

3

Una (imprefetta) categorizzazione dei tipi di modelli digitali 3D

		ELEMENTI DISCRETI			CONTINUI
		regolari «a griglia»	semi-regolari o irregolari		
			elementi simpliciali	elementi non simpliciali	
SUPERFICIALI	2-manifold <i>«rappresenta una vera superficie»</i>	Height Field Range Scan Geometry Images	Triangle Mesh	Polygonal Mesh Quad Mesh Quad dominant Mesh	Subdivision surfaces Parametric Surfaces (es. B-splines)
	non-manifold <i>«non rappresenta una sup»</i>	Set di Range Scan	Point Cloud		
VOLUMETRICI	(3-manifold)	Voxelized Volume Volumetric Textures	Tetra Mesh	Hexa Mesh	Implicit models (es. CSG)

4

Height fields, Range scans, e Geometry Images

- ✓ Sono tre strutture dati **superficiali** che si basano su un concetto simile:
 - ⇒ Campionamento della superficie
 - ⇒ I campioni sono memorizzati su una **griglia regolare 2D**
 - ⇒ **Connettività implicita**: ogni campione è implicitamente connesso ai propri vicini di griglia

- ✓ Vediamo ciascuna di queste strutture



5

Height fields, Range scans, e Geometry Images

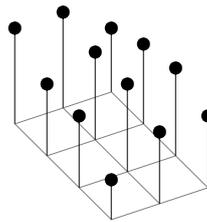
- ✓ Vantaggi comuni di queste strutture:
 - ⇒ La connettività è **implicita** (non va memorizzata)
 - ⇒ Anche le relazioni di adiacenza fra elementi sono **implicite**
 - ⇒ **Multi-risoluzione** semplice da ottenere (come per le immagini)
 - ⇒ Geometry processing può essere **parallerizzato**: molto facile da ottenere.
 - ⇒ **Machine learning** su forme 3D: reso semplice dalla regolarità
 - ⇒ Analogia con **immagini 2D** (molti vantaggi – es compressione, editing, filtering)
- ✓ Svantaggi comuni:
 - ⇒ Risoluzione **non adattiva**
 - ⇒ **Espressività** limitata (molte forme non possono essere rappresentate)



6

Campo di altezze

- ✓ Campo di altezze (height field)
 - ⇒ o mappa di altezze (height map)
 - ⇒ o modello «2.5D» (2.5D model)
 - ⇒ o mappa di profondità (depth map)



```
float[][] height = new float[resX][resY];
```

7

Campo di altezza

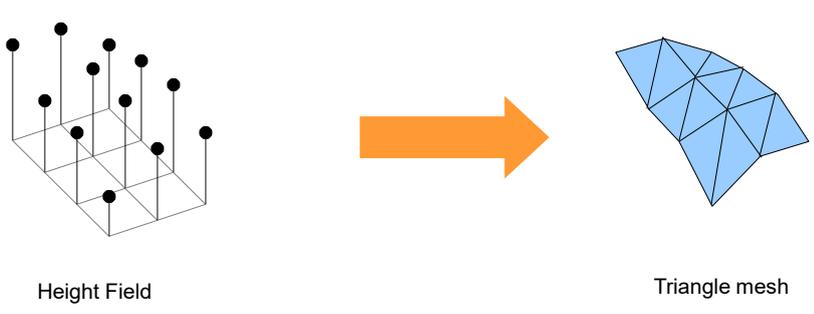
```
var height[resX][resY]float;
```

- ✓ Array 2D di valori *scalari*
 - ⇒ Il valore ad indice x, y rappresenta il punto 3D di coordinate $(x, y, \text{height}[x][y])$
 - ⇒ Vantaggio: 2 su 3 delle coordinate non devono essere memorizzate! Solo la z
 - ⇒ Molto utilizzato per terreni
 - ⇒ Possono modellare solo funzioni da x, y a
 - Quindi no sottopassaggi, tunnel, ponti, caverne, burroni spioventi...



