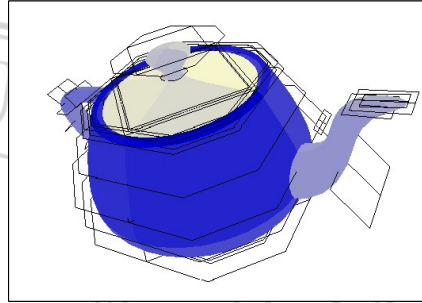


Marco Tarini - Computer Graphics - 2025/2026
Università degli Studi di Milano

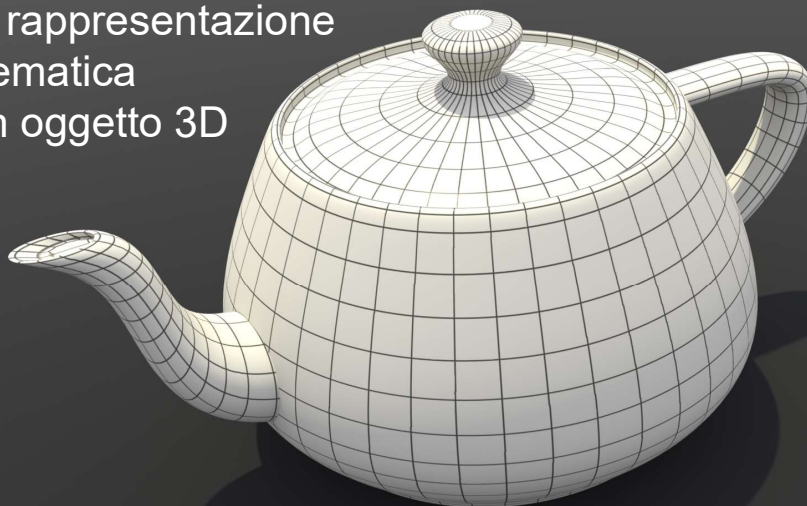
Modelli 3D digitali: in generale



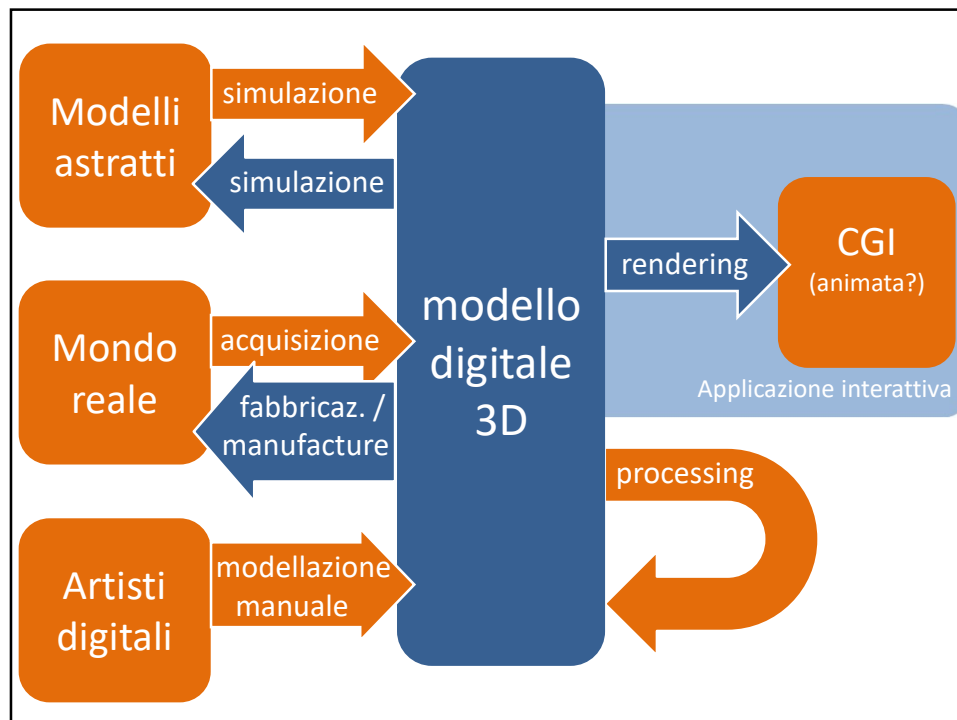
1

Modello digitale 3D

Una rappresentazione
matematica
di un oggetto 3D



2



3

Modelli digitali 3D: fonti e utilizzi

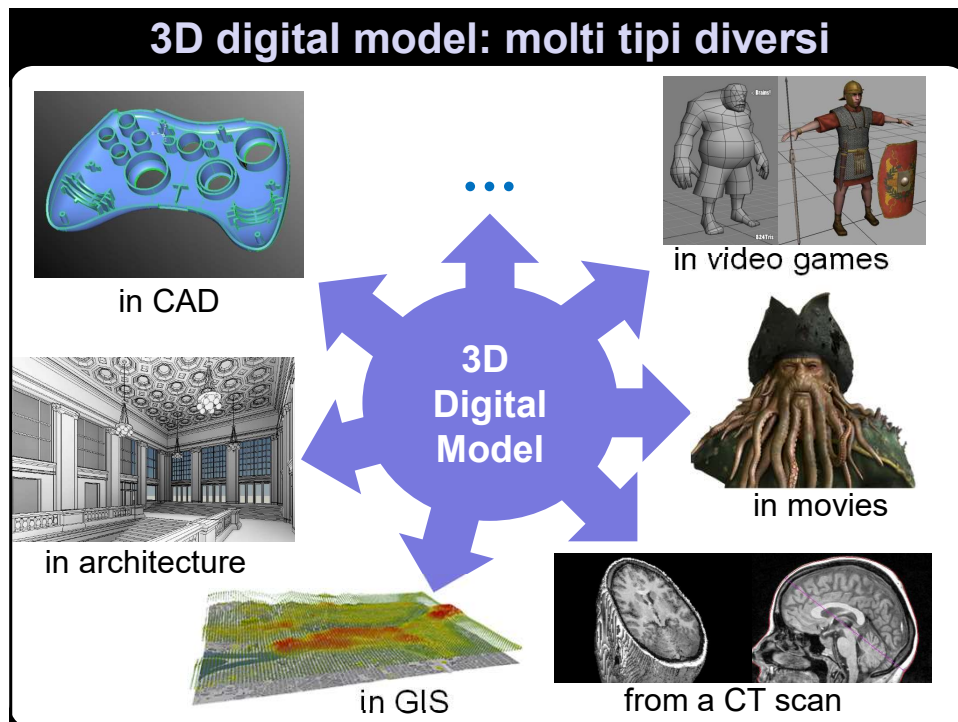
✓ Origini:

- ⇒ Da simulazione
(es: a partire da un modello di maremoto...)
- ⇒ Cattura:
detta: acquisizione 3D
cioè attraverso
misurazioni reali
(es: una scansione laser)
(es: una TAC)
- ⇒ Modellazione manuale
da parte di artisti digitali
(es: digital sculpting,
direct low-poly modelling)
(attraverso appositi
strumenti software)

✓ Usi:

- ⇒ Producono nuova
informazione sul modello
astratto che gli ha
generate
- ⇒ Realizzazione fisica,
come fabbricazione
(es 3D printing o alter
forme di rapid prototyping)
