



1

Qualche definizione

CG: Computer Graphics
il campo dell'informatica che si occupa della sintesi e manipolazione del **contenuto visuale**.

CGI: Computer Generated Imagery
Immagini generate dal computer



2

Qualche definizione

- ✓ 3D Computer Graphics:
 1. Gestione (creazione, manipolazione, ...) di modelli 3D
 2. Sintesi di immagini (CGI) a partire da questi
- ✓ E' un campo molto vasto
 - ⇒ Questo è un corso [introduttivo](#)



3

Computer Graphics: applicazioni

- ✓ Cultural heritage
 - ⇒ musei virtuali
 - ⇒ supporto al restauro
 - ⇒ supporto allo studio
- ✓ Mediche
 - ⇒ supporto alla diagnosi
 - ⇒ simulazioni, telechirurgia...
- ✓ Architeturali
 - ⇒ supporto al design
 - ⇒ previews
- ✓ Manufacturing
 - ⇒ Computer Aided Design
- ✓ Di intrattenimento
 - ⇒ Videogames
 - ⇒ Cinema
 - Visual effects,
 - CGI movies
- ✓ Scientifiche
 - ⇒ Scientific Visualization
 - ⇒ Data Visualization
- ✓ E-Commerce
 - ⇒ Product display
- ✓ Virtual Reality
 - ⇒ augmented reality
 - ⇒ telepresence



6

Computer Graphics: applicazioni

✓ Entertainment: movie industry

⇒ visual effects (non special effects)



7

Effetti *Visuali*

VS

Effetti Speciali



- (in post-produzione)



(sul set)
(es: stuntmen, corde, esplosioni, ...)

8

Computer Graphics: applicazioni

✓ Entertainment: movie industry

⇒CG shorts

⇒Feature movies



10

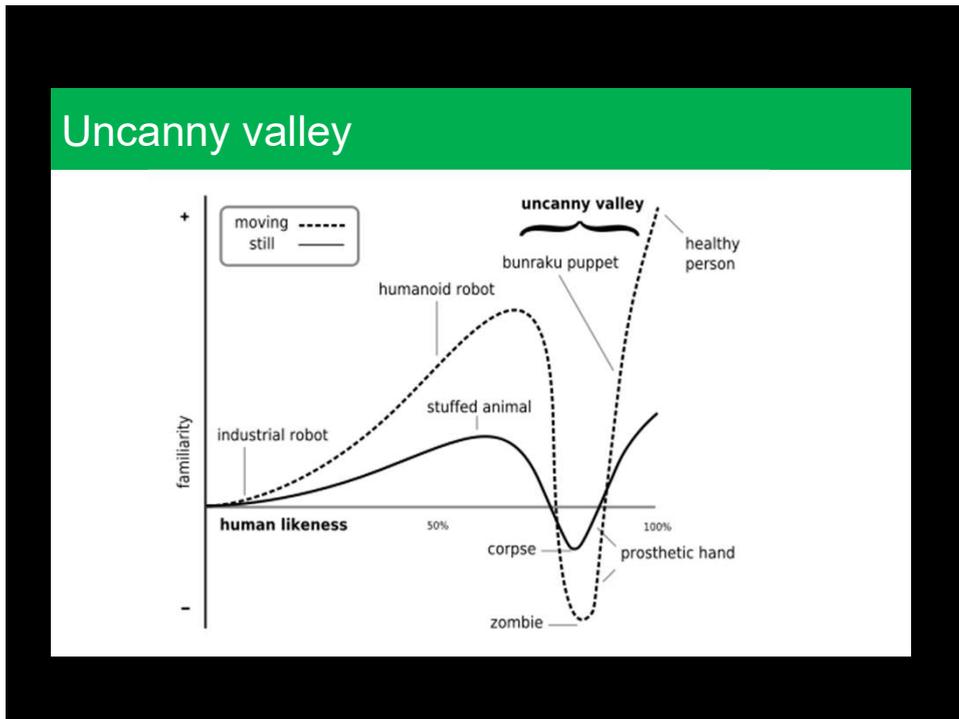
Computer Graphics: applicazioni

✓ Entertainment: movie industry

⇒Feature movies
fotorealistici



11



12

Computer Graphics: applicazioni

- ✓ Entertainment: videogames
 - ⇒ forza trainante del settore

Battlezone - Atari 1980

Tailgunner - Cinematronics 1979

13

Computer Graphics: applicazioni

✓ Entertainment: videogames



The image contains two side-by-side screenshots from video games. The left screenshot is from Virtua Fighter, showing two characters, Ryu and Jacky, in a fighting arena. The right screenshot is from Doom, showing a first-person view of a player holding a gun and shooting at a demon in a hallway. The Doom screenshot includes a HUD with health, ammo, and other stats.

