


 Centro Svizzero di Calcolo Scientifico
 Swiss Center for Scientific Computing

 Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
 Swiss Federal Institute of Technology Zürich

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica




 Ing. Mario Valle
 Centro Svizzero di Calcolo Scientifico
 mvalle@cscs.ch



Perché la visualizzazione scientifica?

Non vi è mai capitato di:


- Dover dare un senso ai risultati di un calcolo
- Scervellarvi per trovare l'errore in un algoritmo geometrico
- Cercare di convincere la commissione di laurea / la rivista scientifica / il vostro capo dell'importanza del risultato di un lavoro?

L'arma può essere la visualizzazione scientifica

- Definiremo cosa si intende per visualizzazione scientifica
- Ne introdurremo le tecniche ed il linguaggio di base
- Concretizzeremo la teoria in un ambiente applicativo

Più che rimanere nella teoria accademica, vorrei far nascere in voi idee di possibili applicazioni al vostro lavoro


Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Definizione di visualizzazione

to visualize: to form a mental vision, image, or picture of (something not visible or present to sight, or of an abstraction); to make visible to the mind or imagination.
 (The Oxford English Dictionary, 1989)


Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Visualizzare quindi...

- ➔ Significa utilizzare la grande capacità propria della visione umana di cogliere regolarità, schemi e associazioni. **(visualizzare per analizzare ed esplorare)**
- ➔ Significa sfruttare l'enorme larghezza di banda della visione umana rispetto agli altri sensi (12.500 unità di informazione al secondo rispetto alle 40 della lettura e le 60 della voce) **(visualizzare per assimilare)**
- ➔ Significa riuscire a trasmettere informazioni in modo conciso ed efficace. *Una figura vale più di mille parole.* **(visualizzare per comunicare)**

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Uno dei primi esempi di visualizzazione (Dr. John Snow 1854)



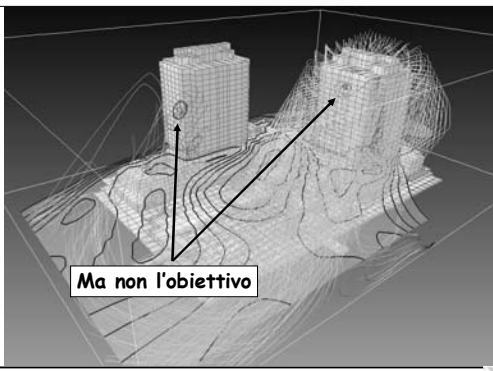
Con una semplice forma di visualizzazione è riuscito a ricondurre la causa di una serie di casi di colera in un quartiere di Londra ad un singolo pozzo infetto

Da Visual Explanations Edward Tufte Graphics Press 1997


Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



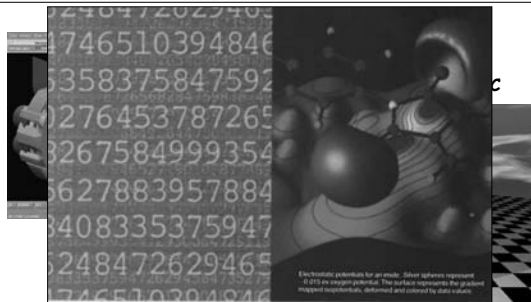
Oggi cambiano le tecnologie ...



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Visualizzazione: cosa ~~NON~~ è



Da una vecchia pubblicità IBM

Now there's a supercomputer for the left brain...

...and the right.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

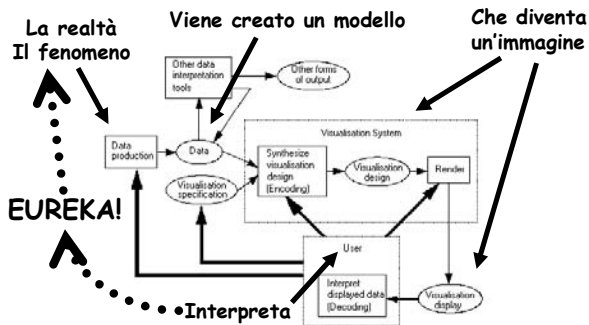
Visualizzazione scientifica

"The purpose of computing is **insight** not numbers"
(Richard Hamming 1962)

"Visualization offers a method for **seeing the unseen**. It enriches the process of scientific discovery and fosters profound and unexpected insights. In many fields it is already revolutionizing the way scientists do science"
(Visualization in Scientific Computing - ACM SIGGRAPH, 1987)

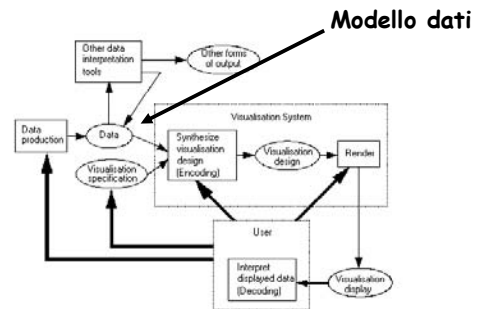
Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Un modello di riferimento per la visualizzazione



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Il modello di riferimento - Modello dei dati



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Formato dei dati

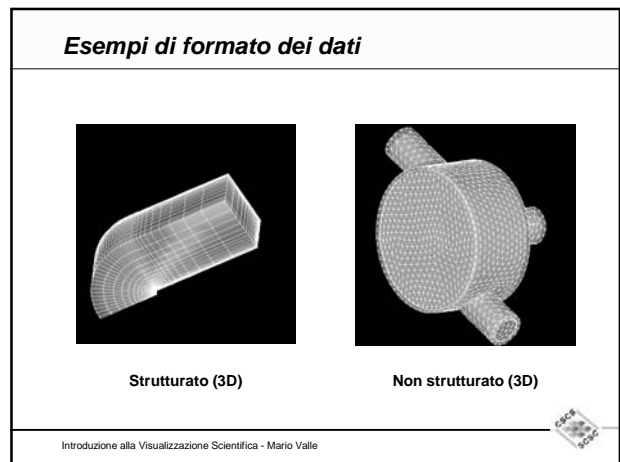
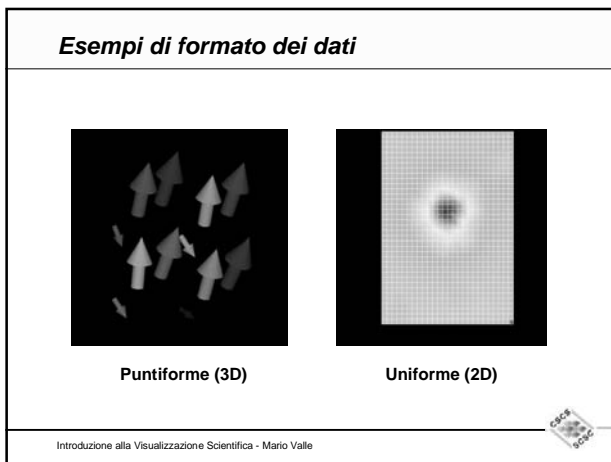
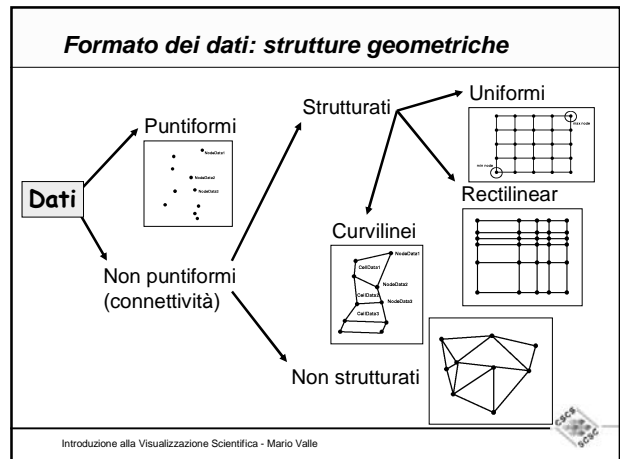
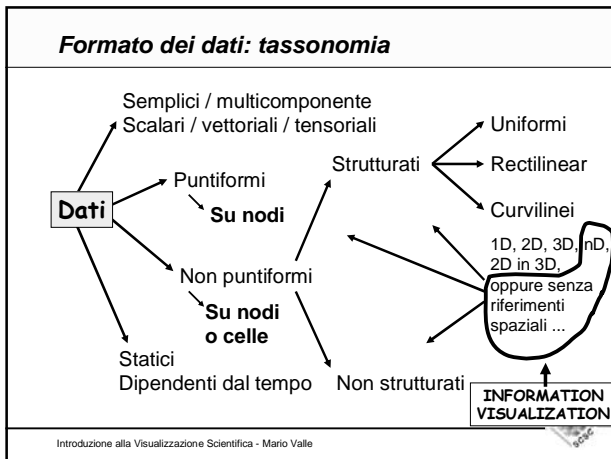
- Ogni visualizzazione inizia ovviamente da un insieme di dati acquisiti nelle maniere più diverse.
- In via teorica il formato dei dati non determina quali tecniche di visualizzazione possano o non possano essere applicate. Queste dipendono invece dal modello fisico dei dati (per esempio se sono vettori nello spazio, piuttosto che scalari sul piano).
- Il formato dei dati influenza invece:
 - la qualità della visualizzazione
 - il tempo di calcolo necessario per la visualizzazione
 - lo spazio occupato sui supporti di memorizzazione
 - la salute mentale di chi deve leggere quei dati