o industria manifatturiera
(in grande scala)
- ⇒ Rendering,
offline (es. film)
o
real-time (es videogame,
VR o altri usi interattivi)

4



5

Modelli digitali 3D: molti approcci diversi

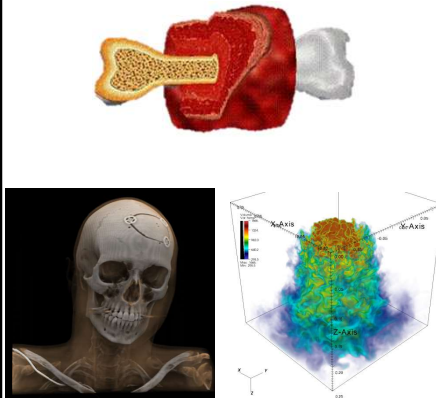
- ✓ Esistono molti tipi diversi di modello 3D digitale
 - ⇒ Diverse risposte alla domanda: «come codifico un oggetto 3D in un computer?»
- ✓ Gli approcci differiscono fra loro in...
 - ⇒ Cosa viene rappresentato (per es: una superficie? Un volume?)
 - ⇒ Quali strutture dati usate
 - ⇒ Utilizzabilità e capacità (sono animabili? Sono stampabili? Sono editabili? ...)
- ✓ Anche i modelli di uno stesso tipo differiscono per
 - ⇒ caratteristiche (come la risoluzione, la qualità)
 - ⇒ origine (come abbiamo visto)
 - ⇒ qualità
- ✓ Esistono anche tecniche (di geometry processing) per passare da un tipo all'altro
 - ⇒ Quale modello è necessario ottenere? Dipende sempre dall'applicazione target!