14

Computer Graphics: appl

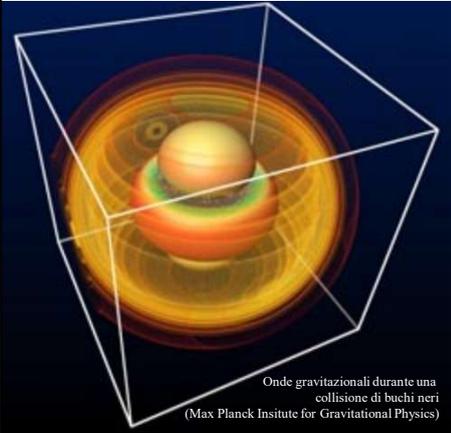
✓ Entertainment:
videogames
⇒ forza trainante
del settore



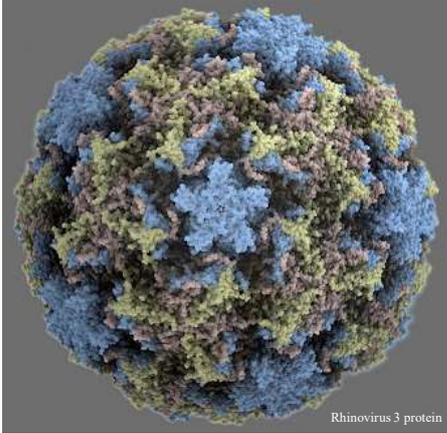
The image contains three screenshots from video games. The top right screenshot is from Grand Theft Auto, showing a character in a green jacket walking on a city street. The bottom left screenshot is from Doom 3, showing a character in a dark, industrial environment. The bottom right screenshot is from World of Warcraft, showing a character in a blue, mountainous landscape.

15

Visualizzazione Scientifica



Onde gravitazionali durante una collisione di buchi neri
(Max Planck Institute for Gravitational Physics)



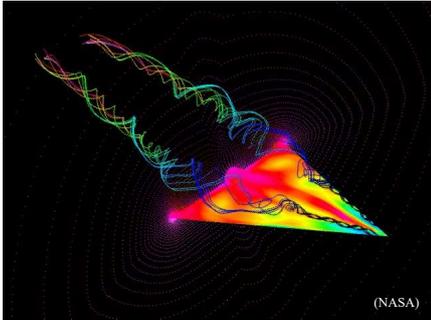
Rhinovirus 3 protein



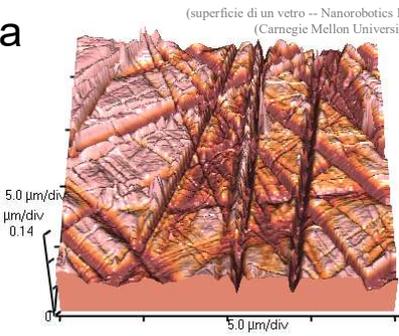
17

Visualizzazione Scientifica

✓ Visualizzazione Scientifica
⇒ aka: SciVis ,
visual data analysis ...

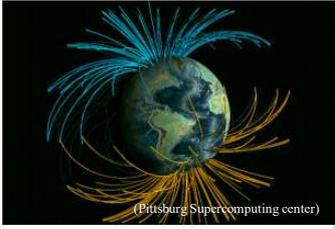


(NASA)



(superficie di un vetro -- Nanorobotics Lab
(Carnegie Mellon University))

5.0 $\mu\text{m}/\text{div}$
 $\mu\text{m}/\text{div}$
0.14
0
5.0 $\mu\text{m}/\text{div}$



(Pittsburg Supercomputing center)