8

Quasi una mesh (regolare, connettività implicita)



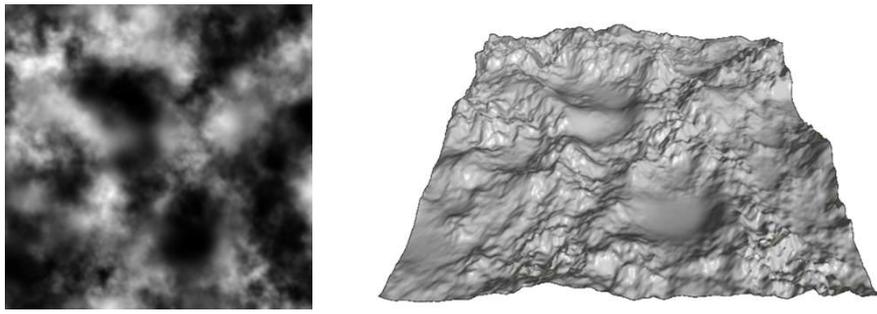
Height Field

Triangle mesh



9

Campo di altezza: come immagine a scala di grigi

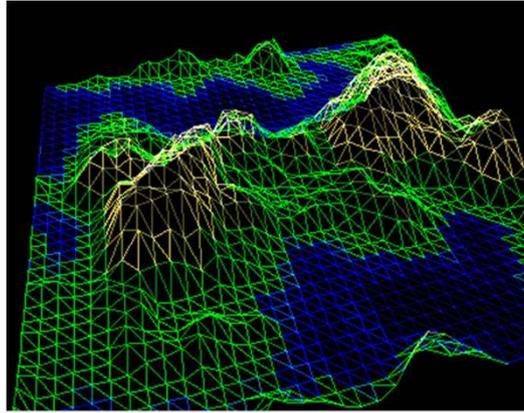


Un immagine a scala di grigi **Gray-scale image**,
interpretata come **height map**