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Acquisizione dei dati

- I dati derivano dalle sorgenti più disparate:
 - Files, immagini, etc.
 - Programmi di calcolo
 - Database
 - Strumentazione real-time
- Esistono formati standard per lo scambio di dati ...
 - NetCDF, HDF5, Plot3D, CGNS
 - Tiff, Jpeg, DICOM, FITS, VOTable (basato su XML)
 - DXF, ShapeFiles, DEM **(non dimenticarsi di XML!)**
- ... Ma quasi sempre gli sviluppatori esprimono la loro creatività nell'inventare nuovi formati di dati
 - Un lavoro di visualizzazione può bruciare il 50% del tempo solo nel creare il lettore per un nuovo formato.
 - Spesso non definiti i sistemi di riferimento, unità di misura, etc.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



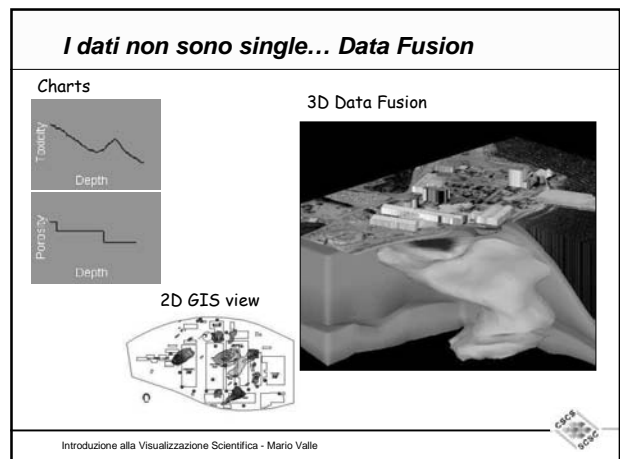
I dati non sono single... Data Fusion

Dati di tipo differente e di origine differente possono

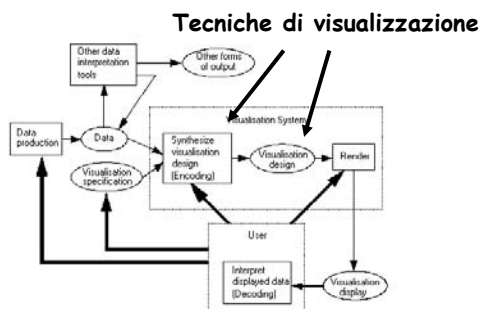
- Creare un contesto interpretativo per altri dati
- Sugerire correlazioni
- Rendere evidenti relazioni di causa-effetto

Questa è definita **Data Fusion**

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Il modello di riferimento - Tecniche



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Tecniche di visualizzazione

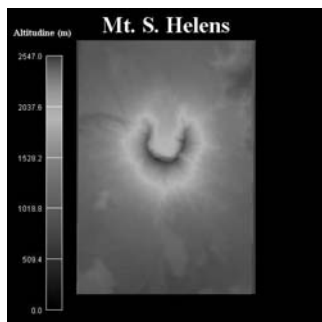
Una **tecnica di visualizzazione** è un metodo per creare o manipolare una rappresentazione grafica a partire da un insieme di dati. È composta da:

- Il modello fisico dei dati
- Gli algoritmi per rappresentare questo modello
- Il rendering dell'immagine sul display grafico

Comunque non dimenticare mai l'**obbiettivo** della visualizzazione ed il **problema** che si deve risolvere.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Pseudocolor Mapping



Tipo dato: SCALARE
Dominio: 2D, 3D

Ad ogni valore della variabile scalare è associato un indice di una lista di colori detta colormap.

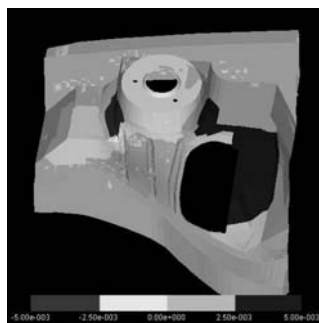
Attenzione! Non è un metodo così scontato come sembra. Ha forti implicazioni legate alla percezione umana.

Il cambio della colormap da:

- Rainbow
 - Scala di grigi
 - HSV (0.66, 0, 0) → (0, 1, 1)
- Cambia totalmente la percezione dei particolari degli stessi dati.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Pseudocolor Mapping Discreto



Tipo dato: SCALARE
Dominio: 2D, 3D

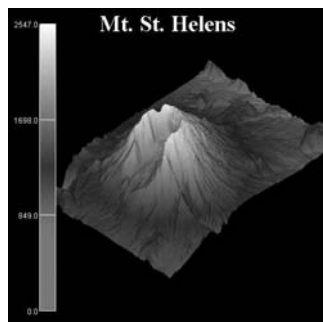
Ad ogni valore della variabile scalare è associato un indice in una lista discreta di colori detta "step colormap".

È utile nell'evidenziare valori critici o aree di rischio.

Questo perché l'occhio umano è attirato dalle discontinuità

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Surface View



Tipo dato: SCALARE
Dominio: 2D

Il valore dello scalare è usato come valore per la componente Z (altezza).

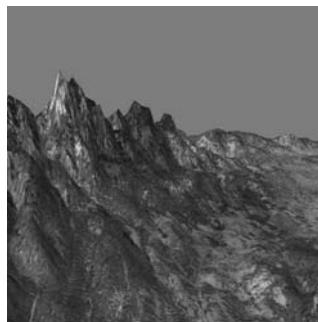
Il dato 2D diventa 3D. È di uso comune per i dati GIS.

Ci sono due variazioni di questo tipo di visualizzazione:

- City scapes (colonne discrete)
- Ribbon plots (nastri discreti lungo un asse)

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Texture Mapping



Tipo dato: SCALARE
Dominio: 2D, 3D

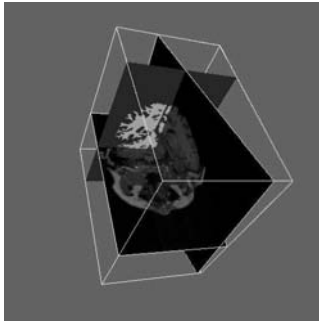
Su una qualsiasi superficie si "incolla" un'immagine specificando la corrispondenza fra un insieme di punti dell'immagine ed un insieme di punti della superficie stessa.

Serve sia per dare contesto alla visualizzazione, sia come base per altre tecniche (LIC), sia come metodo alternativo di rendering che sfrutta le capacità della scheda grafica.

Da non dimenticare le texture 3D (corrispondenza fra punti della superficie e di un volume).

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Slicing



Tipo dato: SCALARE
Dominio: 3D

Lo spazio fisico dei dati viene sezionato con un piano di taglio.

Il piano può essere arbitrario oppure seguire uno dei piani coordinati generati dalla griglia strutturata (orthoslice)

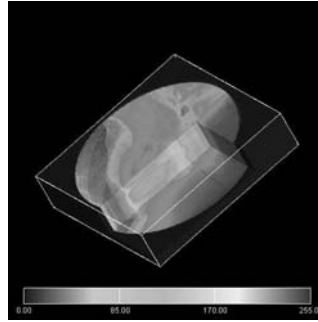
Sulla sezione viene applicato uno pseudocolor mapping della variabile scalare.

FILMATO

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Cropping



Tipo dato: SCALARE
Dominio: 3D

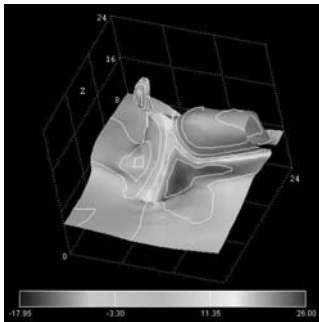
La geometria viene sezionata con dei piani di taglio. Le sezioni sono colorate con pseudocolor mapping.