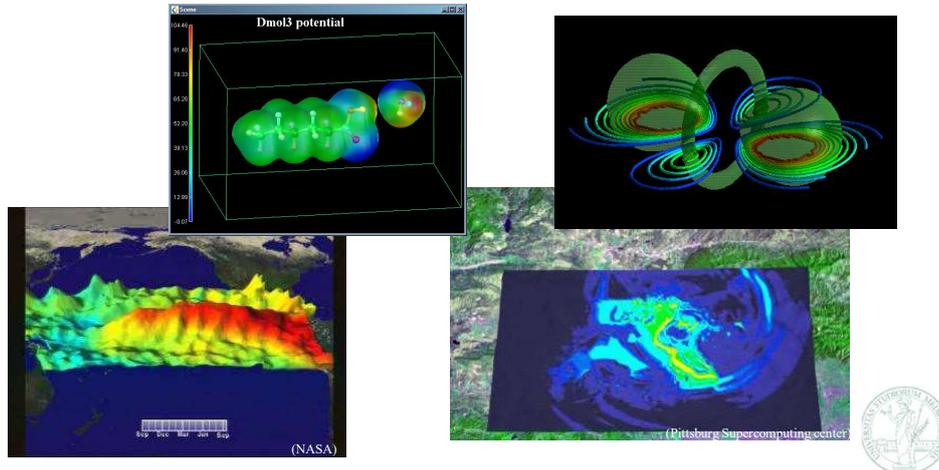


18

Visualizzazione Scientifica

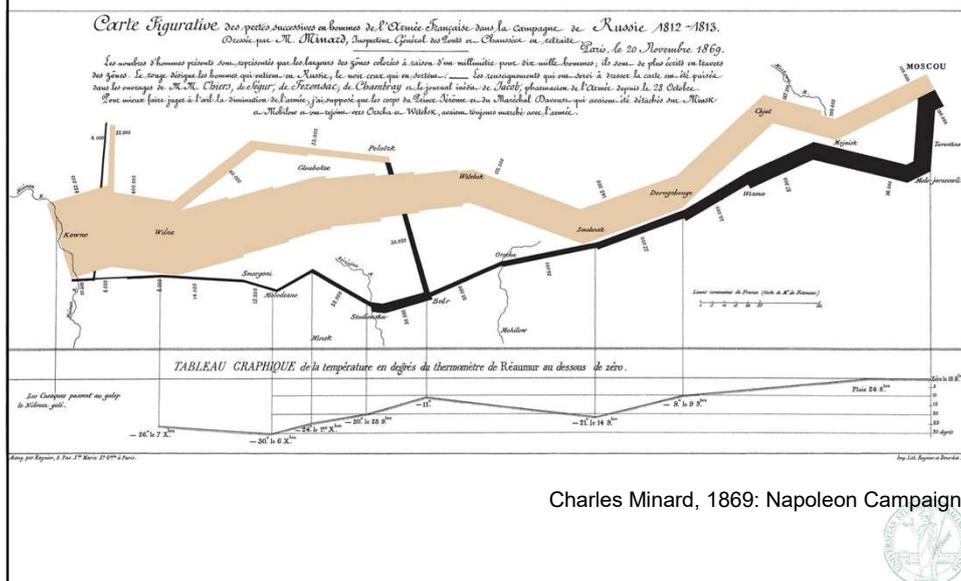
✓ Visualizzazione Scientifica

⇒ aka: SciVis , visual data analysis ...



19

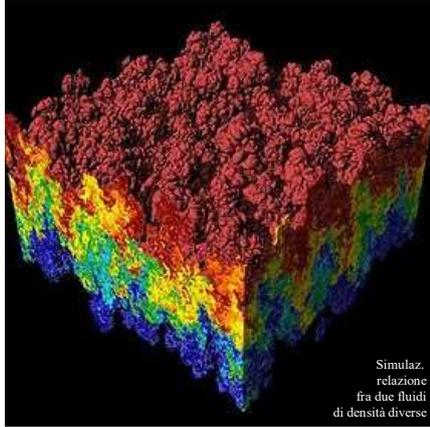
Data Visualzion: an early example



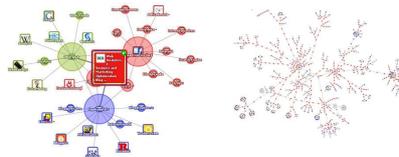
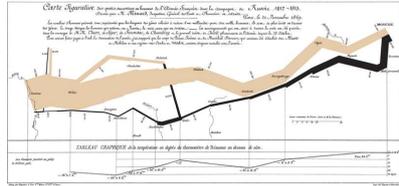
Charles Minard, 1869: Napoleon Campaign

22

Scientific Visualization VS Data Visualization



Simulaz.
relazione
fra due fluidi
di densità diverse



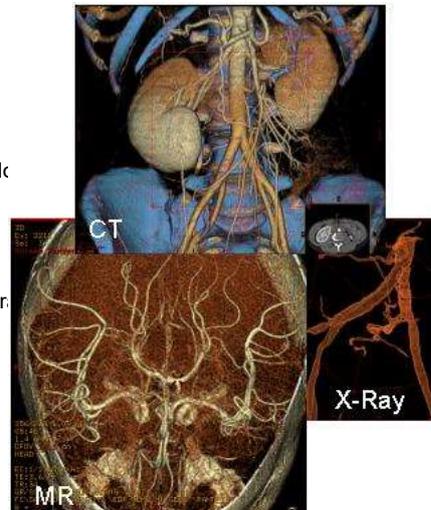
23

Computer Graphics: applicazioni

✓ Visualizzazione Scientifica

⇒ aka: SciVis , visual data

- Visualizzazione di *dati scientifici*
 - fenomeni meteorologici, medici, biol
fisici, astrofisici,
etc etc
- Origine dei dati:
 - l'output di una simulazione
 - *acquisiti* con qualche sistema di misur.
Tipicamente: grandi quantità di dati

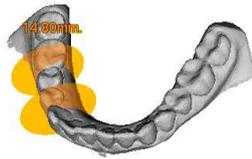
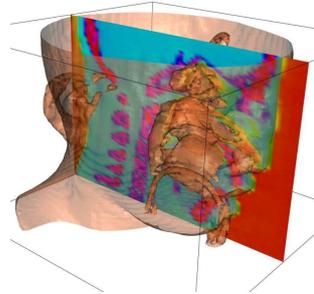


27

Computer Graphics: applicazioni

✓ applicazioni medicali

- ⇒ supporto alla diagnosi
 - e.g. visualizz. CAT scans
- ⇒ chirurgia virtuale
- ⇒ tele-chirurgia

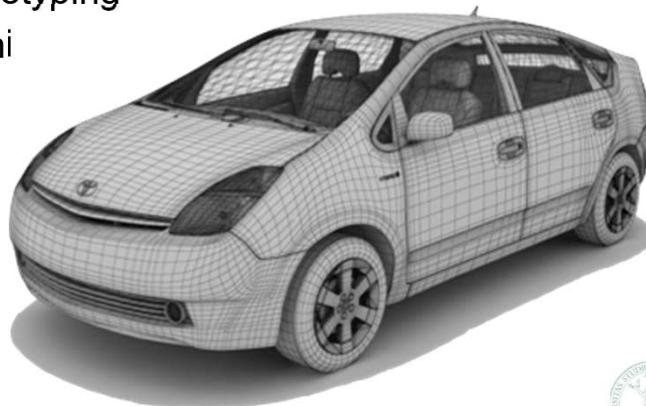


28

Computer Graphics: applicazioni

✓ Industria Manifatturiera

- ⇒ CAD
- ⇒ Rapid Prototyping
- ⇒ Simulazioni
- ⇒ ...