10

Tipico uso: modellare un terreno

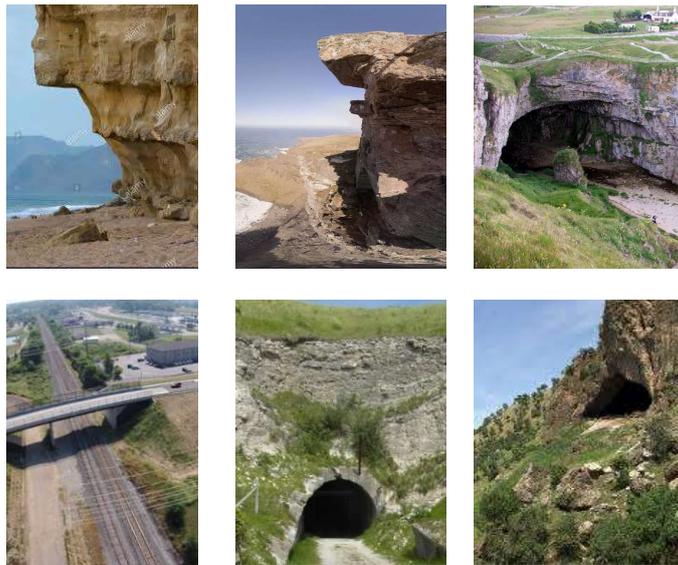


Vedere il primo lucido per un altro esempio, più high res

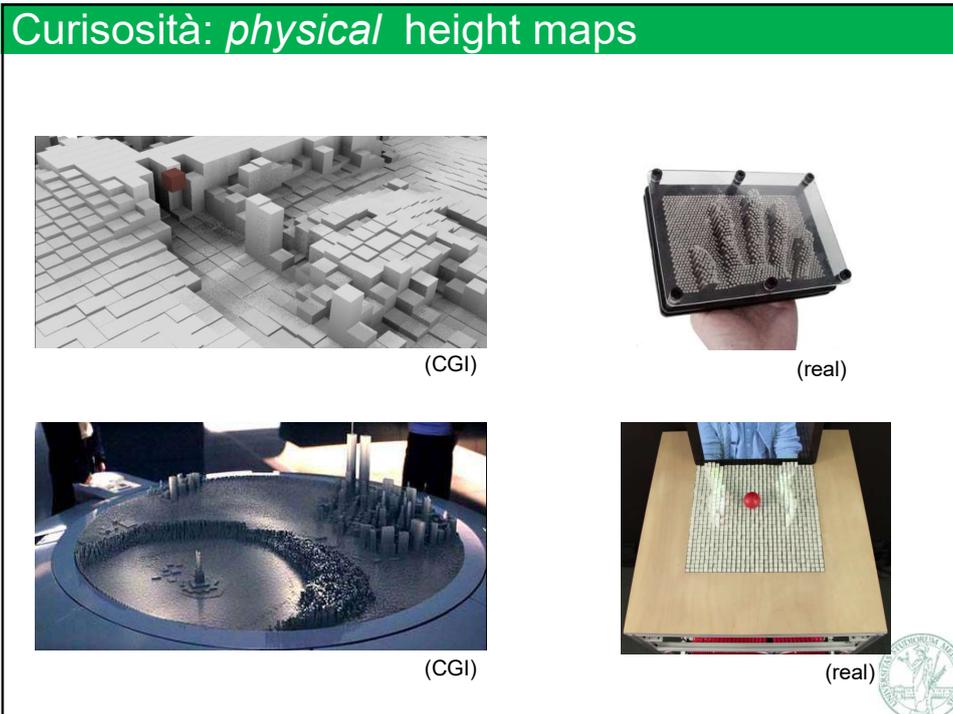


12

Non possono essere modellati da campi di altezza...



13



18

Range Scan (or Depth Image)

- ✓ Un array 2D di misurazioni di profondità
 - ⇒ Effettuate da un determinato dispositivo
 - ⇒ Sono l'output comune di molte tecniche di acquisizione automatica
 - sia attive – es basate su laser
 - che passive – basate su foto
 - ⇒ «Range scanning»: tecnica di acquisizione 3D che produce range-scans
 - ⇒ «Depth camera» (or RGBD camera): macchina fotografica che cattura una range scan
 - una profondità per pixel piuttosto che solo un RGB

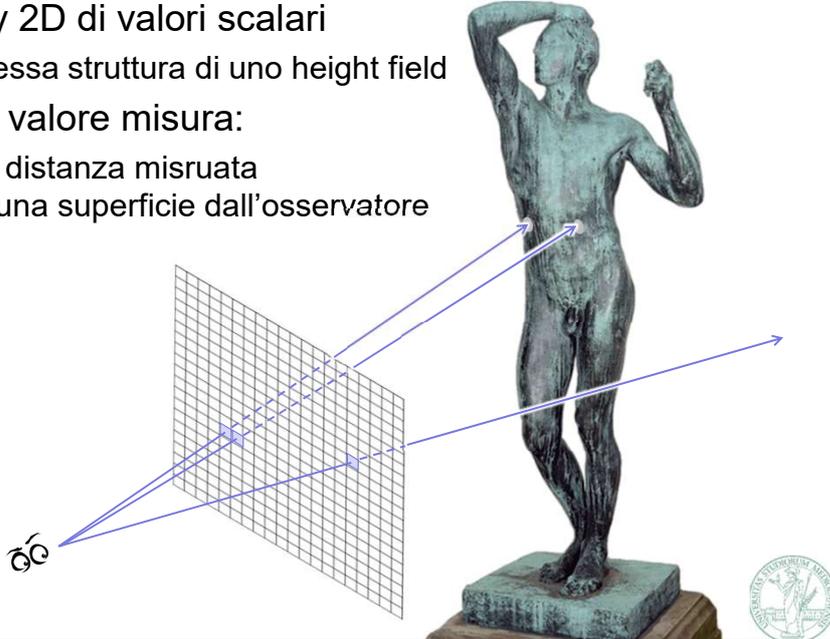
```
float[][] rangeScan = new float[resX][resY];
```



19

Range Scan (or Depth Image)

- ✓ Array 2D di valori scalari
 - ⇒ Stessa struttura di uno height field
- ✓ Ogni valore misura:
 - ⇒ La distanza misruata di una superficie dall'osservatore



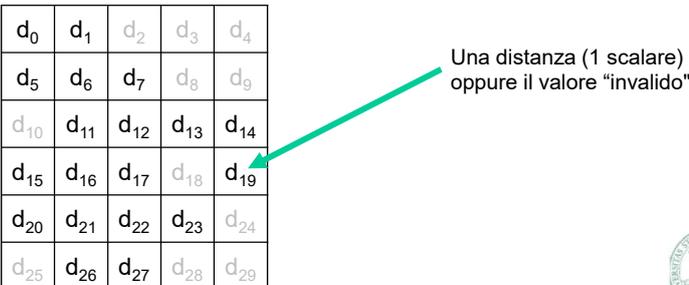
20

Range Scan (or Depth Image)

