

Zeitschrift: Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (2009)

Heft: 3

Artikel: Vedere per capire : visualizzazione scientifica e supercalcolo

Autor: Valle, Mario

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-134271>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 09.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Vedere per capire

Visualizzazione scientifica e supercalcolo

Mario Valle*

Modelli ed immagini mentali

Albert Einstein un giorno si chiese cosa sarebbe successo se avesse potuto cavalcare un raggio di luce. Una bella immagine che lo aiutò nell'intuizione che più tardi sarebbe diventata la teoria della relatività. Ma non è il solo scienziato che ha utilizzato immagini e manipolato modelli mentali per comprendere fenomeni e formulare nuove teorie, l'aneddotica scientifica è piena di esempi. Non è necessario però scomodare scienziati e geni: anche noi nella nostra vita quotidiana creiamo e manipoliamo nella mente, a volte inconsapevolmente, modelli che ci aiutano nel raggiungimento di un qualche obiettivo. Chi non ha simulato mentalmente le fasi di un lavoro di bricolage prima di eseguirlo materialmente? E chi non ha mai utilizzato una mappa mentale della propria città cercando di trovare strade alternative attorno ad un ingorgo che blocca il ritorno a casa? Nelle incombenze della vita quotidiana, come nel nostro lavoro professionale, la mente è bombardata da un flusso ininterrotto di fatti e dati. Per estrarne un senso e trasformare questa messe di dati grezzi in informazioni e conoscenza, uno dei mezzi più potenti che abbiamo a disposizione è, appunto, quello di costruire immagini e modelli mentali. Le immagini ci rendono visibile ciò che visibile non è e i modelli che possiamo manipolare mentalmente ci aiutano a cogliere il funzionamento di un oggetto o a simulare un'azione.

Perché preferiamo sempre vedere ciò su cui stiamo ragionando? Perché mentre discutiamo di un progetto, la penna non riesce a stare ferma e riempiamo di schizzi ogni foglio disponibile? Semplice: per creare immagini mentali, abbiamo bisogno di materiali da costruzione, ovvero immagini e percezioni provenienti dall'ambiente che ci circonda. Sfortunatamente ciò diviene sempre più difficile nel nostro mondo, dove si preferisce la simulazione numerica alla costruzione fisica di un modellino. Un mondo dove dati ed informazioni sono sempre più intessuti di bit effimeri che sfuggono alla nostra percezione.

C'è anche un'altra difficoltà. Questo strumento

tanto utile ed efficace per la comprensione soffre purtroppo di limitazioni intrinseche: le immagini mentali non sono molto dettagliate e svaniscono in fretta. Sembra, in definitiva, che abbiamo a disposizione uno strumento potente che ci può aiutare nei compiti più creativi, ma che, a causa dei suoi limiti, debba essere relegato ad utilizzi riguardanti semplici esigenze di sopravvivenza.

Esternalizzazione della coscienza

L'uomo si distingue dagli animali, fra l'altro, perché ha sempre creato delle estensioni al proprio corpo ed alla propria mente per superarne le limitazioni intrinseche. Crea macchine per ottenere forza ed agilità ed artefatti cognitivi per ancorare e rendere stabili i propri processi mentali.

Avete mai provato a misurare la differenza fra il tempo necessario per eseguire una semplice moltiplicazione a mente e su carta? Un rapporto di dieci a uno fra i tempi impiegati di un fattore dieci ci fa capire che, quando lavoriamo su carta, in realtà stiamo esternalizzando il processo di calcolo per superare le limitazioni della nostra memoria di lavoro. Ci facciamo aiutare da elementi geometrici, come l'incolonnamento delle cifre, per semplificare le operazioni e riduciamo il carico mnemonico dovuto ai risultati intermedi trasferendoli sulla carta.

Anche una normale carta topografica è uno strumento di esternalizzazione della conoscenza. Ci fornisce una visione d'insieme di una certa zona, astrae e semplifica le informazioni che deve trasmettere e, soprattutto, rende possibile la percezione immediata di un grande insieme di dati senza dover passare attraverso difficili inferenze logiche. Basti pensare al lavoro mentale necessario ad assimilare la descrizione verbale di un percorso stradale rispetto alla comprensione immediata dello stesso quando lo vediamo disegnato su di una carta topografica.