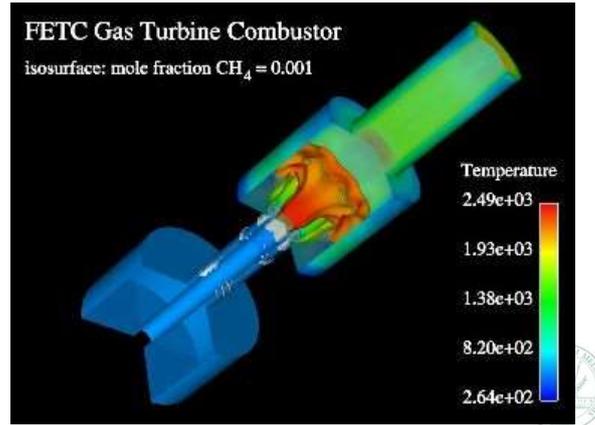


29

Computer Graphics: applicazioni

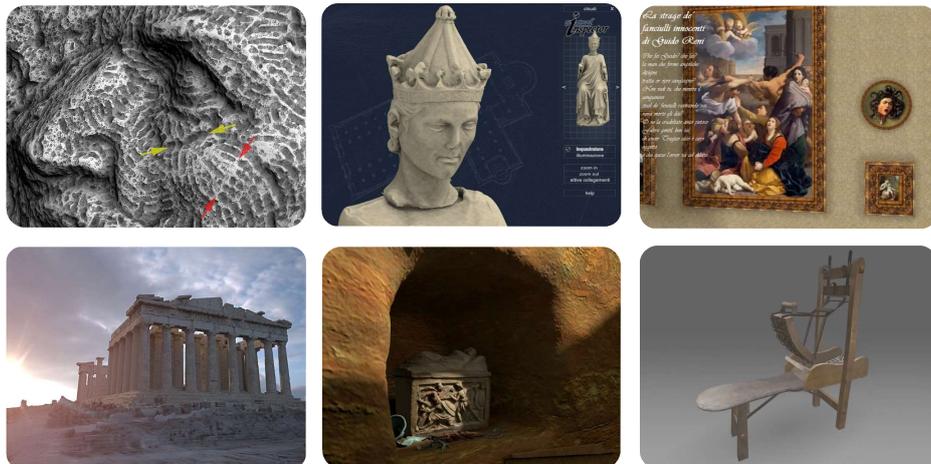
✓ Industria Manifatturiera

- ⇒ CAD
- ⇒ Rapid Prototyping
- ⇒ Simulazioni (e.g. FEM)
- ⇒ ...



30

Computer Graphics for Cultural Heritage



31

Uso di modelli 3D nei Beni Culturali

Uno strumento per:

✓ Supporto alla fruizione / Presentazione

⇒ esempi:

musei virtuali, chioschi interattivi in musei reali, presentazioni web, televisive...

✓ Supporto alla catalogazione:

⇒ documentazione

⇒ domino a cui associare altre informazioni («GIS per oggetti 3D»)

✓ Supporto all'indagine / studio

⇒ supporto al restauro

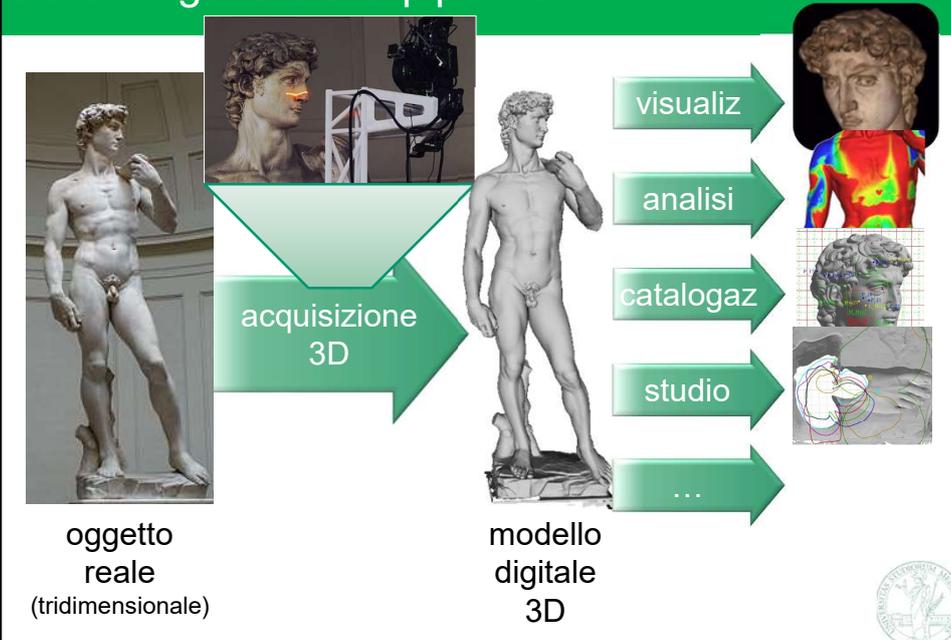
⇒ rilevazione, simulazione fisica

⇒ visualizzazione scientifica



32

Schema generale di pipeline



35

Beni Culturali: Fruizione

✓ Beni Culturali

- ⇒ musei virtuali
- ⇒ supporto multimediale musei tradizionali



The screenshot shows a virtual museum interface. On the left, a window titled 'Inspector' displays a 3D model of a classical statue, showing two views: a full-body view and a close-up of the torso. The interface includes a 'Virtual Reality' logo and a 'Virtual Inspector' label. On the right, a larger window displays a digital reproduction of Raphael's painting 'The Cowherd' (Cervus dama). The interface also features a search bar and navigation controls.

