

La comunicazione empatica dei dati

—

Studio delle variabili cinetiche per il coinvolgimento emotivo
del lettore nella rappresentazione dei dati

Tesi di Alessandro Zotta

RELATORE
Michele Mauri

CORRELATRICE
Giorgia Lupi

Tipografia

Inter, progettato da Rasmus Andersson, 2019 v3.3

Carta

Fedrigoni Oikos Extra White, 115gr

Fabiano Ingres 604 cenere, 90gr

Fabiano Copy Tinta giallo, 160gr

Stampa e rilegatura

Stampato e rilegato a Cantù nel mese di aprile 2019

presso Viganò Edoardo & Figli S.N.C.

La comunicazione empatica dei dati

Studio delle variabili cinetiche per il coinvolgimento emotivo del lettore nella rappresentazione dei dati

Tesi di Alessandro Zotta

Matricola 850196

Relatore

Michele Mauri

Correlatrice

Giorgia Lupi

Politecnico di Milano

Scuola del Design

Laurea Magistrale in Design della Comunicazione

A.A. 2017/2018

“All minds pulse in a unique way, just as every lighthouse in the world has a unique signature. Some minds pulse consistently, some erratically. Some are lukewarm, some are hot. Some flare out, some are very nearly not there. Some stay on the fringe, like quasars. For me, a roomful of animals and humans is like a roomful of suns, of different magnitudes and colours, and gravities.”

— DAVID MITCHELL, GHOSTWRITTEN

TAVOLA DEI CONTENUTI

Abstract	15
Introduzione	19
CAPITOLO 1	
La componente empatica nella visualizzazione dei dati	27
Definizioni di empatia	27
Il ruolo dell'empatia nella visualizzazione dei dati	29
Approfondimento 1.1: Il <i>needle</i> del New York Times	
Limiti e potenzialità dell'empatia nella visualizzazione dei dati	33
Approfondimento 1.2: Definizioni essenziali di ciò che concerne la rappresentazione di dati	

Il contesto progettuale odierno: nuove opportunità di esplorazione	38
Approfondimento 1.3: Da statico a dinamico	
Il legame tra movimento ed empatia	40
Il movimento come canale empatico di codifica dei dati: gli scenari di applicazione ipotizzati	41
CAPITOLO 2	
La percezione visiva del movimento per la codifica dei dati	45
Contesto bibliografico e obiettivo della ricerca	45
La percezione visiva nella rappresentazione di informazione	46
Approfondimento 2.1: Definizioni essenziali di percezione visiva	
La “pre-attentive processing”	49
Le proprietà di basso e alto livello del sistema visivo	51
Il legame tra percezione ed empatia	52
Approfondimento 2.2: I neuroni specchio	

TAVOLA DEI CONTENUTI

Le cinque teorie fondamentali di percezione visiva per la rappresentazione dei dati	55
Le condizioni necessarie per la percezione visiva del movimento	68
La gerarchia percettiva del movimento	68
Approfondimento 2.3: La differenza appena percettibile	
La definizione del movimento come fenomeno fisiologico	72
Approfondimento 2.4: Fisionomia della percezione cinetica	
La definizione del movimento come processo psicologico	76
Teorie ed esperimenti di percezione visiva del movimento	76
Approfondimento 2.5: Leggi della Gestalt	
Il cinetismo come componente empatica nella visualizzazione dei dati	81
I limiti di percezione del movimento	84
I ruoli del cinetismo nella visualizzazione dei dati	87

CAPITOLO 3

Tassonomia delle variabili cinetiche 91

Metodologia e obiettivo 91

La definizione di variabile per la codifica di dati 94

La codifica a variabili multiple 97

Il legame tra variabili e percezione 98

La letteratura di riferimento sulle variabili visive statiche 99

Approfondimento 3.1: Le variabili visive di Jacques Bertin

TASSONOMIA DI ROTH 105

Gli "elementary building blocks" 110

I limiti percettivi di alcuni canali di codifica dei dati 112

Identificazione degli "elementary building blocks" cinetici 114

Il contesto tecnologico odierno: nuove opportunità di esplorazione 115

Approfondimento 3.2: L'angolo visivo

Lo stato dell'arte: identificazione e analisi dei lavori esistenti sulle variabili cinetiche 120