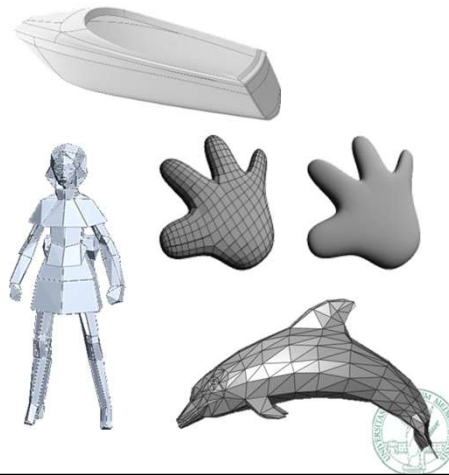
6

Types of 3D digital models

✓ Volume-based



✓ Boundary representations ("3D surfaces")



7

Volume VS boundary representations

✓ Rappresentazioni volumetriche

- ⇒ Modellano l'oggetto come un volume
- ⇒ Rappresentato sia l'interno, che il bordo, che (a volte) anche l'esterno dell'oggetto
- ⇒ Esempio: l'output di una TAC

✓ Rappresentazioni superficiali (o boundary representations)

- ⇒ Modellano solo il bordo (il confine, «la buccia», il *boundary*) dell'oggetto 3D – cioè la **superficie** che lo delimita
- ⇒ In generale sono meno onerose (occupano meno memoria)
- ⇒ Sono più comunemente usate (per es, nei videogames)
- ⇒ Motivazione: degli oggetti solidi vediamo solo la superficie. (a meno che non siano trasparenti o traslucidi). Quindi, il rendering lavora solo su questa.



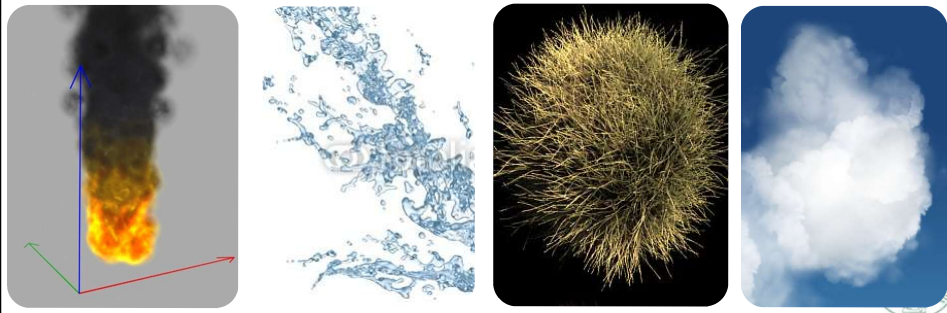
8

Types of 3D digital models

✓ Volumetric models

✓ Surfaces

✓ Strutture ibride



9

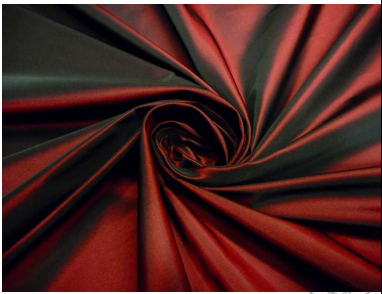
Non solo forma ma anche aspetto

✓ Un modello 3D può includere una descrizione del suo “*materiale*”:



10

“Materiale”

- ✓ Il *materiale* (inglese: *material*) nel contesto della Computer Graphics
 - ⇒ Una struttura dati che modella *il modo in cui un intorno di una superficie reagisce alla luce*
- ✓ Risponde quindi a domande del tipo:
 - ⇒ “Di che colore è?”
- ✓ Ma anche le altre caratteristiche ottiche:
 - ⇒ E' lucido o opaco?
 - ⇒ Che tipo di riflessi manifesta?
 - ⇒ E' (semi)trasparente?
 - ⇒ E' traslucido?
 - ⇒ E' cangiante? 
 - («cambia di colore al variare dell'incidenza della luce»)