36

Computer Graphics: applicazioni

✓ Beni Culturali

- ⇒ presentazione
- ⇒ (anche su web)



The screenshot shows a virtual museum interface. The main window displays a 3D model of a classical painting, 'Daino' (Cervus dama), showing a woman and a child in a landscape. On the right, a detailed information panel is visible, containing the following text:

Daino
Cervus dama
Mammalia
Medio oriente
Femmina albina.

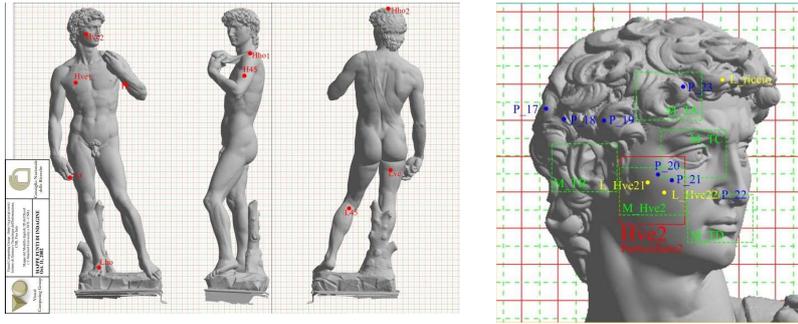
☆☆☆☆ Cerca immagini Cerca info

Esempiori di Daino nella sala:
1 2 3 4

37

Beni Culturali: Restauro

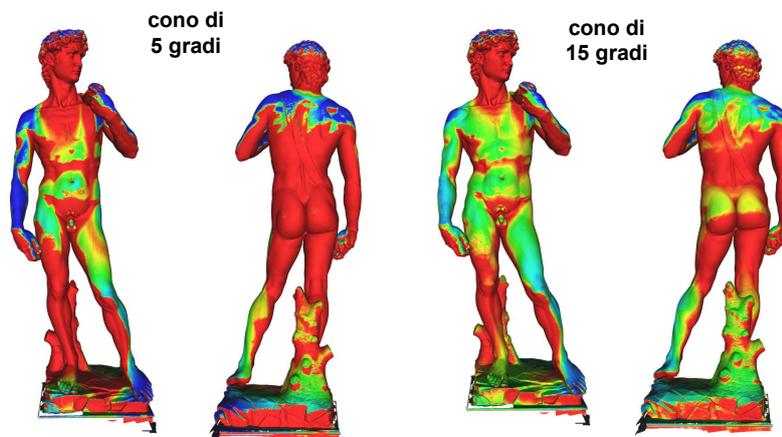
- ✓ CGI sostituisce campagna fotografica
- ✓ Acquisizione dell'opera prima e dopo il restauro e confronto geometrico delle differenze



38

Beni Culturali: Studio

- ✓ ES: Simulazione caduta contaminanti

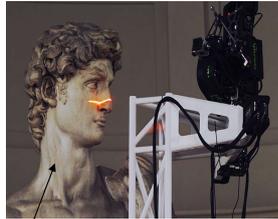


40

Beni Culturali: i mezzi

- Acquisizione della forma geometrica (3D acquisition)

Strumento di acquisizione



oggetto reale



Rappresentazione digitale



42

Beni Culturali: i mezzi

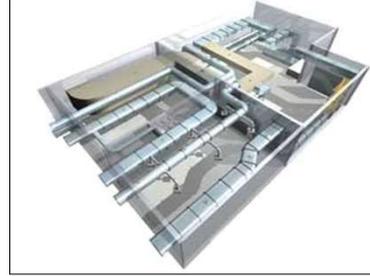
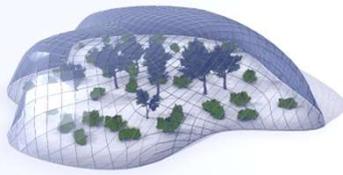
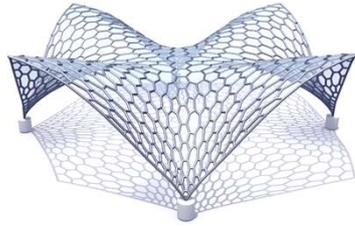
- ✓ Acquisizione della forma geometrica (come, per es, il 3D scanning)



43

Computer Graphics: applicazioni

- ✓ Applicaz. architeturali:
 - ⇒ supporto al design



46

Computer Graphics: applicazioni

- ✓ Applicaz. architeturali:
 - ⇒ CGI: una review come strumento di comunicazione, assessment, etc.