- ✓ Array 2D di valori scalari
 - ⇒ Stessa struttura di uno height field
- ✓ Ogni valore misura:
 - ⇒ La distanza misruata di una superficie dall'osservatore

d_0	d_1	d_2	d_3	d_4
d_5	d_6	d_7	d_8	d_9
d_{10}	d_{11}	d_{12}	d_{13}	d_{14}
d_{15}	d_{16}	d_{17}	d_{18}	d_{19}
d_{20}	d_{21}	d_{22}	d_{23}	d_{24}
d_{25}	d_{26}	d_{27}	d_{28}	d_{29}

Una distanza (1 scalare)
oppure il valore "invalido"

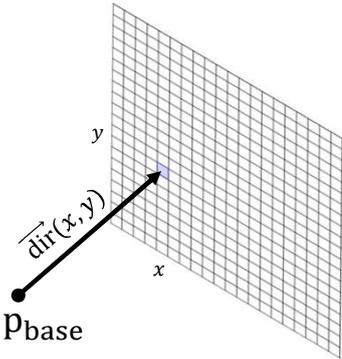


21

Range scan

```
var rangeScan [resX][resY]float;
```

✓ Il campione a coordinate x, y rappresenta il punto
 $p_{base} + rangeScan[x][y] \cdot \vec{dir}(x, y)$



Il punto p_{base}
 e la
 funzione $\vec{dir}(x, y)$
 devono
 essere noti, per poter
 interpretare la
 rangeScan!

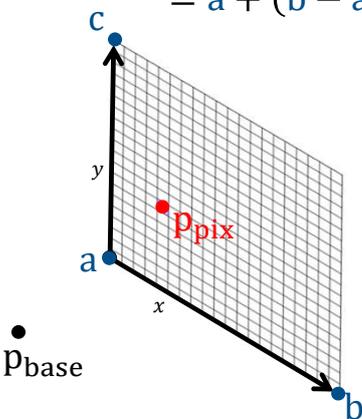


22

Range scan

```
var rangeScan [resX][resY]float;
```

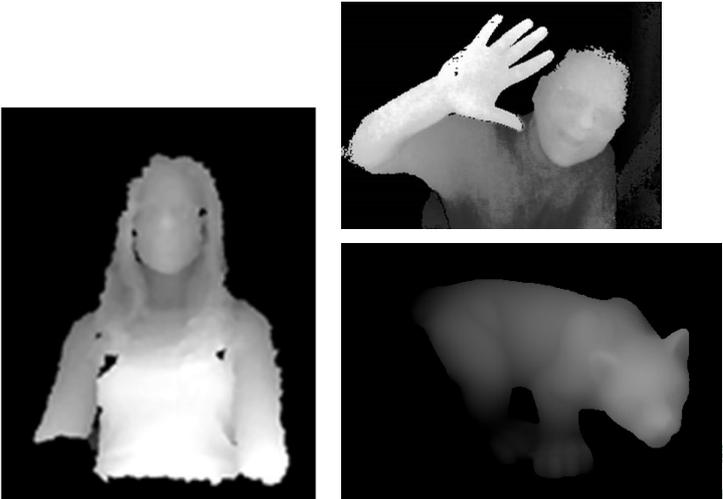
$$\vec{dir}(x, y) = p_{pix} - p_{base}$$

$$= a + (b - a) \frac{x}{resX} + (c - a) \frac{y}{resY} - p_{base}$$



23

Range scan: come immagine a scala di grigi

Posso considerarle (visualizzarle, memorizzarle) come immagini raster a scala di grigi



The image displays three grayscale range scan visualizations. On the left is a full-body scan of a person with long hair. On the top right is a scan of a hand. On the bottom right is a scan of a pig-like object. A small circular logo of the University of Milan is visible in the bottom right corner of the slide.

24

Range Scan

- ✓ Campioni possono essere marcati come vuoti
 - ⇒ Usando un valore scalare arbitrario (per es, 0, o 0xBAD)
- ✓ Come tutti i dataset catturati, le Range Scan tipicamente presentano molti difetti di misurazione
 - ⇒ Rumore, missing data, outliers, etc (come le point cloud)
 - ⇒ La rimozione di questi difetti può avvalersi della regolarità della griglia (definizione veloce e robusta dei vicini)
 - ⇒ Per esempio: per stimare una normale per campione
 - ⇒ Per es: rimozione dei campioni prossimi ad «depth jump», salti sulla Z (sono inaffidabili e rumorosi)
- ✓ Una range scan cattura un «lato solo» di un modello
 - ⇒ E' «2.5D»: molte forme non possono essere modellate
 - ⇒ Ne sono necessarie molte (un «**range scan set**») per modellare un oggetto a tutto tondo.