Serve per visualizzare l'andamento di una variabile all'interno di un volume

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Isosurface, Isoline, Isovolume



Tipo dato: SCALARE
Dominio: 2D, 3D

Calcola la linea o la superficie dove la variabile scalare è uguale ad un valore prefissato.

L'isovolume invece racchiude tutti i punti in cui la variabile è maggiore o minore del valore prefissato.

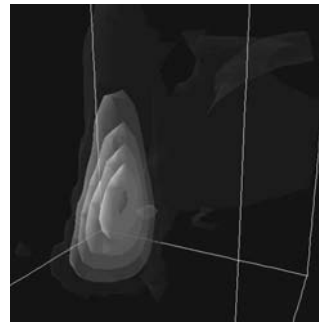
Eventualmente un'altra variabile viene mappata con il colore della superficie.

FILMATO

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Isosurface nesting



Tipo dato: SCALARE
Dominio: 3D

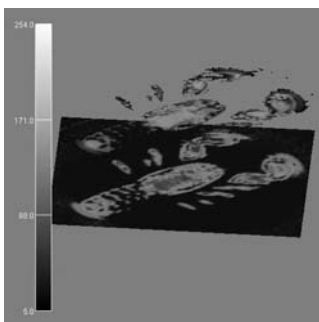
L'uso di isosuperfici trasparenti calcolate a diversi livelli permette di rendere meglio la struttura di un volume senza ricorrere a tecniche di Volume Rendering.

La scelta mirata dei livelli in modo che rispecchino cambiamenti topologici della struttura del volume, migliora ulteriormente l'analisi del dato.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Threshold, Clamping



Tipo dato: SCALARE
Dominio: 2D, 3D

Filtra i dati in modo da visualizzare solo quelli in cui la variabile scalare è maggiore (o minore) di una certa soglia.

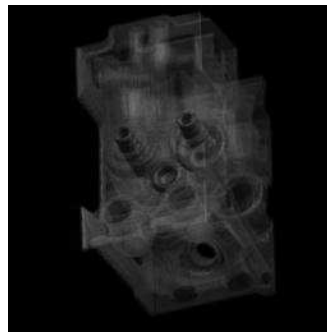
Ci dà anche un esempio dell'uso dei "null values" per rappresentare dati mancanti.

Con il clamping invece elimino i valori esterni ad un dato intervallo sostituendoli con il limite dell'intervallo stesso

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Volume Rendering



Tipo dato: SCALARE
Dominio: 3D

Il volume viene visto direttamente senza il passaggio intermedio ad una rappresentazione a superfici.

Il Ray-Tracing è il metodo standard utilizzato per il rendering. Il risultato è più realistico, ma computazionalmente è molto più pesante.

La difficoltà è quella della definizione della corretta funzione di trasferimento fra valori e colore/trasparenza.

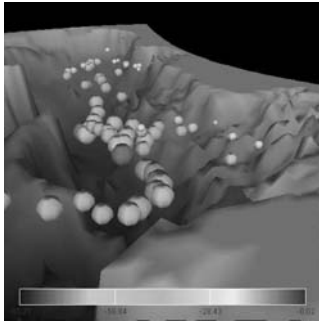
Alcune tecniche (splatting) cercano di ridurre questo costo al prezzo di una minore precisione.

FILMATO

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Glyph (dato scalare)



Tipo dato: SCALARE
Dominio: 2D, 3D

Sui nodi della struttura viene disegnata un'icona che è di colore e/o dimensione diversa a seconda del valore dello scalare associato al nodo.

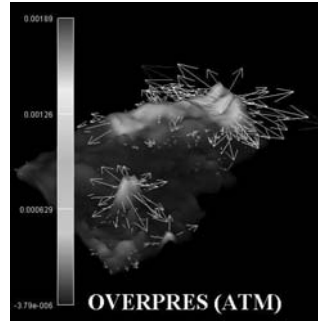
Si può anche associare alla dimensione una variabile ed il colore ad un'altra.

La dimensione rende più percepibile il valore rispetto all'uso del colore.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Glyph (dato vettoriale)



Tipo dato: VETTORIALE
Dominio: 2D, 3D

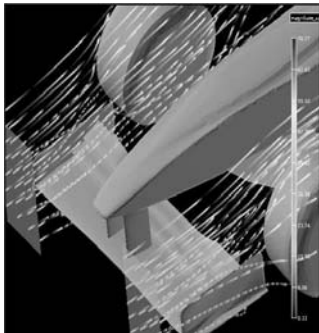
Ad ogni nodo della struttura viene associato un vettore geometrico il cui colore e/o lunghezza è proporzionale al modulo del dato vettoriale.

Questa tecnica può rendere confuso il display se viene utilizzata con campi 3D molto densi.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Streamlines



Tipo dato: VETTORIALE
Dominio: 2D, 3D

Vengono calcolate le linee di flusso del campo vettoriale.

Le linee partono da un insieme di punti stabilito dall'utente.

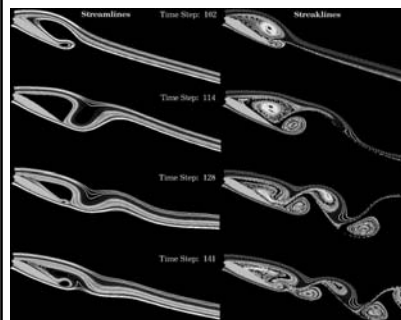
Il colore della streamline dipende dal modulo del vettore.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

FILMATO



Streaklines



Tipo dato: VETTORIALE
Dominio: 2D, 3D

Vengono calcolate le linee di flusso di un campo vettoriale variabile nel tempo.

Le linee partono da un insieme di punti stabilito dall'utente.

Il colore della streakline dipende dal modulo del vettore.

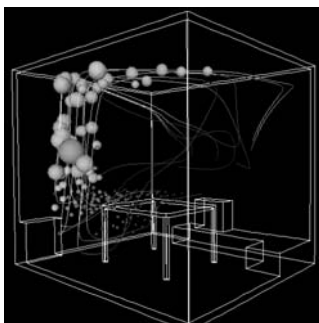
Rispetto alla streamline permette di vedere meglio alcuni fenomeni dipendenti dal tempo come i vortici.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Image courtesy by NASA Ames Research Center



Particle Tracking



Tipo dato: VETTORIALE
Dominio: 2D, 3D

Delle particelle senza massa vengono messe all'interno del campo vettoriale in una certa configurazione iniziale.

Le particelle vengono poi lasciate libere di essere "trasportate" dal campo.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

FILMATO



LIC (Line Integral Convolution)



Tipo dato: VETTORIALE
Dominio: 2D, 3D

Obiettivo della LIC (Line Integral Convolution) è la visualizzazione globale e realistica di un flusso su una superficie.

La tecnica è basata su di un elevato numero di corte streamlines, convolute con una distribuzione casuale di punti bianchi e neri sulla superficie in esame.

Le immagini risultanti sono molto simili a quelle ottenute con tecniche manuali ben sperimentate come "oil flow patterns".

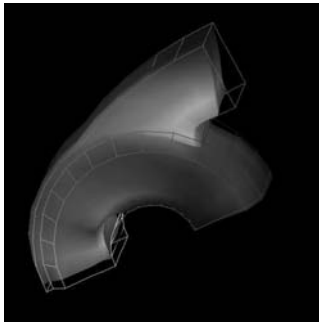
Images courtesy by CIRA

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

FILMATO



Surface Displacement



Tipo dato: VETTORIALE
Dominio: 2D, 3D

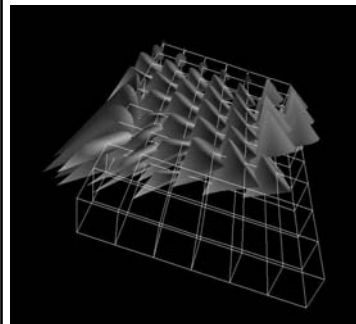
Un flusso può anche essere visualizzato come deformazione di una superficie lungo i vettori del flusso.

Più intuitivamente, se i vettori rappresentano una deformazione, il metodo visualizza l'oggetto non deformato e dopo la deformazione.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Tensori: Glyphs



Tipo dato: TENSORI di rango 2
Dominio: 2D, 3D

Ogni cono è costruito a partire dai tre autovettori del tensore in quel punto.

L'autovettore principale punta nella direzione del vertice del cono e gli altri due sono due assi dell'ellisse di base.