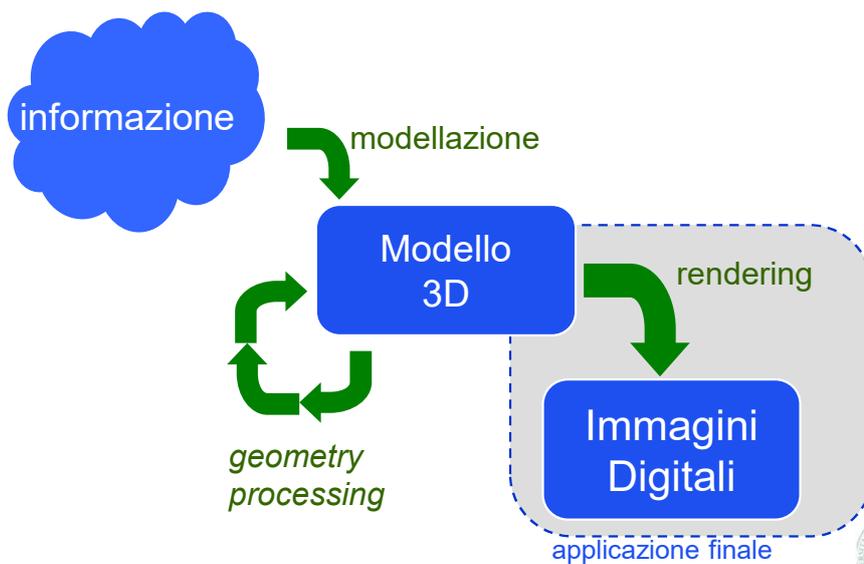
47

Computer Graphics – applicazioni: VR

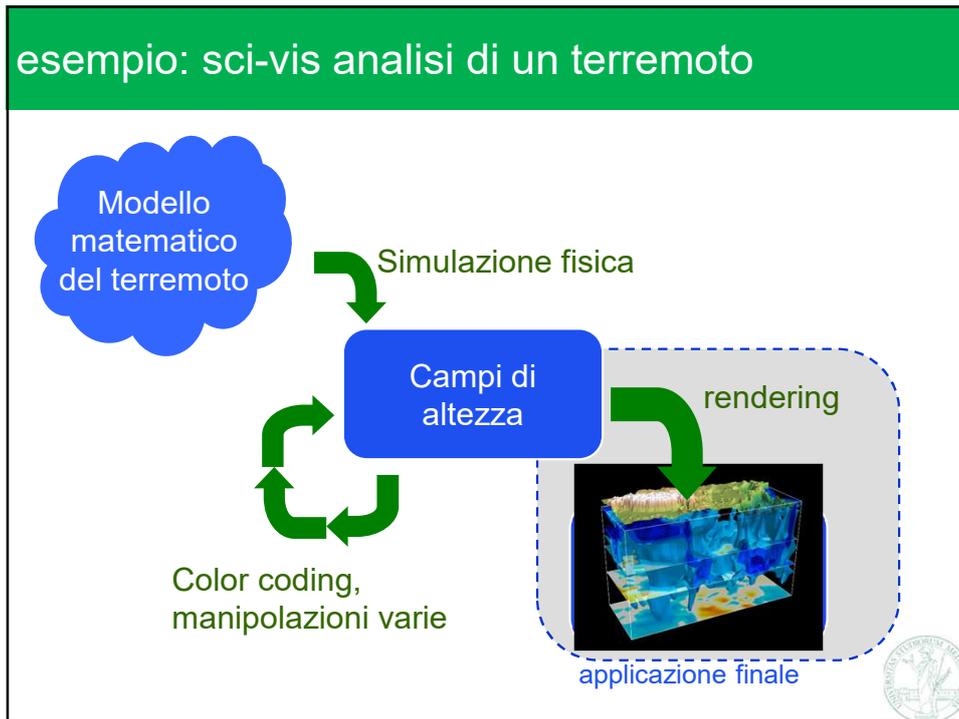


48

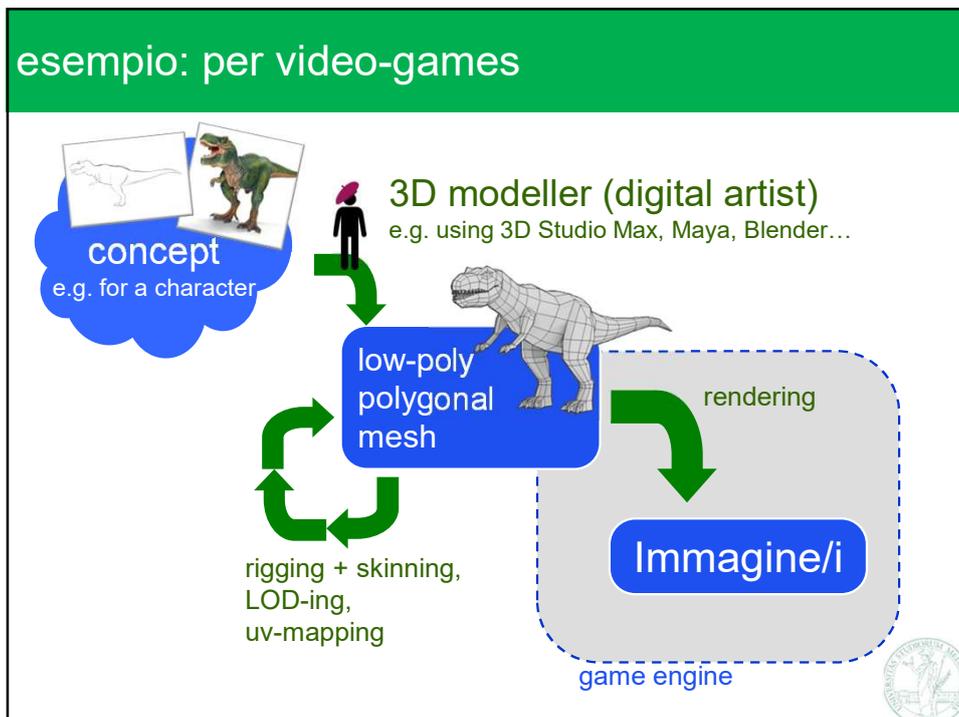
Applicazioni di CG: schema generale



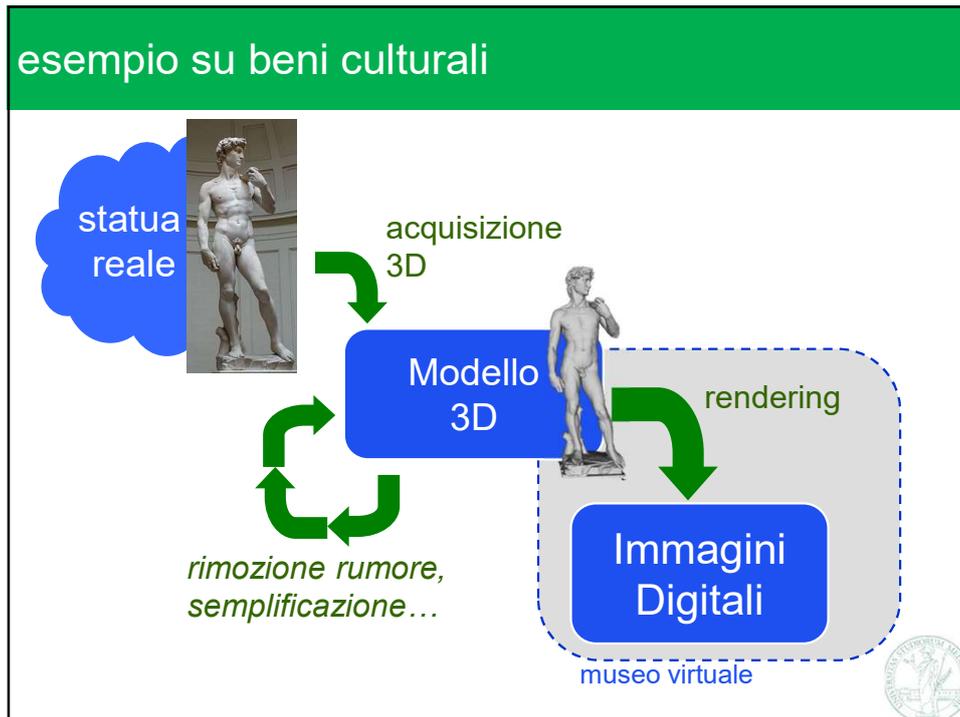
50



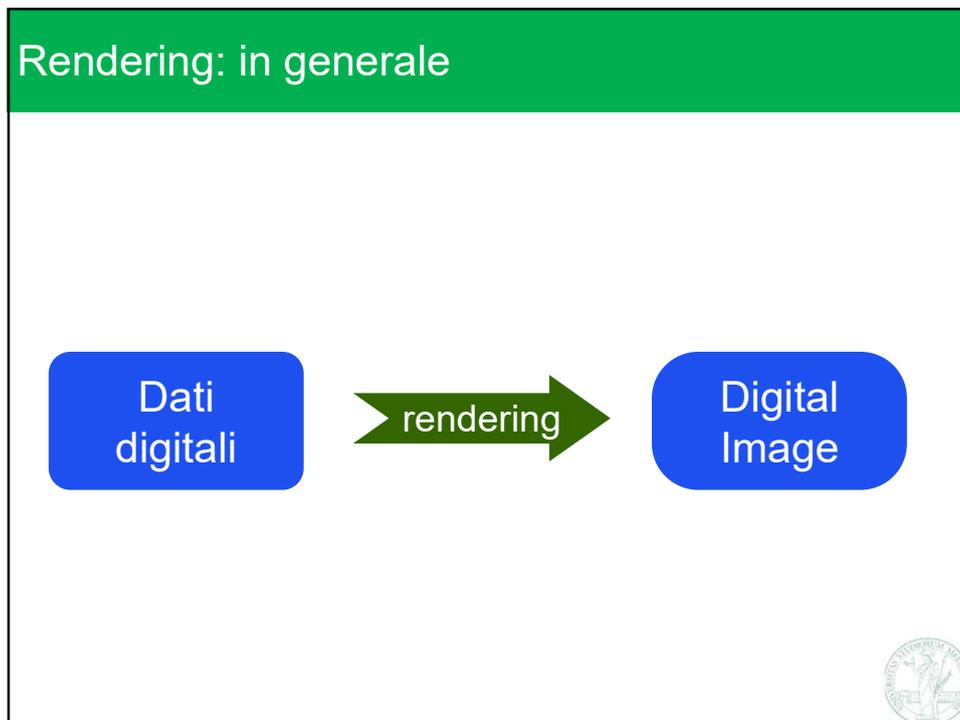
51



52



53



54

Rendering: in generale

✓ Esempio: in un web browser

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<title>SIGGRAPH 2005</title>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<link rel="stylesheet" href="index.css" type="text/css" />
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/flash.css" />
<script type="text/javascript" src="flash_detect5.js"></script>
<script type="text/javascript">
<!--
function MM_swapImgOnError() { //v3.0
var i,x,a=document.MM_arr;
for (i=0;i<a.length;i++) {x=a[i];a.swapImage(x)}
}
function MM_swapImage() { //v3.0
var i,j=0,x,a=MM_swapImage.arguments; document.MM_arr=new Array;
for (i=0;i<a.length;i++) {
if (i==MM_findObj(a[i])) {x=a[i];document.MM_arr[j++]+=x; if (i==a.length-1) document.swapImage(x)}
}
function MM_findObj(n, d) { //v4.01
var p,i,x; if (!d) d=document;
if ((p=d.getElementById) && !p) p=d.getElementsByTagName(n);
if (!p) p=d.getElementsByTagName("*");
if (!p) p=d.getElementsByTagName(n);
if (!p) p=d.getElementsByTagName("*");