25

Depth (motion) cameras! (e.g. Microsoft Kinect)



Output del kinect (una Depth camera)
visualizzato come una nuvola di punti (attraverso point splatting)



26

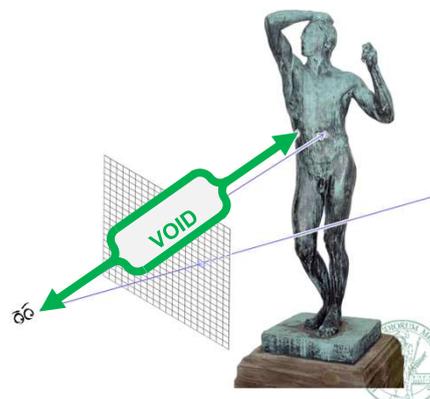
Range Scan, o Depth Image

✓ Spesso le Range Scans sono considerate (e chiamate) «point-clouds», e trattate come tali ma in realtà ci sono molte differenze

- anche se: 1 depth measurement = 1 xyz point

✓ Differenze:

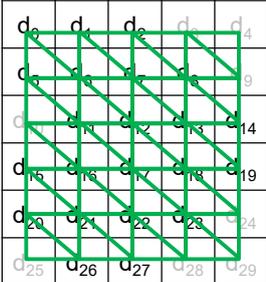
- La range scan ha una struttura (che consente di definire un relazione di adiacenza fra campioni)
- Rappresenta informazione di occlusione: 1 campione = «so che lo spazio fra l'osservatore e questo punto è vuoto»



28

Range Scan, or Depth Image

La connettività implicita ne fa una **Triangular Mesh** (completamente regolare, 2 manifold, ben orientata)



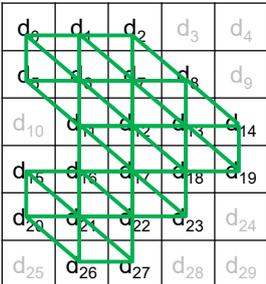
Eccetto per eventuali vertivi non 2 manifold...



29

Range Scan, or Depth Image

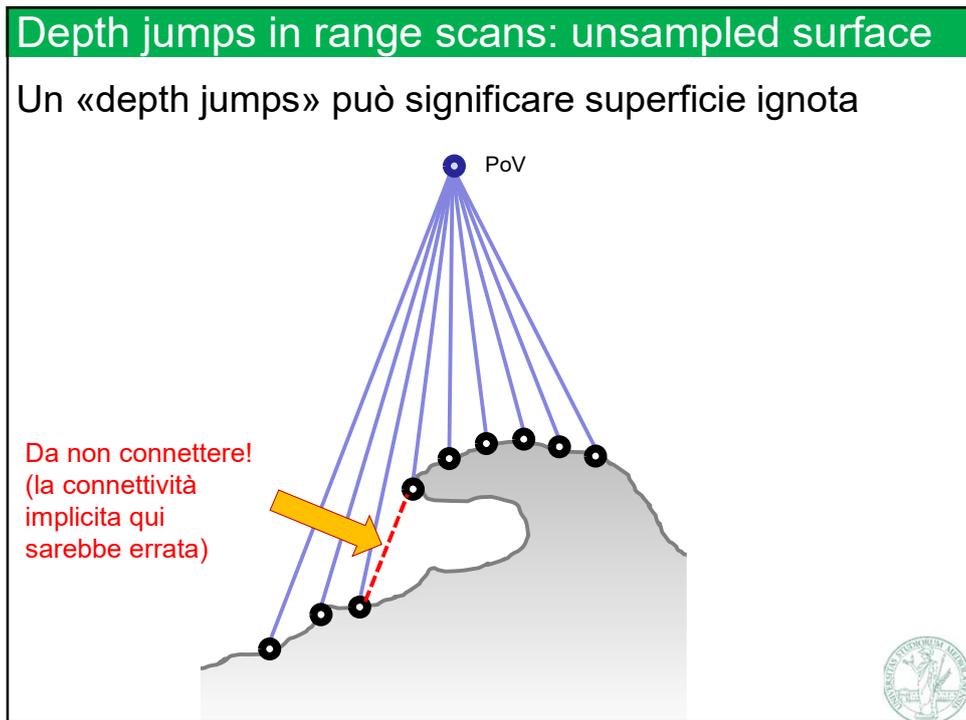
La connettività implicita ne fa una **Triangular Mesh** (completametne regolare, 2 manifold, ben orientata)



Vanno però evitati evitati i triangoli che hanno vertici definiti come nulli o che sono attraversano salti sulla zeta (criterio basta scartare triangoli troppo grandi. Es: di area.)