Ci rendiamo conto così che visione e cognizione sono strettamente legate, tanto che a volte diciamo «vedo» quando intendiamo dire «capisco». Non solo le immagini esterne passano, per così

dire, direttamente a far parte della nostra area di lavoro mentale, ma anche e soprattutto in questo processo possiamo utilizzare un potentissimo strumento di analisi ed esplorazione che si è evoluto nel tempo allo scopo di migliorare le nostre possibilità di sopravvivenza: il sistema visivo. Con la vista riusciamo a cogliere schemi e regolarità presenti in un'immagine e a percepire immediatamente, anche in scene complesse, alcuni specifici attributi visivi come il colore o la forma. Allora perché non utilizzare immagini ed elementi visivi per estrarre un senso dalla marea di dati che ci sommerge quotidianamente? Perché non saltare completamente il filtro costituito da tabelle e descrizioni verbali che riempiono la nostra vita professionale? Purtroppo l'ostacolo principale è che pochi fenomeni sono visibili direttamente: la maggior parte di quelli che quotidianamente incontriamo nel nostro lavoro riguarda fenomeni troppo grandi, troppo piccoli, troppo al di fuori delle nostre capacità percettive o troppo astratti per essere compresi immediatamente.

Alcuni esempi fra i tanti: se ci occupiamo di finanza, ci può interessare studiare l'andamento del mercato (entità astratta) utilizzando dati numerici (tanti e molto dettagliati) che riguardano entità intangibili come la «fiducia dei consumatori». Le previsioni del tempo invece sembrano essere più concrete e direttamente visibili: in fin dei conti percepiamo la pioggia sulla testa senza bisogno di alcuno strumento. Anche in questo caso, però, il fenomeno è troppo esteso perché possa essere colto nella sua globalità e, se presentato sotto forma di risultati numerici di un modello computazionale di previsione, troppo voluminoso e lontano dalla nostra sensibilità per essere immediatamente utilizzabile. In questi ed altri casi simili ci serve perciò qualcosa che trasformi l'invisibile dei dati numerici in immagini visibili su cui possiamo ragionare.

La visualizzazione scientifica

I metodi per «vedere l'invisibile», per rendere in forma visuale informazioni numeriche, non sono una scoperta recente: c'è addirittura un esempio di diagramma antecedente l'anno mille, dove veniva riportata la variazione nel tempo della posizione dei pianeti e ci sono grafici di dati finanziari della fine del 1700 dall'Inghilterra dei commerci. Questi metodi hanno però avuto un forte impulso con l'avvento della tecnologia e della grafica computazionale, tanto da essere raccolti, codificati e definiti come visualizzazione scientifica. L'importanza di questa disciplina come aiuto alla ricerca e all'innovazione è andata via via crescen-

do tanto che nel 1987 il famoso rapporto McCormick, considerato l'atto di nascita della visualizzazione scientifica come disciplina autonoma, argomentava che gli investimenti in supercalcolatori dovevano andare di pari passo con gli investimenti in strumenti di visualizzazione se si voleva rendere reale il potenziale insito nel calcolo ad alte prestazioni.

Definiamo visualizzazione scientifica la disciplina che fornisce tecniche e metodi computazionali per creare rappresentazioni visive ed interattive dei dati al fine di amplificare le nostre capacità cognitive. Denominatore comune a tutte queste tecniche è l'uso di relazioni spaziali, colori, forme e metafore visuali per mettere a frutto l'abilità del nostro sistema visivo nel trovare regolarità, correlazioni e schemi che rivelino le informazioni nascoste nei dati numerici.

La visualizzazione scientifica è qualcosa che interessa solo scienziati e ricercatori? Assolutamente no! Dalla mucca pazza alle nuove tecnologie indispensabili per l'innovazione, dobbiamo sempre più frequentemente farci un'idea di numeri e dati che rientrano sì negli interessi degli scienziati, ma che toccano anche la nostra vita quotidiana e professionale.

Ma perché scientifica? Perché non semplicemente visualizzazione? Più che altro per un accidente storico: i metodi per trovare rappresentazioni grafiche di dati numerici si sono via via specializzati secondo il tipo di dato da rappresentare. Così quelli basati sulla realtà fisica, che rappresentano quantità concrete come temperatura o velocità, sono trattati con i metodi e strumenti della visualizzazione scientifica (Scientific Visualization), mentre entità più astratte, come testi, indagini marketing o classificazioni di clienti, hanno dato vita all'area della visualizzazione delle informazioni (Information Visualization).