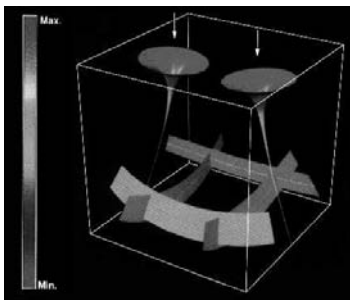
Ogni vettore è scalato secondo il rispettivo autovalore.

Un esempio è dato dai tensori di stress anisotropo in un materiale. Lungo i tre autovettori non c'è scorrimento.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Tensori: Hyperstreamlines



Tipo dato: TENSORI di rango 2
Dominio: 3D

Per rappresentare in modo continuo l'andamento di un tensore (e.g. tensore di compressione) si usa una tecnica simile a quella delle streamlines.

Ogni linea segue un autovettore (come nelle streamlines) ed è colorata secondo il suo autovalore.

La sezione dipende dagli altri due autovalori.

Questa tecnica supera l'inerente discretizzazione del metodo precedente.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Altre tecniche per problematiche ad hoc

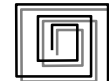
A volte bisogna inventarsi una tecnica di visualizzazione oppure allontanarsi dagli usuali spazi di rappresentazione del dato in esame.

- Riarrangiando o ricombinando l'insieme dei dati:

$X_1, X_2, X_3, X_4 \dots$ → $(X_1, X_2, X_3), (X_4, X_5, X_6)$
Sequenza monodimensionale Punti in 3D

FILMATO

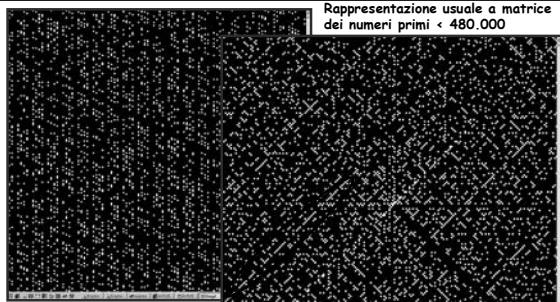
- Oppure muovendosi in spazi strani: (bioinformatica, genomica)



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Struttura da rappresentazione inusuale



Rappresentazione usuale a matrice dei numeri primi < 480.000

Numeri primi su percorso a spirale
S. Ulam (1963) durante una conferenza noiosa

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Le serie temporali periodiche

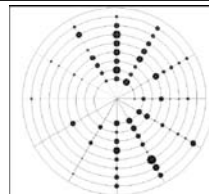


Figure 2. An helical spiral, with spokes, showing monthly connection percentages for Ecuador-Capricornio (1960-1968).

I fenomeni con ricorrenza periodica sono i migliori candidati ad una rappresentazione inusuale come quella a spirale

From: Interactive Visualization of Serial Periodic Data
John V. Carlis and Joseph A. Konstan



Figure 3. Helical spirals of serial data from five experiments. From left to right the direction of the spiral is clockwise.

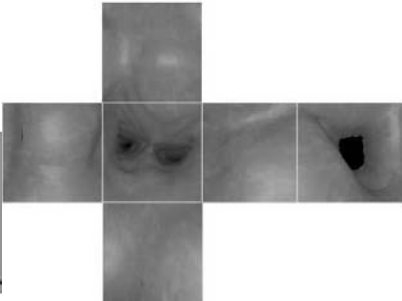
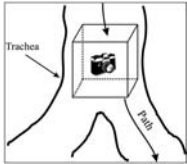
Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Un'altra applicazione reale

Mastering Interactive Virtual Bronchoscopy on a Low-End PC
(<http://www.cg.tuwien.ac.at/research/vis/vismed/EndoWeb/>)

by Rainer Wegenkittl,
Anna Vilanova,
Balint Hegedüs,
Daniel Wagner,
Martin C. Freund,
and Eduard Gröller.



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

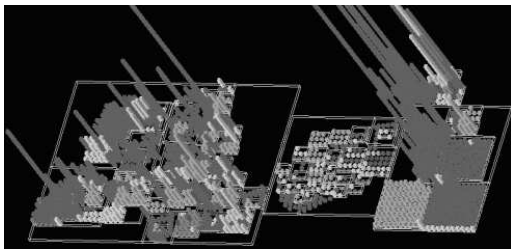
Altri tipi di visualizzazione

Fino ad ora abbiamo parlato di Visualizzazione Scientifica, ma non dimentichiamoci delle altre forme di visualizzazione:

- **Information Visualization**
 - Dati generalmente multidimensionali senza riferimenti geometrici
 - Dati non continui, spesso categorizzazioni e non valori
 - Usata nei Decision Support Systems (DSS) e nel Data Mining
- **Charting / Tecniche statistiche / Analisi tecnica finanziaria**
 - Lunga tradizione di visualizzazioni relativamente standardizzate
- **Cartografia e GIS**
- **Visualizzazione come supporto alla creatività**
 - Metafore, creazione di collegamenti fra idee
- **Tecnica di meditazione...**
 - Normalmente la gente comune intende questo per visualizzazione...

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Information Visualization: un esempio



Numero di accessi a un sito web in un dato periodo di tempo
(da http://www.tri.ibm.com/projects/webvis/index_e.htm).
La struttura geometrica, non presente nei dati, è stata aggiunta per migliorare la comprensione degli stessi.
La struttura riporta la suddivisione in pagine ed aree del sito stesso.

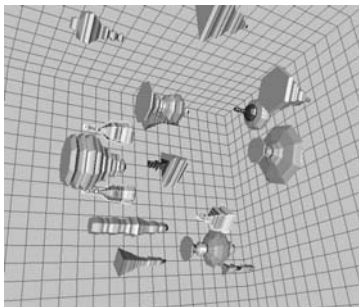
Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Information Visualization: alcuni problemi

- **Multidimensionalità**
 - La proiezione in 3D ha bisogno di compromessi
- **Grandi insiemi di dati**
 - Come focalizzare l'analisi senza perdere il contesto
- **Geometria non esistente**
 - Le grandezze trattate spesso non hanno una realtà fisica
- **Non ovvia relazione fra grandezze e rappresentazioni**
 - Informazioni non numeriche
 - Mancanza di relazioni di ordinamento
 - Relazioni gerarchiche

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Glyph multidimensionali



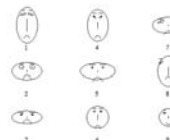
Tipo dato: MULTIDIMENSIONALE
Dominio: 8D (in questo esempio)

Ad ogni nodo della struttura viene associato un glyph (3 dimensioni) la cui forma riporta un andamento temporale (2 dimensioni) ed il numero di sfaccettature un'altra grandezza (1 dimensione). Inoltre possono essere rappresentate ancora due altre grandezze di tipo binario.

Comunque vedete che è necessario scandire i segni uno a uno per estrarre il significato della visualizzazione. È troppo complesso per una comprensione immediata.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

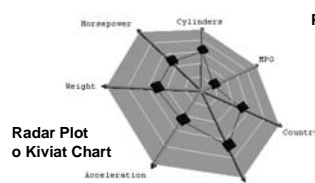
Altre tecniche per dati multidimensionali



Chernoff Faces

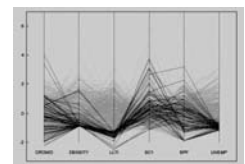
Tipo dato: MULTIDIMENSIONALE

Particolari tecniche sono utilizzate per comprimere a 2 o 3 dimensioni dei dati di dimensionalità > 3 e rendere comunque possibili alcuni tipi di analisi.



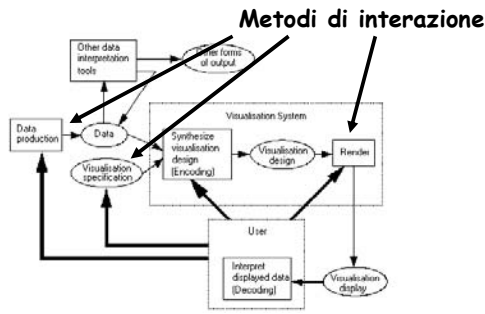
Radar Plot o Kiviat Chart

Parallel coordinates o Andrews Plot



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Il modello di riferimento - Interazione

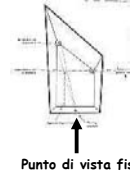


Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

L'interazione è necessaria

Per esempio, se non si può cambiare il punto di vista è facile vedere ciò che non c'è in una scena 3D

L'illusione della Ames Room.
Due gemelle un po' speciali...