Approfondimento 3.3: Lista delle tassonomie di variabili cinetiche analizzate

TAVOLA DEI CONTENUTI

Tassonomie delle variabili visive legate al movimento	129
DIBIASE, MACEACHREN, KRYGIER, REEVES	131
MACEACHREN	135
BARTRAM / BARTRAM, WARE, CALVERT	137
BLOK	139
MEIRELLES	143
HUBER, HEALEY	145
COFFEY, KORSAKOV, EWERT, HAGH-SHENAS, THORSON, ELLINGSON, NUCKLEY, KEEFE	147
FEW	149
DE LA TORRE, CRUZ	151
Interpretazione e razionalizzazione della letteratura esistente	153
<u>Una nuova tassonomia delle variabili cinetiche</u>	155
Utilizzo applicativo della tassonomia	160
Limiti di utilizzo delle variabili cinetiche	169
Linee guida di applicazione	170
Considerazioni finali e approfondimenti	171

CAPITOLO 4

Sperimentazione progettuale: Building Hopes 173

Contestualizzazione del progetto: il mio ruolo, Accurat e Google News Initiative 173

Limiti e possibilità 177

Libertà progettuale e sperimentazione 180

Applicazione e collaudo della tassonomia 184

FORMA 184

ASPETTO: CAMBIO DI ORIENTAMENTO 186

ROTAZIONE 187

OSCILLAZIONE 190

DIREZIONE 191

Punti di forza 193

Debolezze 193

Miglioramenti 195

Intervista ad Alberto Cairo 199

Commenti e spunti dall'intervista 204

TAVOLA DEI CONTENUTI

Riflessioni finali	207
Conclusioni	207
Sviluppi futuri	211
Bibliografia	215
Sitografia	225
Indice delle figure	229

ABSTRACT

Ci troviamo in un momento storico in cui affidiamo l'ultima parola ai dati. Tuttavia è importante ricordare che i dati sono un artefatto tecnico creato dall'uomo, un'astrazione della realtà. L'implementazione di una componente empatica nella visualizzazione dei dati ci può far sentire più vicini alla storia raccontata, pur generando conoscenza analitica. Storicamente la letteratura in materia si è concentrata principalmente sull'interazione e non sul movimento come forma di mappatura. Già Bertin aveva identificato il movimento come promettente, anche se dichiara di escluderlo dalla sua opera per mancanza di supporto scientifico di percezione cognitiva.

Oggi la progettazione riguarda interfacce interattive e sistemi dinamici; queste limitazioni non sono più attuali ed offrono opportunità di esplorazione. Quali sono le possibilità di codifica del dato sul canale visivo del cinetismo? Come queste possono costituire la componente empatica della rappresentazione? Un'indagine bibliografica ha rivelato l'interesse di diversi autori al tema ma con studi molto frammentari e spesso sconnessi tra loro. In questa tesi ho analizzato e riorganizzato il materiale in una tassonomia per capire come le variabili cinetiche possono essere usate nella visualizzazione dei dati per creare empatia. In parallelo ho avuto l'occasione di testare, affinare e collaudare tale tassonomia con un caso di studio reale, Building Hopes,

in cui il cinetismo è stato utilizzato per visualizzare i dati delle ricerche su Google, che ho progettato nello studio di design dell'informazione Accurat, in collaborazione con Google News Initiative. La tesi risulta essere un primo passo verso uno strumento per i designer della comunicazione, di supporto alla progettazione attraverso linee guida per l'implementazione controllata delle variabili cinetiche. Nuove verifiche sono necessarie per meglio identificare i limiti del cinetismo nella visualizzazione dei dati ed estendere la ricerca ad altre variabili non visive.

Il tema principale di questa tesi, la visualizzazione di informazione, è una disciplina del design che tratta la rappresentazione grafica di dati, a volte statistici, e di informazioni complesse. Lo scopo è quello di offrire una visione migliore sui dati, che vengono analizzati in quantità sempre maggiori, e sulle strutture complesse di fenomeni che altrimenti non sarebbero facilmente accessibili al lettore. Esempi di tali informazioni vanno dagli articoli di giornale supportati da grafici e infografiche, ai libri accompagnati da mappe e disegni, a materiale informativo per i visitatori di spazi pubblici e sistemi di transito che aiutano le persone a orientarsi in ambienti non familiari e caotici. Gli scenari applicativi del design dell'informazione variano molto. Ciò che tutti questi esempi hanno però in comune è l'obiettivo di spiegare, chiarire e illuminare per mezzo degli strumenti di comunicazione visiva.