Guardando infine al risultato, vediamo che le immagini prodotte da un sistema di visualizzazione, oltre ad essere ricche di informazioni, sono spesso anche esteticamente molto belle. Viene quasi da pensare che, in fondo, la visualizzazione non sia altro che una parte della grafica computazionale che tante meraviglie propone in campi come quello dell'intrattenimento. Certo, per tanti aspetti i metodi utilizzati sono gli stessi, ma non lo è il punto di partenza e nemmeno l'obiettivo: la grafica computazionale parte da modelli geometrici predefiniti ed ha lo scopo di creare illusione, di stupire, mentre la visualizzazione calcola i suoi modelli partendo dai dati numerici e vuole migliorare le nostre capacità cognitive e la comprensione dei fenomeni soggiacenti.

Il doppio ruolo della visualizzazione

«Scoprire l'imprevisto, descrivere e spiegare il conosciuto» è il motto di un gruppo di visualizzazione, ma è anche un'ottima definizione del doppio ruolo svolto dalla visualizzazione. Innanzitutto essa è uno strumento per esplorare e capire, uno strumento che aiuta nel lavoro di scoperta e comprensione. E poi, una volta che le conoscenze siano state acquisite, la visualizzazione fornisce i mezzi per presentare e comunicare i risultati tramite immagini e filmati. Esplorare e comunicare sono due facce della stessa medaglia: nel primo caso si comunica a se stessi quello che ancora non si conosce, nel secondo si comunica ad altri quello che si è scoperto.

Sfortunatamente la percezione del ruolo della visualizzazione si è lentamente spostata dal primo al secondo obiettivo. Si è finito per considerare la visualizzazione un mero strumento di post-processing, un qualcosa necessario solo per creare belle immagini per presentare risultati e conclusioni. Sì, è vero, è un ruolo importante ma limitativo rispetto all'aiuto che la visualizzazione come strumento per la comprensione può fornire. Questo spostamento del centro d'interesse ha avuto anche un altro effetto, quello di banalizzare il processo di visualizzazione riducendolo a una semplice cascata di tre elementi: prima la modellazione del fenomeno, seguita dalla fase di calcolo che produce i dati, per terminare con la visualizzazione che crea la presentazione finale. Ma la realtà è molto più ricca e complessa perché la visualizzazione è parte del più generale processo di comprensione e scoperta. Il ricercatore ha sotto mano dati numerici, risultato di una simulazione, calcolo o misurazione riguardanti un oggetto di studio del quale ha, di solito, già in mente un modello concettuale. Questo modello guida il ricercatore nelle sue analisi e nella scelta degli algoritmi che trasformano i dati in una rappresentazione grafica a video. Lo studioso quindi interagisce con essa e con l'algoritmo per esplorare e comprendere meglio i dati e, di conseguenza, il suo oggetto di studio. Ma non solo, questa interazione raffina il suo modello mentale che a sua volta influenza la scelta del meccanismo di rappresentazione grafica e così via, in un circolo virtuoso.

L'elemento più importante di questo ciclo è l'utente che, tramite la percezione visiva, estrae un senso dalle immagini prodotte, trova schemi e strutture, conferma o rigetta ipotesi. Qui non è un mero fruitore, ma interagisce attivamente col sistema di visualizzazione navigando nella scena grafica, scegliendo le tecniche di visualizzazione

più adatte e modificando i parametri degli algoritmi utilizzati. Tutto ciò per migliorare la comprensione del fenomeno sotto studio, perché è questo lo scopo ultimo della visualizzazione. Possiamo dire che in questo processo la visualizzazione è solo una tecnologia d'interfaccia all'interno del ciclo di ricerca, un'interfaccia che adatta i numeri alle nostre capacità percettive.

Spesso questo modo di lavorare spinge a considerare la visualizzazione alla stregua di arte ed artigianato dacché non si è ancora trovato il «Santo Graal» della visualizzazione: un sistema automatico che produca immagini efficaci per un certo tipo di dato ed un certo obiettivo da raggiungere.

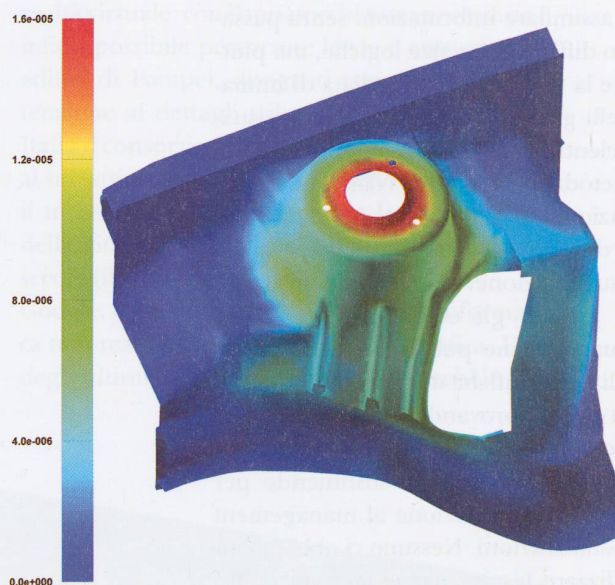


Fig. 1 – Uso del colore per rendere visibile il valore numerico delle deformazioni simulate di un pezzo meccanico.