12

“Materiale”

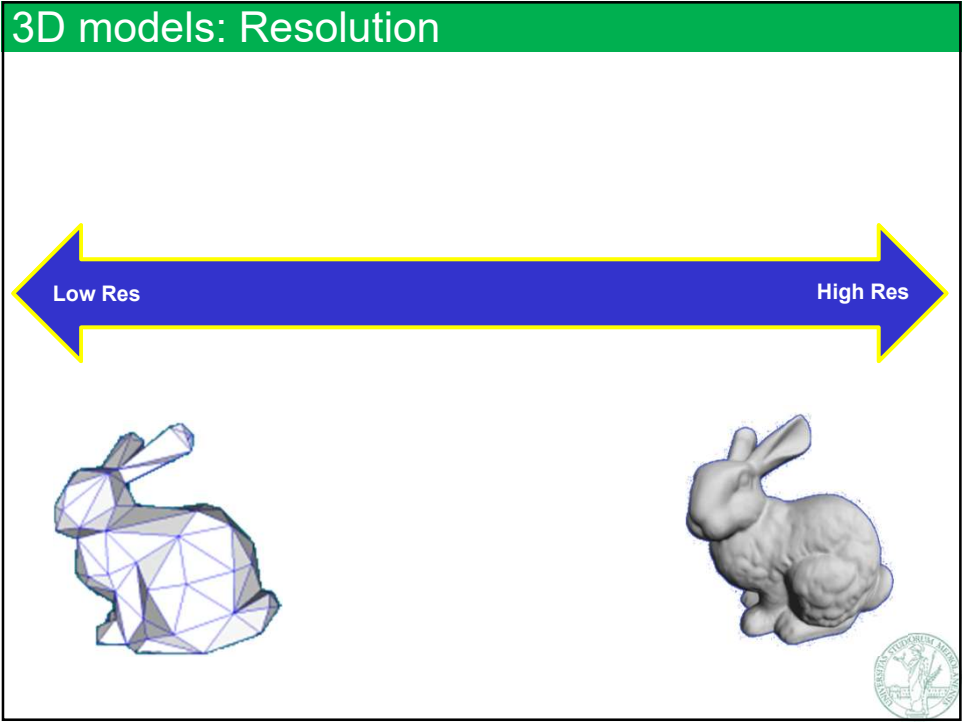
- ✓ Questi fattori, negli oggetti reali, dipendono da:
 - ⇒ Proprietà elettriche
(esempio: è dielettrico? È conduttore?)
 - ⇒ Micro-struttura 3D
(esempio: una superficie metallica coperta di micrograffi, avrà un “materiale” differente da una superficie metallica levigata)
(esempio: una superficie di raso o velluto è caratterizzata da una fitta rete di microtuboli)
(esempio: il materiale di un tessuto dipende anche dalla conformazione dei fili di trama e ordito)
 - ⇒ Presenza di layer superficiali
(esempio: il «materiale» che modella la pelle umana ha caratteristiche che sono dovute all'insieme dei vari stati epidermici sovrapposti)
(esempio: il «materiale» che modella una superficie bagnata riflette la presenza di rivestita da un sottile strato di liquido)
- ✓ Un «materiale» in CG solitamente non rappresenta esplicitamente nessuna queste proprietà, ma modella il loro effetto complessivo nell'interazione fra superficie e luce



13



14



15

3D models: Risoluzione (in generale)

- ✓ Per tutti i tipi di modelli 3D abbiamo un concetto di **risoluzione** (detta anche : **complessità**)
 - ⇒ bassa risoluzione => basso costo (in termini di RAM, di storage, di tempo di rendering...)
 - ⇒ alta risoluzione => alta qualità (in termini di quantità di dettagli, aderenza del modello all'originale, fotorealismo...)
- ✓ La risoluzione di un modello 3D deve essere adeguata al contesto applicativo
- ✓ Per ogni categoria di modello (3D o no), la «risoluzione» si misura in modo diverso
 - ⇒ Per es: nelle immagini di tipo «raster» (matrici di pixel) risoluzione = numero di pixel (per unità di superficie) misurata (ad es) i Mega-Pixel (milioni di pixel) o DPI (punti – cioè pixel – per pollice): es: una immagine 1000x1000 = 1 Mega-Pixel