30



31



32

Range Scan VS Height field

La semantica è molto differente

height field **range scan**

34

Geometry images

```
var geoImage [resX][resY] Point;
```

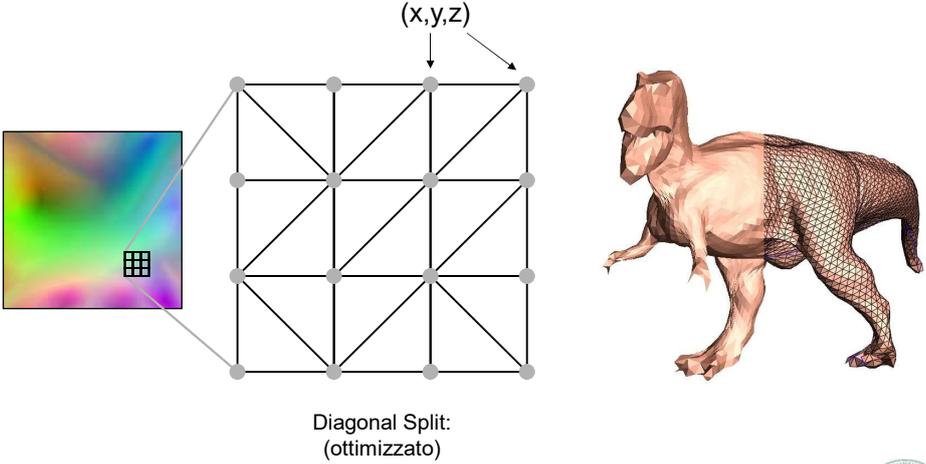
- ✓ Una griglia regolare che memorizza direttamente campioni come punti 3D
 - ⇒ Introdotta da Hugues Hoppe (2002)
 - ⇒ Mesh regolare con connettività implicita

XZY per punto
(mostrato come RGB)

35

Geometry images

✓ Connettività implicita



Diagonal Split:
(ottimizzato)



36

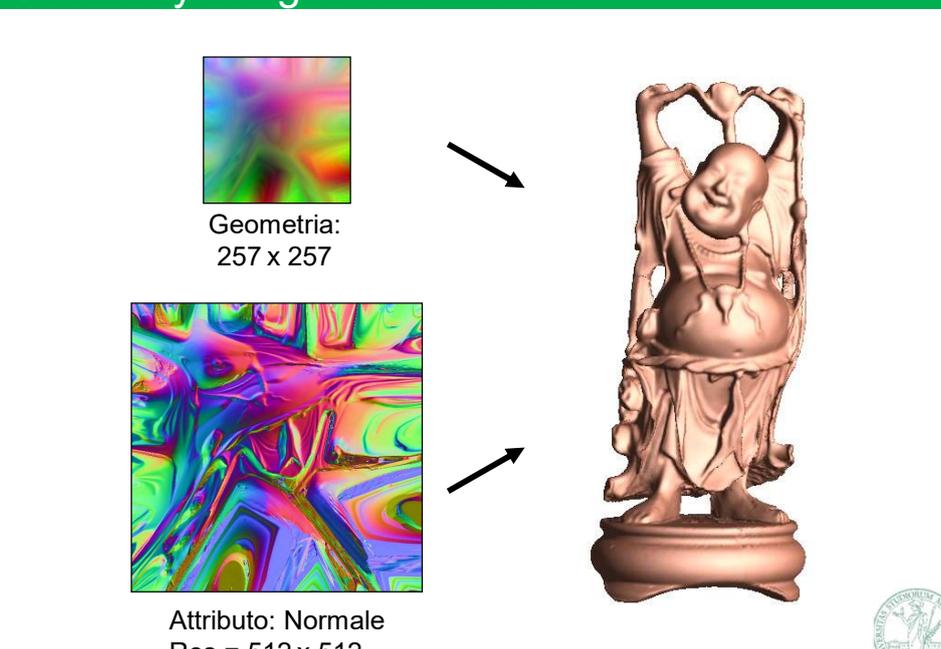
Geometry images come mesh

- ✓ Una *geometry image* memorizza la **geometria** di una mesh
 - ⇒ In una griglia regolare $resX \times resY$
 - ⇒ Rappresentando x,y,z come r,g,b si ottiene un'immagine vera e propria :-D
- ✓ La **connettività** è implicita
 - ⇒ Opzionale: diagonale split ottimizzato (scegliere quello dei 2 che genera l'edge più corto)
- ✓ Gli **attributi** possono essere memorizzati in griglie come la geometria
 - ⇒ Alla stessa risoluzione $resX \times resY$
 - ⇒ Oppure: ad una risoluzione diversa! $resX \times resY$