if (!p) p=d.getElementsByTagName(n);
if (!p) p=d.getElementsByTagName("*");
return p[0];
}
}
...

```



Codice HTML + immagini + css + etc
(il modello di una pagina web)

L'immagine che appare
nel browser



55

Rendering: nel contesto di questo corso



3D Model → 3D rendering → Digital Image



56

Rendering

✓ Rendering 3D

```

#m
f 102 103 104 105 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 1
#obj
f 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 1
f 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 1
#mat
f 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 1
#spot
f 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 1
f 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 1
Vertice:
f 0.0000 0.0000 0.70000 1 0.0000 -1.1200 2.70000 1 0.1200 -0.2000 2.70000 1
f 0.0000 -0.2000 2.70000 1 1.3770 0.0000 2.51210 1 0.3770 -0.7400 2.49200 1
f 0.74490 -1.3770 2.51210 1 0.0000 -1.3770 2.51210 1 1.4970 0.0000 2.51210 1
f 1.4970 -0.8400 2.51210 1 0.0000 -1.4970 2.51210 1 0.0000 -0.4270 2.51210 1
f 1.0000 0.0000 2.40000 1 1.5000 -0.8400 2.40000 1 0.8400 -1.5000 2.40000 1
f 0.0000 -1.5000 2.40000 1 1.7040 0.0000 1.87500 1 0.7040 -0.8400 2.47500 1
f 0.8400 -1.7040 1.87500 1 0.0000 -1.7040 1.87500 1 2.0000 0.0000 1.35000 1
f 2.0000 -0.8400 1.87500 1 1.0000 -2.0000 1.35000 1 0.0000 -0.8400 1.35000 1