16

3D models: Resolution

Alcune strutture dati per modelli 3D sono

MULTI-risoluzione

- ✓ comprendono «livelli» diversi di risoluzione per lo stesso modello
- ✓ cioè: lo stesso oggetto è rappresentabile a risoluzione diversa in momenti diversi
- ✓ scopo: consentire di utilizzare di volta in volta la risoluzione più adatta alle mutevoli situazioni
- ✓ Varianti di multi-risoluzione:
 - ⇒ variazione **discreta** della risoluzione o «livelli di dettaglio discreti»: si memorizza una piccola collezione di modelli 3D, ciascuno ad una risoluzione diversa, per es «alta» «media» «bassa»)
 - ⇒ variazione **continua** risoluzione, quando è possibile estrarre dinamicamente da un'unica struttura dati un modello ad una risoluzione richiesta che varia liberamente (in un range fra min e max)



17

3D models: Adaptive Resolution

Alcune strutture dati per modelli 3D ammettono:

Risoluzione adattiva

- ✓ Risoluzione diversa in parte diverse dell'oggetto
- ✓ Il modello presenta una risoluzione differente in zone diverse (contemporaneamente)
- ✓ per es, in modo che dipende dalla loro importanza semantica, o dalla quantità di dettaglio geometrico locale

Contrario: **fixed resolution**

- ✓ Ad esempio, un'immagine raster non ha risoluzione adattiva: se sono 100 DPI in alto a sinistra, sono 100 DPI in tutta l'immagine

⇒ DPI = *dot per inches* (pixel per pollice quadrato)
(una misura di risoluzione *per immagini raster*)

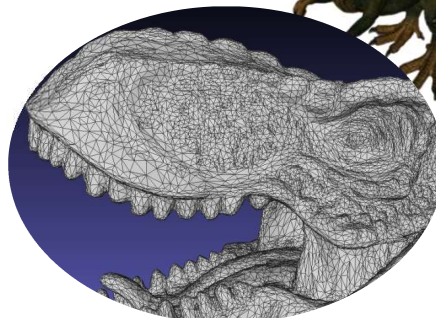
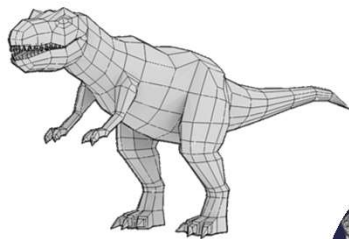


18

3D models: Capabilities

- ✓ Facili da editare/modificare

- ✓ Non consentono facilmente editing/modifiche



«Dino»,
scanned
by artec3d



19

3D models: risoluzione

✓ Low-res model:
adatto
per real-time rendering

✓ High-res model:
adatto
per offline rendering



20

3D models: Capabilities

✓ Editabilità

⇒ Alcuni tipi di modelli 3D si prestano meglio di altri ad essere modificati in modo semplice ed intuitivo da operatori umani (3D modellers)

⇒ I modelli 3D usati nel CAD e nel design, ad esempio, devono avere questa caratteristica



21

3D models: Capabilities

✓ “Simulation grade”

- ⇒ Adatti ad essere il soggetto di una simulazione
- ⇒ come:
FEM,
collision detection
...

✓ Oppure no

- ⇒ a causa di vari difetti
- ⇒ Come per es:
rumore,
incompletezza,
inconsistenze
(per esempio, in dati
volumetrici, elementi con
volume negative)



23

3D models: Capabilities

✓ Statici

- ⇒ 3D
- ⇒ (in questo corso
ci occupiamo
solo di questa
categoria)



✓ Animati

- ⇒ 3D + Tempo
- ⇒ Il modello include
animazioni, movimenti,
deformazioni



26

3D models: Capabilities

✓ Stampabili?

⇒ Non tutti i modelli 3D si prestano ad essere usati come input per una stampante 3D o altre tecniche di *rapid prototyping*

⇒ Ad esempio, i modelli superficiali devono essere «chiusi» per essere stampabili, cioè devono delimitare uno spazio interno da un esterno (e questo non è necessariamente il caso per un modello 3D dato)



27

Una (imperfetta) categorizzazione dei tipi di modelli digitali 3D					
		ELEMENTI DISCRETI			CONTINUI
		regolari <i>«a griglia»</i>	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

30