37

Geometry Images con attributi



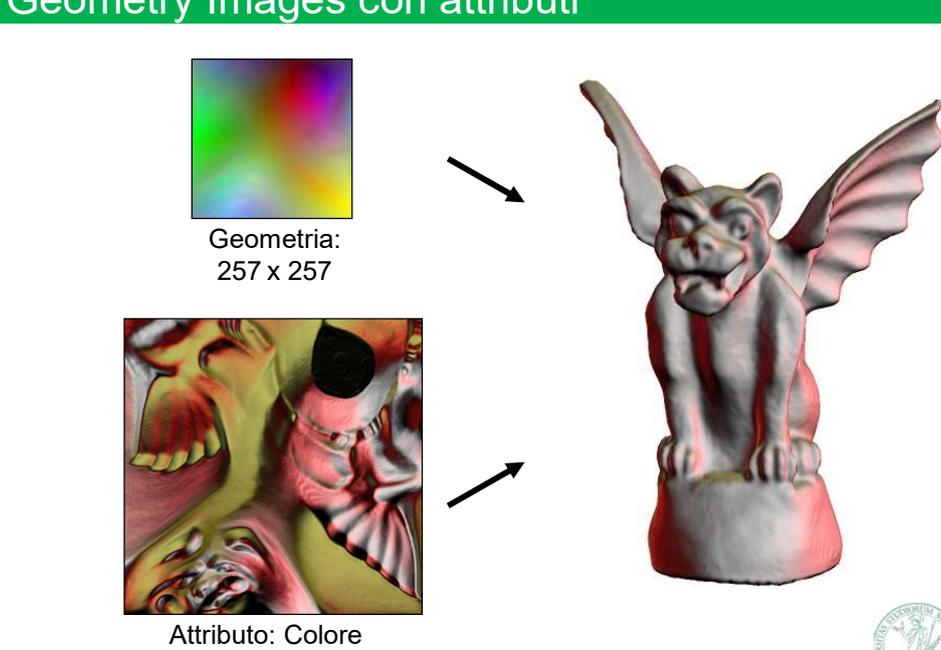
Geometria:
257 x 257

Attributo: Normale
Res = 512 x 512



38

Geometry Images con attributi

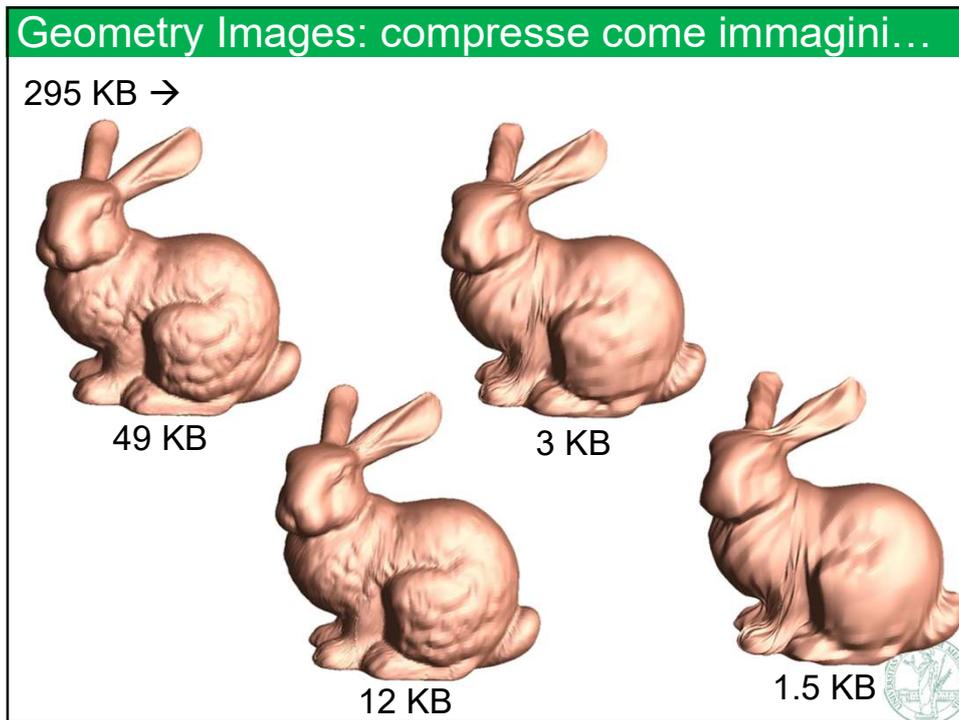


Geometria:
257 x 257

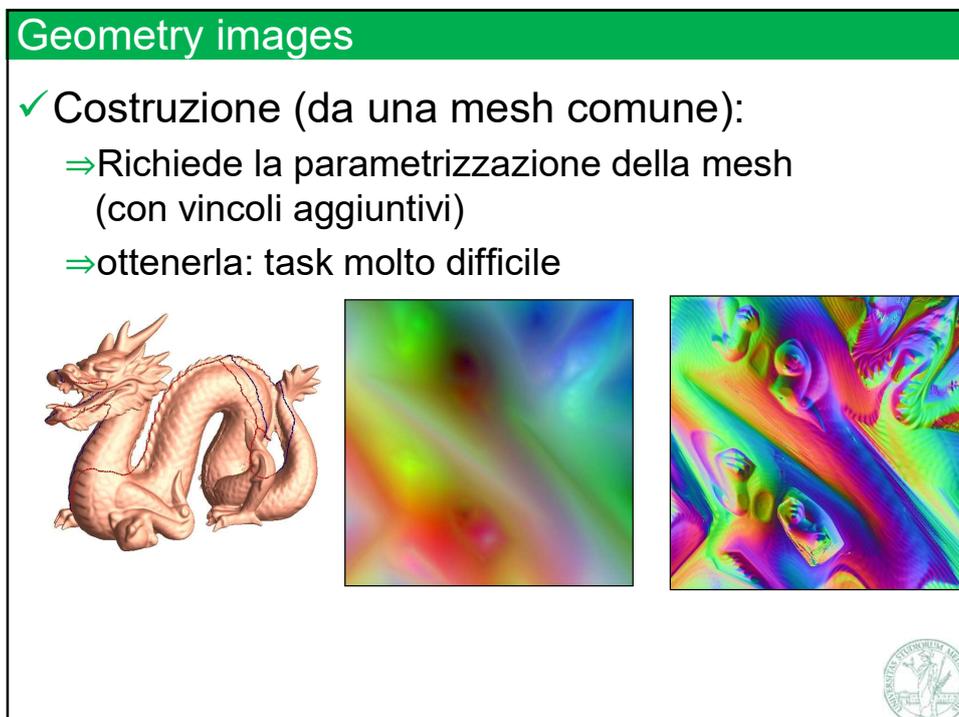
Attributo: Colore
Res = 512 x 512



39



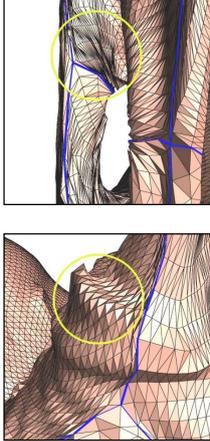
40



41

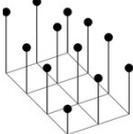
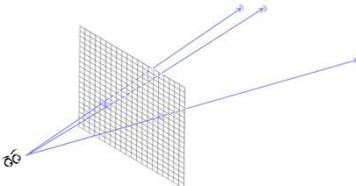
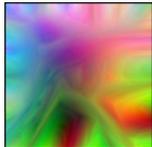
Geometry images: difetti

- ✓ Oltre a quelli comuni (no adattività, etc)
- ✓ Costruzione automatica onerosa
- ✓ Gap sui tagli della parametrizzazione
- ✓ Difetti di campionamento
- ✓ Usi molto limitati
⇒ limitate a argomento di ricerca



42

Recap

Height Field	Range scans	Geometry Image
		

- ✓ Sono strutture dati **superficiali**
- ✓ Bastate su un concetto simile:
 - ⇒ Un campionamento della superficie
 - ⇒ ...i cui campioni sono memorizzati in 1 **griglia regolare 2D**
 - ⇒ Molti altri vantaggi comuni (connettività implicita,...)



43