Punto di vista fisso

Il 3D può diventare totalmente inutile. A volte sono meglio mappe 2D e simboli (controllo traffico aereo)

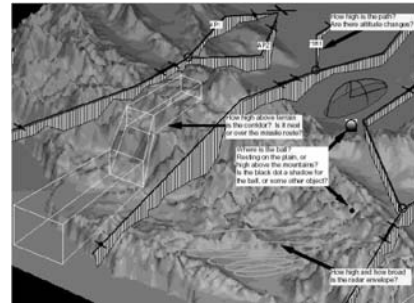
Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

Uso del 3D nella visualizzazione

- Si da per scontato, ma non sempre "più è meglio". Bisogna considerare sempre lo scopo di quello che si sta facendo
- 3D ottimo per:
 - Comprendere le forme
 - Vedere ciò che è nascosto in una vista 2D
- Ma ha degli svantaggi:
 - Ambiguità lungo la linea di vista
 - Distorsione geometrica dovuta alla prospettiva
 - Gli oggetti interferiscono e si nascondono a vicenda
- A volte è meglio utilizzare 2D e 3D in sinergia:
 - 3D per orientarsi
 - 2D per operare
 - Lo fanno programmi come Maya, Softimage, etc.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

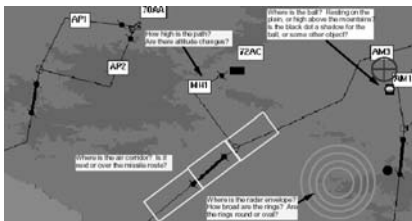
Un caso di svantaggio del 3D...



From: SSC San Diego - TR 1795 - March 1999

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

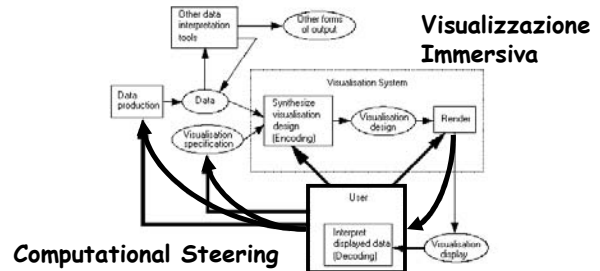
...risolto passando al 2D



From: SSC San Diego - TR 1795 - March 1999

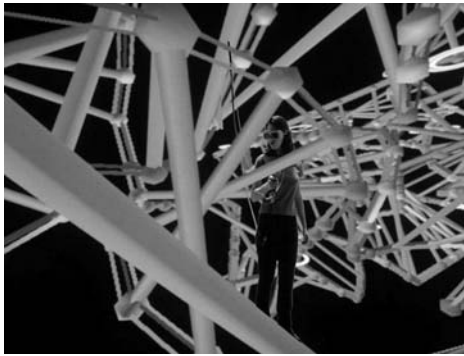
Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

User-in-the-Loop



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

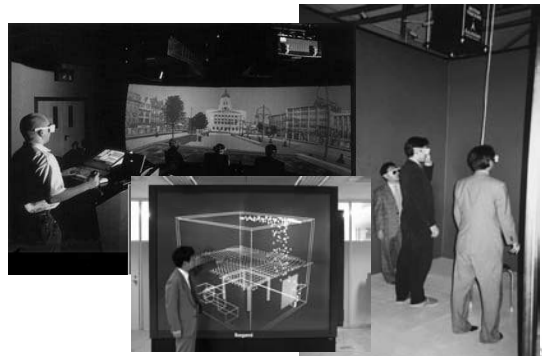
L'utente si immerge nei dati, ne fa parte



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



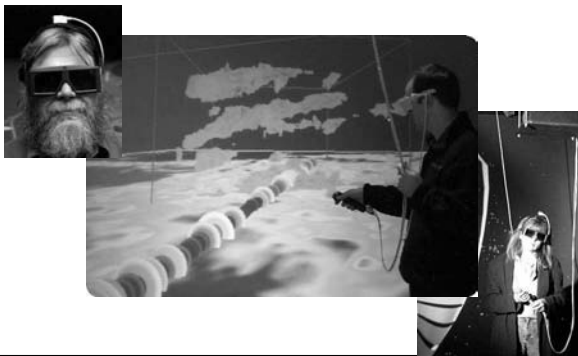
Sistemi per la visualizzazione immersiva



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



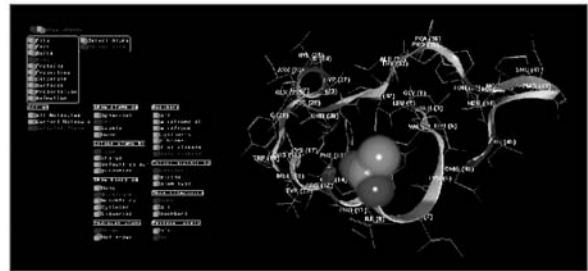
Stereo, Head Tracking, Wand



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Le interfacce utente immersive



Si passerà da interfacce basate sul paradigma WIMP (windows / icon / menu / point&click) a SILK (sound / image / language / knowledge).
Sempre più interagiranno coi dati come interagiamo con l'ambiente.

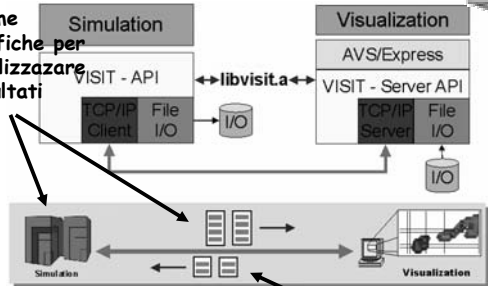
Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



VISIT - Computational Steering Toolkit



Minime modifiche per visualizzare i risultati



<http://www.fz-juelich.de/zam/visit/>

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Altre modalità di "User-in-the-Loop"

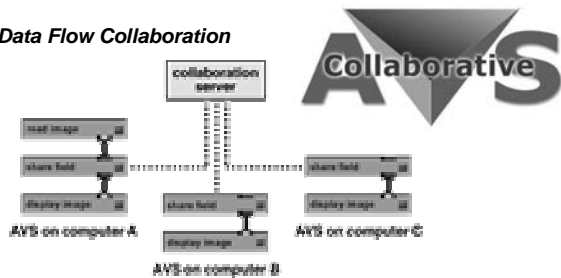
- **Visualizzazione collaborativa**
Altre paia di occhi nel loop di visualizzazione
- **Rapid prototyping**
Oltre a dati e presentazione, l'utente modifica anche le tecniche di visualizzazione

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Visualizzazione collaborativa

Data Flow Collaboration



More information on this work including downloads may be found at the Collaborative AVS site at <http://cavs.sdsc.edu/>

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

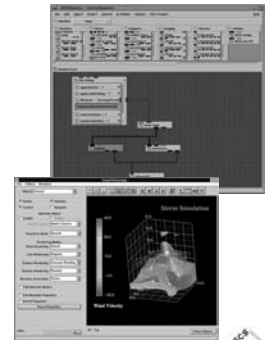


Rapid Prototyping / Experimenting

Possibilità di sperimentare le tecniche di visualizzazione più adatte ai dati sotto analisi.

Possibilità di ridurre il tempo di ciclo fra idea e visualizzazione.

Possibilità di concentrarsi sui dati, non sulla meccanica della visualizzazione.



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Il futuro negli "Unsolved Problems"

Ad ogni SIGGRAPH qualcuno prepara la lista dei "Top Ten Unsolved Visualization Problems"

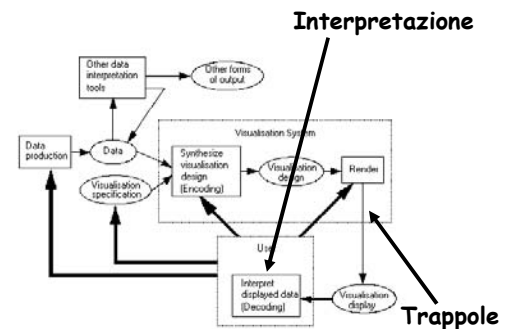
Jim Blinn (Microsoft Research) - SIGGRAPH 1998: (www.siggraph.org/publications/newsletter/v33n1/columns/conf.html)

1. Trovare qualcosa che non sia ancora stato fatto
2. Trovare chi ha fatto cosa
3. System Integration (data sources, resulting actions)
4. Semplicità (e chi legge più i manuali ?)
-
10. Trovare un utilizzo per tutto ciò

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Il modello di riferimento - Interpretazione