A livello personale, trovo un grande valore in questa disciplina tanto da averla resa la mia professione. La visualizzazione dei dati mi dà la possibilità di imparare costantemente nuove nozioni riguardo ai più disparati temi che vengono affrontati per ogni progetto e di per sé ciò rende questo lavoro affascinante e capace di soddisfare la mia forte curiosità — da piccolo per un periodo sognavo di diventare un archeologo.

Ciò che trovo ancora più entusiasmante, in quanto designer della comunicazione, è l'opportunità di poter trasmettere tale conoscenza alle altre persone e abilitarle alla lettura di informazioni altrimenti inaccessibili.

Al giorno d'oggi, come verrà affrontato più avanti nella riflessione di tesi, ci troviamo a progettare interfacce interattive e sistemi dinamici all'interno dei quali trovano uno spazio le visualizzazioni dei dati. Queste però sono storicamente legate a tecniche di rappresentazione statica per via della nascita di questa disciplina sulla carta stampata, oggetto poi della maggior parte degli studi riscontrati in letteratura. Visto il contesto tecnologico odierno, ho individuato uno spazio di esplorazione nell'implementazione del cinetismo nella rappresentazione dell'informazione. La letteratura in questo caso è molto più scarsa e sconnessa.

Un altro binario parallelo a questo riguarda l'approccio con cui oggi consumiamo i dati. Tendiamo a considerare i dati come portatori di verità assoluta, di cui ci fidiamo quasi ciecamente. Rischiamo però di perdere di vista che quelle informazioni sono un artefatto tecnico creato dall'uomo per astrarre la realtà e registrare delle tracce che in qualche modo ci aiutino a comprendere il mondo in cui viviamo. È importante ricordarsi che il modo in cui misuriamo e registriamo la realtà è intrinsecamente parziale e con un punto di vista imposto dagli obiettivi di chi esegue la rilevazione. La visualizzazione dei dati può aiutarci a riportare delle qualità umane di imperfezione nel modo in cui leggiamo le informazioni, per farci sentire

più vicini alle storie raccontate. Ciò può avvenire tramite l'implementazione di una componente empatica nella rappresentazione.

L'obiettivo di questa tesi è quello di indagare quali siano le possibilità per una comunicazione empatica dei dati. Anche se paradossalmente la dimensione emotiva può essere vista all'opposto di una rappresentazione analitica dell'informazione, si può invece raggiungere una coesistenza di empatia e visualizzazione dei dati, ad esempio, attraverso l'implementazione del movimento. Per indagare il tema, ho analizzato la letteratura che studia la codifica dei dati per mezzo del movimento e riorganizzato il materiale in una tassonomia di variabili cinetiche. L'intenzione è quella di produrre una guida che sia da supporto ai progettisti che intendono utilizzare il cinetismo per visualizzare i dati con empatia.

La riflessione teorica è nata dal contesto attuale e dalla ricerca di un approccio più umano alla visualizzazione dei dati, elaborata nel capitolo primo. Il pensiero ha trovato un grande supporto negli studi sulla percezione cognitiva del movimento e percezione visiva per la visualizzazione dei dati, a cui è dedicato il capitolo secondo. La letteratura sulla percezione risulterà fondamentale nel capitolo terzo per l'elaborazione dei ragionamenti e per la razionalizzazione delle variabili cinetiche. Questo perché offre indicazioni puntuali e fisiologiche grazie alle quali è possibile progettare il movimento dei simboli dei dati con efficacia semantica ed efficienza cognitiva,

evitando di creare confusione nella rappresentazione. Il capitolo quarto è dedicato al caso di studio applicativo Building Hopes di cui ho avuto occasione di progettare nello studio di design dell'informazione, Accurat, dove lavoro. Il progetto, sviluppato in collaborazione con Google News Initiative, mi ha permesso, con grande libertà progettuale, di testare le variabili cinetiche direttamente su un caso reale e di affinare e collaudare la tassonomia. Il riscontro finale è stato molto positivo e allo stesso tempo ha evidenziato delle nuove opportunità di esplorazione per verificare la solidità del mio lavoro di tesi anche su altri progetti. In chiusura espongo le prospettive di ricerca futura generate da questa tesi.