f 0.0000 -2.0000 1.35000 1 -2.0000 1.0000 0.0000 1 0.0000 0.0000 0.45000 1
f 2.0000 -1.0000 0.0000 1 1.0000 -2.0000 0.0000 1 0.0000 -0.0000 0.45000 1
f 1.0000 0.0000 0.22500 1 1.5000 -1.8400 0.22500 1 0.8400 -1.5000 0.22500 1
f 0.0000 -1.8400 0.22500 1 1.0000 0.0000 0.15000 1 0.0000 -0.8400 0.15000 1
f 0.8400 -1.0000 0.15000 1 0.0000 -1.0000 0.15000 1 -1.0000 0.0000 0.22500 1
f -1.0000 -0.8400 0.22500 1 -1.0000 -0.0000 2.0000 1 -1.0000 -0.8400 2.0000 1
f -0.2000 0.0000 2.0000 1 -2.0000 -0.2000 2.0000 1 -0.5000 -0.2000 2.0000 1
f -2.0000 0.0000 2.0000 1 -2.0000 0.0000 2.0000 1 -0.7000 -0.2000 2.0000 1
f -2.0000 -0.2000 1.80000 1 -3.0000 -0.2000 1.80000 1 -3.0000 0.0000 1.80000 1
f -3.0000 0.0000 1.80000 1 -2.7000 -0.2000 1.75000 1 -0.0000 -0.2000 1.75000 1
f 0.0000 0.0000 1.35000 1 -1.5000 0.0000 1.12500 1 -0.5000 -0.2000 1.12500 1
                
```

→



Modello 3D





57

Algoritmi di Rendering 3D

✓ Due tipologie:

- ⇒ On-Line Rendering
 - interattivo: ~ 1–10 fotogrammi al secondo (“FPS” - Frame Per Sec)
 - Real-Time: ~ 10–100 fps
- ⇒ Off-Line Rendering
 - Tempi molto maggiori: da minuti ad ore per fotogramma

✓ Molto differenti:

- ⇒ nelle applicazioni possibili
- ⇒ nei vincoli necessari
- ⇒ nella qualità visiva raggiunta (fotorealismo?)
- ⇒ nel tipo e nella risoluzione dei modelli 3D usati



58