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



La percezione umana nel processo

- Una volta che la visualizzazione è sullo schermo entra in gioco la percezione umana.
- La percezione ha le sue leggi (cosa è più chiaro e cosa è meno distinguibile)
- Ma la percezione può creare anche illusioni e trappole.
- Conoscendo quindi le caratteristiche della visione umana è possibile rendere più chiara ed efficace la visualizzazione.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Alcune regole della percezione umana

- Il contesto cambia la nostra sensibilità
- L'occhio è sensibile al contrasto invece che al valore assoluto (legge di Weber) $|\Delta I/I| > 2\%$
- La scala percepita è proporzionale ad una potenza del valore vero (legge di Stevens) $[V_{perc} = V_{reale}^{\beta} \quad \beta=0.5 \div 1.1]$
- Servono 200 ÷ 250 msec per focalizzare l'attenzione

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



La percezione ha la sua scala di accuratezza

- L'occhio umano ha una sua scala di accuratezza nel percepire informazioni quantitative:

↑ Posizione su scala
Lunghezze
Angoli e pendenze
Area
Volume
Tinta / Saturazione / Intensità

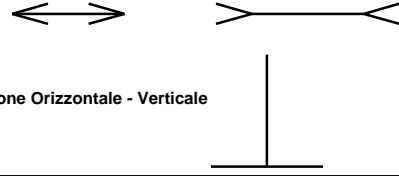
- Alcuni ordinamenti sono inconsci:
scuro → valori bassi
chiaro → valori alti
- Per altri non è possibile formare un ordinamento:
colori, forme

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Inganni nella percezione quantitativa

Mueller-Lyon (stima errata del 25-30%)



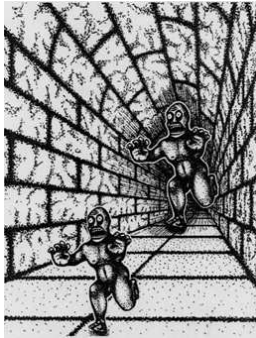
Illusione Orizzontale - Verticale

Anche esempi semplici di stima quantitativa danno risultati inaspettati. Possono trarre in inganno involontariamente...
O, peggio, essere usati per far vedere ciò che non c'è

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Illusioni dovute al confronto



Quale dei due mostri pensate sia più grande?

L'occhio tiene conto dell'intorno dell'oggetto percepito per stabilire una misura.

(I mostri sono ovviamente grandi uguali)

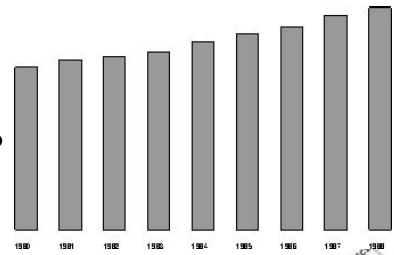
(Image by Roger N. Shepard)

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Illusioni dovute al confronto - in pratica

Il grafico suggerisce che i valori a destra siano molto più grandi di quelli a sinistra



Il che non è vero come si vede da un grafico più pulito

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Illusioni percettive: adattamento al contrasto

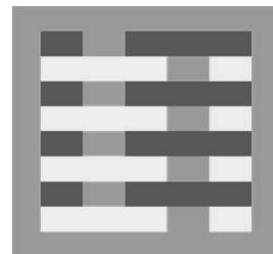


Se lo sfondo è scuro il quadrato centrale sembra più chiaro di quanto non sia in realtà.
(immagini da: E. H. Adelson, Lightness Perception and Lightness Illusions)

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Illusioni percettive: contrasto simultaneo



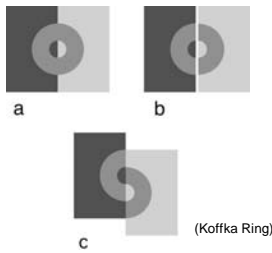
Se poi è presente anche del colore, lo sfondo cambia luminosità e tinta.

Image from: <http://www.npl.co.uk/npl/publications/colour/colour6.html>

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



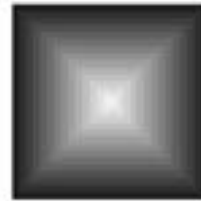
Illusioni percettive: contrasto simultaneo



Se poi si aggiunge la tendenza della visione a completare le forme geometriche (Gestalt) l'illusione viene rafforzata. (vedi <http://persci.mit.edu/gaz>)



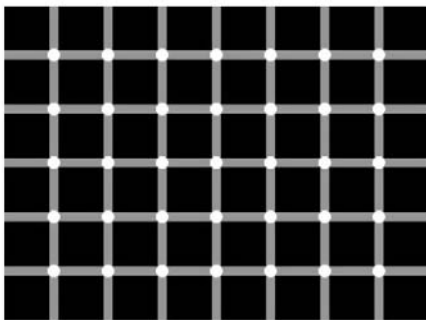
Illusioni percettive: inibizione laterale



Illusione di Vasarely. I quadrati sovrapposti sono di luminosità uniforme, ma la discontinuità appare più chiara di quanto sia in realtà.



Illusioni percettive: inibizione laterale



(Hermann grid)

Cercate di contare i punti neri...



Illusioni percettive: le bande di Mach



Bande di luminosità differente appaiono dove c'è un brusco cambiamento di luminosità. Possono aiutare nella percezione delle discontinuità.



Illusioni percettive: le bande di Mach

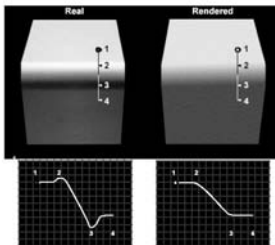
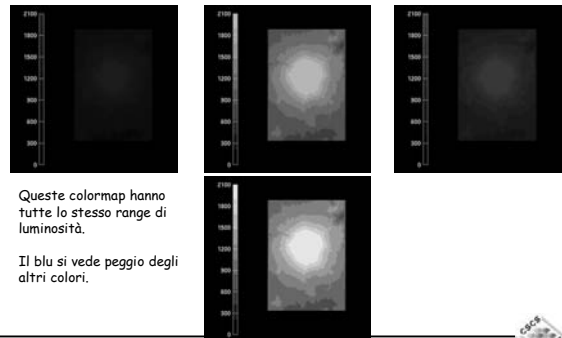


Figure 4. (Left) Photograph of a real-world cube manifesting a photometric highlight and twilight line luminance profile beneath the photo. (Right) A computer-generated image of a similar object, but lacking the highlight and twilight. Despite the relative absence of these elements, brightness maxima and minima (Mach bands) are apparent in the positions of these photometric counterparts in A. (From: Mach bands as an empirically derived association, Carlo A. Purves, In: Proc. Natl. Acad. Sci. 96, 5248-5251 (1999))

(http://www.purveslab.net/PDFs/Purves_Mach.pdf)



Sensibilità al colore

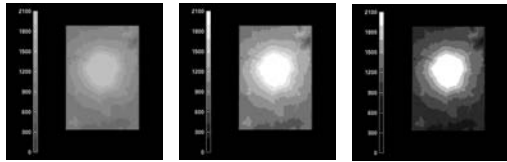


Queste colormap hanno tutte lo stesso range di luminosità.

Il blu si vede peggio degli altri colori.



Adattamento alla curva di sensibilità



Normale Contrastata Gamma corrected (ovvero linearizzata)

È l'applicazione pratica della legge di Stevens



Pseudocolor mapping

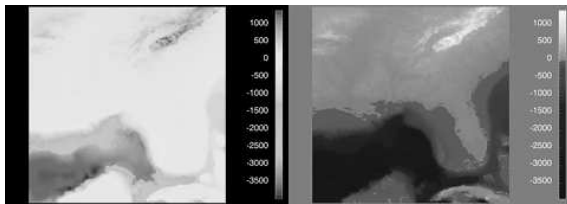
- L'uso di pseudocolor mapping è una delle tecniche più utilizzate per dare visibilità ai dati.
- Un metodo molto comune è l'uso di una rainbow colormap, in cui il dato (uno scalare) viene mappato su una scala di colori (o meglio tonalità) che va dal blu (valori bassi) al rosso (valori alti) attraversando molti colori dello spettro.



- È di uso comune, ma crea artifacts (per esempio sembra che esistano 5 bande distinte) e non appare lineare.



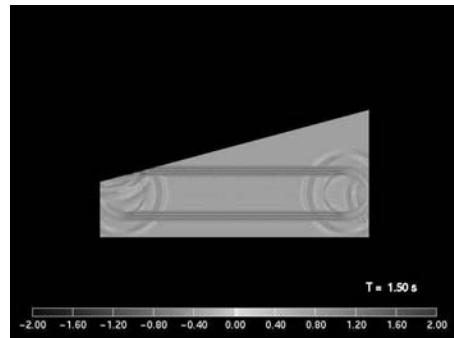
L'importanza della colormap



- La colormap può rivelare o nascondere particolari dei dati.
- Una colormap errata può fuorviare nell'analisi. Bisogna quindi sceglierla a ragion veduta (ignorare defaults!) Facile ridere del risultato qui sopra se si conoscono già i dati. Ma se è la prima volta che li analizziamo ?