La componente empatica nella visualizzazione dei dati

—

Definizioni di empatia

L'empatia può essere definita con sfumature diverse in base al contesto in cui viene considerata. I vocabolari offrono delle definizioni abbastanza generali, riassumibili nel concetto di condivisione delle emozioni di un'altra persona. L'empatia nella visualizzazione dei dati riguarda un campo di indagine molto più ristretto e in letteratura esistono diversi studi che cercano di individuarne i confini. In un articolo molto recente, Alberto Cairo espone la differenza tra la definizione di empatia tratta dal vocabolario da quella invece proposta da Paul Bloom nel libro *Against Empathy* (CAIRO 2019). Bloom sostiene che nella rappresentazione di informazione il tipo di empatia che entra in gioco sia una "compassione razionale," ovvero la capacità di *sentire* le emozioni di qualcun altro attraverso la lettura dei dati, senza che l'altra persona sia necessariamente di fronte al lettore (BLOOM 2016). La definizione di Bloom

si avvicina a quella scientifica di “empatia emozionale,” ovvero il *provare* quello che si pensa che qualcun altro stia provando. A distinzione, con “empatia cognitiva” ci si riferisce all’abilità di immaginarsi nei panni di qualcun altro (SOSKIS 2017). La definizione adottata nell’indagine di questa tesi è quella di empatia emozionale.

Questa è in sintonia con le definizioni in lingua italiana, di cui riporto di seguito due versioni dai vocabolari Devoto-Oli e Treccani.

DAL VOCABOLARIO DEVOTO-OLI

Empatia → [em·pa·tì·a] s.f. ~ In psicologia, la capacità di porsi in maniera immediata nello stato d’animo o nella situazione di un’altra persona, con nessuna o scarsa partecipazione emotiva. • Nella critica d’arte e nella pubblicità, la capacità di coinvolgere emotivamente il fruitore con un messaggio in cui lo stesso è portato a immedesimarsi • Comp. del gr. *en* ‘dentro’ e *-pàtheia* ‘-patia’ || seconda metà sec. XIX.

DAL VOCABOLARIO TRECCANI

Empatia → s. f. [comp. del gr. *év* «in» e *-patia*, per calco del ted. *Einfühlung* (v.)]. – In psicologia, in generale, la capacità di comprendere lo stato d’animo e la situazione emotiva di un’altra persona, in modo immediato, prevalentemente senza ricorso alla comunicazione verbale. Più in partic., il termine indica quei fenomeni di partecipazione intima e di immedesimazione attraverso i quali si realizzerebbe la comprensione estetica.

Il ruolo dell'empatia nella visualizzazione dei dati

Ci troviamo in un momento storico in cui rischiamo di affidare l'ultima parola ai dati. Ne è un esempio l'inattesa perplessità, accompagnata per molti da sconcerto e indignazione, generata dal risultato delle ultime elezioni statunitensi del 2016, per le quali ogni sondaggio prevedeva la vincita del candidato che alla fine ha perso. L'errore tuttavia non è stato nel calcolo della probabilità ma nel nostro modo di interpretarla, affidando una certezza ad un risultato ancora da decidersi. In questo caso può aver giocato un ruolo anche il modo in cui tale probabilità è stata rappresentata dal New York Times, generando un impatto molto incisivo (→ [vedi Approfondimento 1.1](#)).

Il *needle* del New York Times

APPROFONDIMENTO 1.1

Nel periodo antecedente le elezioni americane nel 2016, nella home page del New York Times online era presente un grafico a tachimetro il cui ago (*needle*) indicava la probabilità con cui uno dei due candidati avrebbe potuto vincere. Oscillando tra destra e sinistra, l'ago mostrava il livello di confidenza dell'esito quanto più puntava a uno dei due estremi. Prima che lo spoglio dei voti cominciasse, il tachimetro mostrava che

Hillary Clinton avrebbe avuto l'84% della possibilità di vincita. Durante la notte dell'elezione, man mano che i voti venivano conteggiati, il tachimetro si è messo in movimento, spostandosi tra i due candidati. Il dato mostrato sulla pagina era sempre uno solo: il più aggiornato e logicamente incompleto finché non si sarebbero conclusi i conteggi. Tuttavia la maggior parte dei lettori ha (erroneamente) interpretato

come definitivo il valore mostrato ad ogni aggiornamento, (erroneamente) leggendo la probabilità come un esito finale.

