studiare proposte per una partecipazione coordinata.

2. **EPFL**
   F. Golay è dell'opinione che le competenze disponibili potrebbe essere messe a profitto rapidamente in forma di corsi, workshops, giornate di studio ecc. per soddisfare l'interesse dei singoli professionisti e di organisazzioni professionali.
   M. Cannata informa che la SUPSI prevede per il mese di ottobre di organizzare un giorno di formazione su questo tema. M. Brovelli è interessate a sfruttare le sinergie, ma informa che corsi per professionisti italiani hanno solo successo se sono in italiano.
   Le delegazioni convengono che il problema è di interesse generale e che ocorre studiarlo nel dettaglio.

3. **ETHZ**
   Il Politecnico di Zurigo è disponibile per una partecipazione alle due attività e metterà à disposizione le sue competenze nel quadro del comitato italo-svizzero.

La prossima attività prevista è di procurare dati LIDAR alla frontiera italo-svizzera per studiare le varie forme di integrazione di dati diversamente georeferenziati.

Nel prossimo futuro le delegazioni proporranno una serie di temi adatti ad essere trattati in corsi di postformazione.

Prossima riunione:

Il comitato italo-svizzero si riunirà il 21 e 22 gennaio 2008 probabilmente a Losanna.
I temi all'ordine del giorno sono i seguenti:

- Interoperabilità
- Aggiornamento sullo stato dei progetti sui dati LIDAR