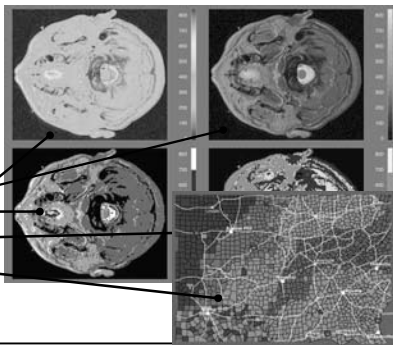
L'importanza della colormap



Scegliere in base allo scopo della visualizzazione

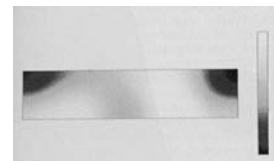
La scelta della mappa deve essere coerente con l'obiettivo da raggiungere:

- Indicare un valore
- Segmentare
- Porre in evidenza
- Contrastare



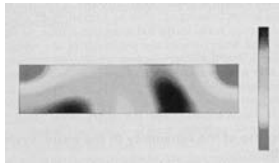
Ambiguità nell'uso del pseudocolor mapping

Se nella colormap sono presenti colori simili a quello di background e nel grafico appaiono larghe zone di quel colore (cioè ci sono molti dati che si mappano con quel colore), si avrà l'effetto di considerare tali zone come aventi "basso valore", anche se ciò non è vero (come nel caso sottostante):



Ambiguità nell'uso del pseudocolor mapping

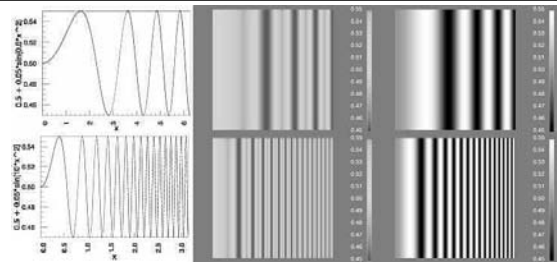
Se i dati sono campioni di una funzione continua, l'uso di pseudocolor mapping, può determinare la creazione di discontinuità (cioè la visualizzazione di zone apparentemente differenti, che nella realtà non lo sono).



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



L'effetto delle frequenze spaziali



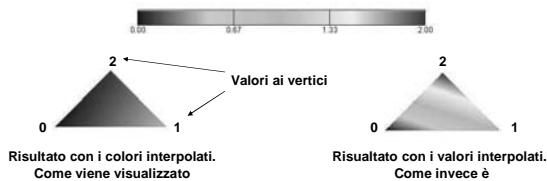
- Alte frequenze spaziali: luminanza
- Basse frequenze spaziali: tinta e quindi saturazione
- Tinta: non adatta a codificare grandezze (medici: B&W)

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



L'effetto dell'interpolazione

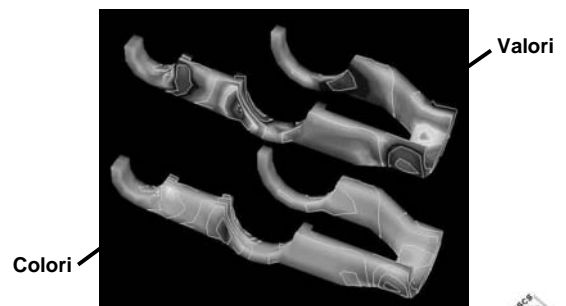
- I sistemi di rendering interpolano i colori, non i valori!
- Quindi attenzione all'interpretazione, non prendere acriticamente le immagini.



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



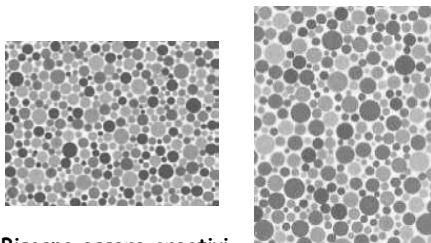
Risultati con interpolazioni diverse



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



E se l'utente è daltonico ?



Bisogna essere creativi...

Degas, Munch e Monet non si sono mica fermati!
(per esempio fornire una scelta di colormaps fra cui B&W)

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



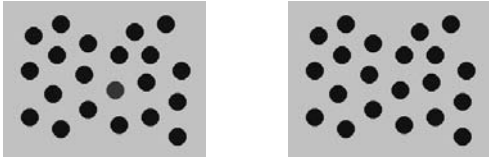
Preattentive Processing

- Un insieme limitato di proprietà visuali sono processate in maniera preattentiva (senza necessità di focalizzare l'attenzione).
- In questo caso la percezione lavora in parallelo sull'intera area visiva in un tempo costante indipendente dal numero di oggetti.
- È un concetto importante per la progettazione di visualizzazioni in cui si deve:
 - Riconoscere dei targets
 - Riconoscere le aree che contengono un certo target
 - Stimare la percentuale di targets sul totale
- Bisogna quindi concentrarsi su:
 - Cosa viene percepito immediatamente
 - Quali proprietà sono discriminanti
 - Cosa può portare fuori strada l'utente

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Un esempio



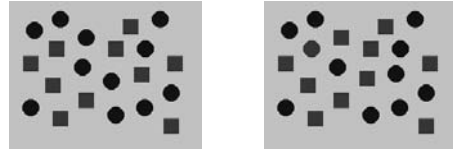
L'utente può rapidamente ed accuratamente determinare se il target (il cerchio rosso) è presente o assente.

Il colore è una proprietà preattentiva.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Un controesempio



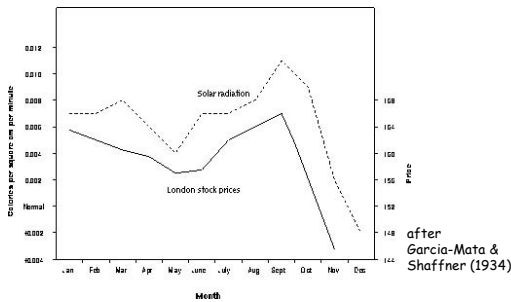
L'utente NON può determinare rapidamente se il target (il cerchio rosso) è presente o assente. Deve scandire sequenzialmente l'intera area.

Questo perché l'insieme di colore e forma non è una proprietà preattentiva.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Bugie, dannate bugie e visualizzazioni

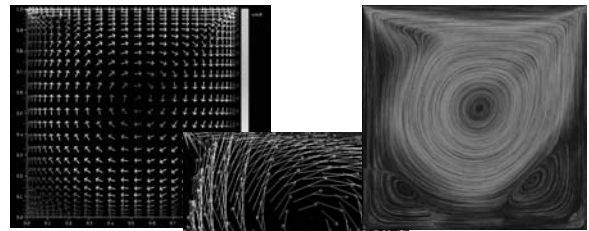


Esiste una relazione fra l'irraggiamento solare e i prezzi delle azioni a Londra? **Ho creato una struttura che non c'è!**

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



La trappola della struttura che non c'è (o che non si riesce a vedere)



Tutto ciò è particolarmente vero utilizzando la visualizzazione in problemi matematici (per esempio spacciando come generale un caso particolare)

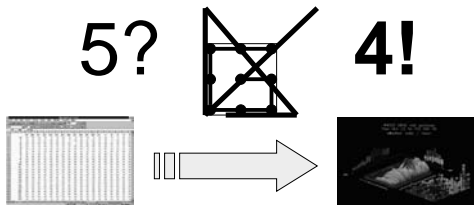
Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



La trappola dell'usuale

Non uscire dalla prigione che ci siamo costruiti... Esempio? Provate ad unire i 9 punti con 4 tratti di penna

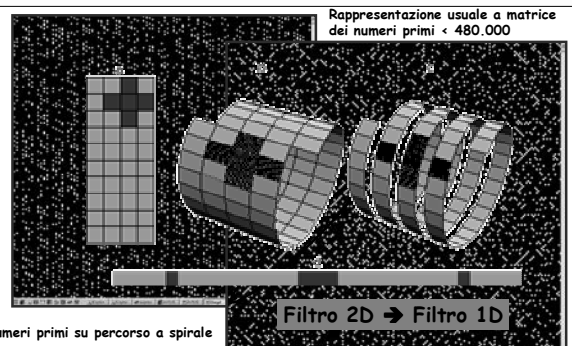
Altre soluzioni inusuali in: <http://www.gihanperera.com/mindgames/dots9ans.html>



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Ricordate ?