"I would say I trusted that needle and whatever it said in that moment."
— HANNA HOPE, GEORGETOWN'S INSTITUTE OF POLITICS¹

Dopo un paio d'ore, vista l'agitazione sul web, il NYT ha integrato un messaggio di avviso per mettere in guardia i lettori: *"Heads-up: forecasts may be volatile early in the night. These numbers will become more trustworthy once more votes have been counted."*²

L'obiettivo del grafico era quello di mostrare che Donald Trump aveva, inizialmente, circa il 16% di possibilità di vincere, non il 16% dei voti. Ed essendo una probabilità, sarebbe stato del tutto plausibile che 16 scenari su 100 possibili fossero la vincita di Trump.

Nonostante l'impatto del *needle* sul pubblico sia stato molto forte, il NYT non ha fatto retrofront sull'uso di questa rappresentazione. Per le elezioni di metà mandato del 2018 ha invece rafforzato la scelta di mantenerlo fornendo ai lettori un articolo dedicato alla spiegazione del suo funzionamento affinché il modello possa essere interpretato correttamente.³

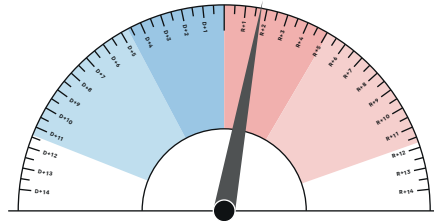


FIGURA 1.1 - Il *needle* del New York Times⁴

- 1 *A Psychiatrist Explains Why the New York Times Election Needle Haunts Your Dreams*, Washingtonian, H. Carefoot, 2018.
- 2 *The New York Times has a wildly swinging forecast needle that's driving everyone insane*, Business Insider, M. Abadi, 2016.
- 3 *What Is the Needle?*, The New York Times, The Upshot Staff, 2018.
- 4 *The Needle's Back. Maybe This Time, It Will Really Be Wrong.*, The New York Times, N. Cohn, J. Katz, 2018.

Con gli strumenti tecnologici che sempre più fanno parte della nostra vita quotidiana, quasi ogni nostra azione nel mondo produce nuovi dati, quasi sempre digitali, che vengono elaborati con algoritmi sempre più avanzati per darci risposte, suggerimenti e inserzioni pubblicitarie “su misura,” nuove istruzioni. Come fa notare Giorgia Lupi nel suo TED Talk “*How we can find ourselves in data,*” i dati in sé, come numeri, presi da soli, non dicono niente (LUPI 2017). In questo processo di creazione del dato è nostro dovere non dimenticare la nostra centralità di esseri umani: sono le azioni che compiamo, il nostro pensiero messo in atto, che in primo luogo li hanno generati. In questa tesi considero i dati come tracce dell’esistenza umana, che possono essere usate come mezzo per ragionare e prendere una decisione. Più in generale, una loro interpretazione volta a raggiungere uno scopo. Per ricomporre e rappresentare la realtà che i dati vogliono astrarre, è necessario includere un contesto che permetta alle persone di considerare anche tutta un’altra serie di fattori. L’empatia è la capacità di coinvolgere emotivamente il fruitore con un messaggio in cui lo stesso è portato a immedesimarsi, in modo immediato e prevalentemente senza ricorso alla comunicazione verbale. L’empatia nella rappresentazione dei dati va intesa come *componente* della visualizzazione e non come sua alternativa. In quanto designer dell’informazione, dobbiamo progettare sistemi che includano qualità umane, anche di imperfezione, nel modo in cui raccogliamo, processiamo, analizziamo e, con particolare focus in questa tesi, nel modo in cui mostriamo i dati. I dati sono un’astrazione di noi stessi e se vogliamo comprenderli, dobbiamo rappresentarli

con una componente empatica che li renda più ricchi e sfaccettati come è la natura umana.