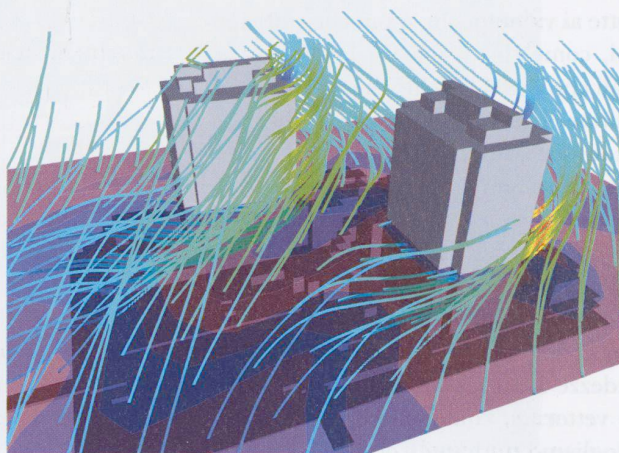


Fig. 2 – Uso di metafore visuali (linee di flusso) e colori su un piano di taglio per visualizzare i risultati della simulazione dell'effetto del vento su di un edificio.

Ma che la visualizzazione abbia una forte componente umana è un bene perché le macchine da sole non creano innovazione. Nei processi tipici della scoperta, gli umani e non le macchine, sono ben adattati a trattare dati ambigui e problemi mal posti ed inoltre, come sanno bene i bambini, le scoperte si fanno esplorando.

La visualizzazione nel mondo reale

Siamo partiti da un problema molto generale di comprensione ed assimilazione di informazioni e ne abbiamo analizzati i meccanismi percettivi. Abbiamo poi visto come l'utilizzo di strumenti faciliti l'impiego dei modelli mentali e come la percezione visiva non sia solo uno strumento per interfacciarsi ad essi, ma fornisca anche dei potenti meccanismi cognitivi. Meccanismi che ci permettono di assimilare informazioni senza passare attraverso difficili inferenze logiche, ma piuttosto tramite la percezione immediata di immagini e modelli grafici tridimensionali. La visualizzazione scientifica si fonda su queste premesse fornendo metodi per convertire i dati numerici in rappresentazioni grafiche.

Per passare dalla teoria alla pratica, come si inizia a fare visualizzazione? Come fanno gli artisti: guardando, usando gli occhi, studiando, per esempio, quanto viene pubblicato nelle riviste professionali o scientifiche del proprio settore. E poi essendo curiosi, provando a domandarsi che cosa succederebbe se si utilizzassero metodi grafici per impieghi improbabili, sostituendo per esempio parti di una relazione al management con delle visualizzazioni. Nessuno ci obbliga, infatti, ad utilizzare la visualizzazione nell'analisi dei nostri propri dati, ma se non si prova ad utilizzarla non se ne scopriranno mai i benefici.

Ma in concreto cosa serve per cominciare? Un computer con una buona scheda grafica, come quelle adatte ai videogiochi, è più che sufficiente. Ma poi, come districarsi fra le offerte, sia commerciali che accademiche, di programmi di visualizzazione? Potremmo dire che tutto si riassume nel conoscere i dati e nel non dimenticare l'esigenza che vogliamo soddisfare con la visualizzazione: esplorare, capire, presentare o comunicare. Per esempio, se stiamo studiando il moto dell'aria all'interno di un capannone industriale, sappiamo che cosa contiene il file prodotto dal programma di simulazione? Probabilmente conterrà grandezze scalari, come la temperatura, e grandezze vettoriali, come la velocità dell'aria. Che cosa vogliamo studiare? L'obiettivo è trovare i punti non sufficientemente raffreddati, oppure trovare dove si formano vortici? Queste doman-

de ci guidano prima nella scelta del programma di visualizzazione e poi nella scelta delle tecniche di rappresentazione grafica più informative.

Terminiamo ricordando il monito che Richard Hamming fece più di quaranta anni fa: scopo del calcolo è la comprensione, non i numeri. Per noi, scopo della visualizzazione deve essere la comprensione, non solo la produzione di belle immagini.

* Visualization scientist, Swiss National Supercomputing Centre (CSCS), Manno