Numeri primi su percorso a spirale

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



La visualizzazione dà assuefazione...

- La visualizzazione è uno strumento potente
- Il senso estetico è appagato dalle belle immagini create

Ma la visualizzazione può portare fuori strada

- Può creare un falso senso di sicurezza (IEEE Visualization Conferences - VizLies session)
- Può nascondere la qualità dei dati originali
- Può aggiungere o sopprimere informazioni (volutamente?)
- Può confondere creando più visualizzazioni in disaccordo sugli stessi dati

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Valutare l'efficacia della visualizzazione

•Come valutiamo allora una buona visualizzazione?

- Facilità di interpretazione
- Accuratezza dei risultati quantitativi (e confronto con la realtà)
- Efficienza: se è alto il rapporto 'chart/junk' (Tufte)
- Estetica: non deve essere un insulto alla sensibilità dell'utente
- Adattabilità a diverse situazioni (riusabilità)
- Influenza che ha sul modo di lavorare
- Aumento dell'apertura mentale e creatività

•Ma l'80% dei lavori sulla visualizzazione non comprendono una valutazione dell'efficacia della tecnica...

•Non dimentichiamo mai che il fine ultimo di una visualizzazione non sono delle belle immagini, ma **comprensione ed eureka!**

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Visualizzazione Scientifica: è scientifica ?

La visualizzazione scientifica non è ancora una disciplina fondata su principi consolidati; ma spesso è solamente:

- Una collezione di regole ad-hoc (o a "spanne")
- Una serie di esempi
- Un album di belle immagini
- Un metodo "trial & error"

Bisogna invece cercare di rivalutare due punti:

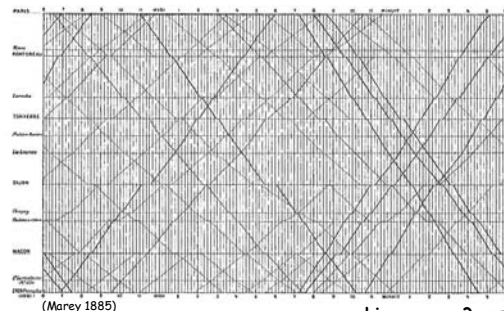
- La teoria della percezione umana
- Il perché viene creata una certa visualizzazione, l'obiettivo che si vuole raggiungere

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Visualizzare per presentare

Uno strano orario ferroviario...

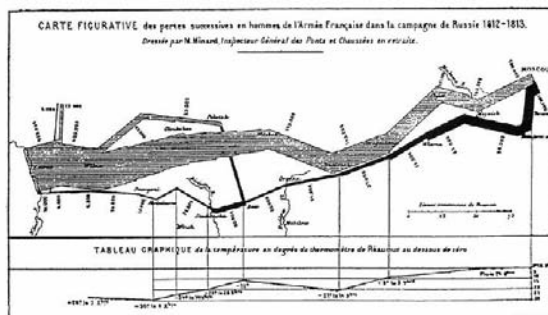


... chiaro, vero ?

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Visualizzare per sostenere un'idea



(Charles Minard 1869)

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Presentazione dei risultati

La visualizzazione è anche un metodo di comunicazione su differenti media e per differenti obiettivi:

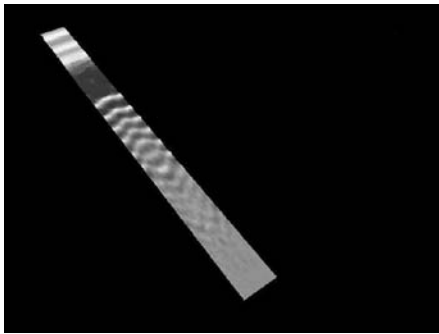
- Relazione scientifica (immagini, filmati, grafici, etc.)
- Presentazione ad un congresso
- Pezzo di divulgazione (rivista, trasmissione televisiva)
- Una pagina Web (GIF, VRML, MPEG, SVG, X3D...)

Ma in ogni caso si deve trasmettere qualcosa, si vuole essere capiti, si cerca di convincere.

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Comunicare efficacemente ?



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Comunicare efficacemente !

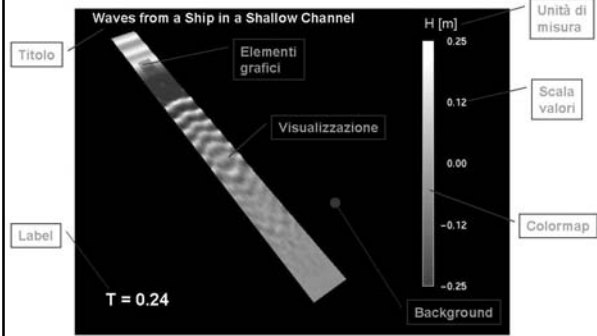


Image courtesy by CRS4

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle

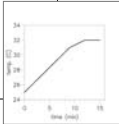


Table e grafici che non comunicano

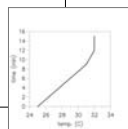
Sono gli stessi dati, ma quale è più semplice da interpretare?

```
t(time)=15', T(temperature)=32°, t=0', T=25°;
t=6', T=29°; t=3', T=27°; t=12', T=32°; t=9';
T=31°
```

time(min)	temp(°C)
0	25
3	27
6	29
9	31
12	32
15	32



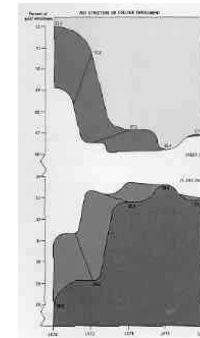
temp(°C)	time(min)
25	0
27	3
29	6
31	9
32	12
32	15



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Il più brutto grafico dell'universo



Cito testualmente dal sito:
<http://www.math.yorku.ca/SCS/Gallery>
 nella sezione "Have Something To Say":

"As a substitute for substance, one can try lots of color, 3D effects, or disguised redundancy. This graph uses all three techniques, to display just five numbers. Note the clever use of mirror-imaging: the top series is just (100 - the bottom series), front and back to avoid the appearance that there's a lot less here than meets the eye".

Tufte (1983, p.118) says, "This may well be the worst graphic ever to find its way into print."

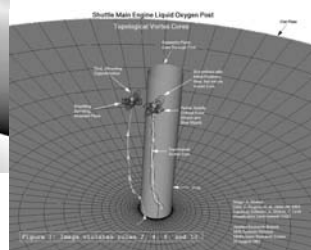
Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Comunicare: cosa non fare



Da: "14 Ways to Say Nothing with Scientific Visualization"
 A. Globus, E. Raible - NASA



Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



14 Ways to Say Nothing with Scientific Visualization

1. Never Include a Color Legend
2. Avoid Annotation
3. Never Mention Error Characteristics
4. When in Doubt, Smooth
5. Avoid Providing Performance Data
6. Quietly Use Stop-Frame Video Techniques
7. Never Learn Anything About the Data or Scientific Discipline
8. Never Compare Your Results with Other Visualization Techniques
9. Avoid Visualization Systems (e.g. AVS)
10. Never Cite References for the Data
11. Claim Generality but Show Results from a Single Data Set
12. Use Viewing Angle to Hide Blemishes
13. If Viewing Angle Fails, Try Specularity or Shadows
14. "This is easily extended to 3-D"

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



Riassumiamo e concludiamo

- **La visualizzazione scientifica è uno strumento potente**
 - Per capire
 - Per assimilare
 - Per comunicare
- **Usarla, pensare come usarla e sporcarsi le mani**
 - Ora vedremo degli esempi concreti e delle applicazioni reali
 - Poi ci proverete voi, magari lavorando su un vostro problema concreto
- **Senza scordarsi perché si usa e a chi si rivolge**
 - E senza barare, truffare o rimanere superficiali
- **Se volete contattarmi:** mvalle@cscs.ch
- **Per vedere cosa faccio:** <http://www.cscs.ch/~mvalle>

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica - Mario Valle



CSCS Centro Svizzero di Calcolo Scientifico
Swiss Center for Scientific Computing

ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Ingenieurwissenschaften
Institute for Information Technology

Introduzione alla Visualizzazione Scientifica

Grazie per la vostra attenzione!
Ci sono domande?

Ing. Mario Valle
Centro Svizzero di Calcolo Scientifico
mvalle@cscs.ch
<http://www.cscs.ch/~mvalle>