Di recente l'interesse verso questo approccio alla visualizzazione dei dati è in crescita. Riporto come esempio uno studio di Enrico Bertini e colleghi all'Università di New York che indaga esattamente se la visualizzazione possa suscitare empatia (BERTINI 2017). La sperimentazione riguarda l'utilizzo di *anthropographics*⁵, ovvero simboli antropomorfizzati, per rappresentare dei dati sui diritti umani e verificare se questa tecnica riesca a provocare empatia nei lettori. I risultati mostrano che non c'è correlazione tra la presentazione dei dati con metodi più evocativi ed una reazione empatica più forte nei lettori. Questa infatti, secondo lo studio, è in gran parte suscitata dai testi a corredo delle rappresentazioni visive (BOY ET AL. 2017). Tuttavia, oltre a non aver riscontrato effetti negativi in questo approccio, gli autori fanno notare che l'implementazione di forme grafiche più "stravaganti" come quelle proposte con le *anthropographics*, possono avere un forte effetto per attirare l'attenzione e perciò possono risultare di grande aiuto per incoraggiare il lettore ad essere coinvolto con il contenuto proposto (BERTINI 2017). Nel contesto di questa tesi però è particolarmente rilevante sottolineare che le tecniche di rappresentazione utilizzate in questo studio sono esclusivamente statiche. Così come viene esplicitato nei risultati, gli esperimenti di Bertini e Boy et al. non includono metodi potenzialmente molto evocativi,

5 Letteralmente "grafica antropomorfizzata," *antropografica*, trad. mia.

come l'uso del cinetismo per animazioni e transizioni e il suono (BERTINI 2017; BOY ET AL. 2017). L'incoraggiamento a sviluppi futuri per testare queste condizioni fa sicuramente parte del campo di azione di questa ricerca di tesi.

Limiti e potenzialità dell'empatia nella visualizzazione dei dati

Il termine "visualizzazione di dati" è generalmente interpretato con un'accezione analitica del modo di rappresentare informazione, in forte contrasto con una dimensione più emozionale. In questa tesi indago come la componente empatica possa invece farci sentire molto più vicini alla storia raccontata nella visualizzazione. Certamente non è mio obiettivo sostenere che tutte le rappresentazioni di dati debbano essere progettate in questi termini. Le visualizzazioni meramente analitiche sono uno strumento indispensabile nel contesto in cui risultano appropriate e lo continueranno ad essere. Si può pensare a realtà come banche, o sistemi di monitoraggio di analisi tecniche, o a un pilota d'aereo che sta atterrando e deve conoscere esattamente e solamente i valori dei vari indicatori sul cruscotto.

"One must be careful not to fall into a conceptual trap by adopting accuracy as a criterion. We are not saying that the primary purpose of a graph is to convey numbers with as many decimal places as possible. If this were the goal,

tables would be better. The power of a graph is its ability to enable one to take in the quantitative information, organize it, and see patterns and structure not readily revealed by other means of studying the data."

— WILLIAM S. CLEVELAND, & ROBERT MCGILL (1984)

Ritengo però che ci sia spazio per adottare l'impostazione qui proposta in altri contesti, ad esempio quando l'intenzione progettuale della visualizzazione è di coinvolgere il lettore nella storia raccontata dai dati. L'immedesimazione e la connessione tra "lettore" e "dati" può essere restituita in maniera molto forte se la rappresentazione porta con sé risonanza emotiva, pur generando allo stesso tempo conoscenza analitica. L'adeguatezza di questa impostazione dipende anche dal tema trattato, dal medium e dal target che ne fruirà.

Definizioni essenziali di ciò che concerne la rappresentazione di dati

APPROFONDIMENTO 1.2

Dato: Ciascuno degli elementi di cui si dispone per formulare un giudizio o per risolvere un problema; la misura di un fenomeno collettivo risultante dalla rilevazione di fatti singoli della stessa specie. • In informatica, la singola informazione codificabile o codificata.⁶

6 Dal vocabolario Devoto-Oli.

Nel contesto di questa tesi, condivido le visioni relative al “dato” e le sue definizioni da parte di diversi autori di riferimento.

“In their raw format, data are sets of individual values which can be manipulated, reconfigured, and transformed. Data is at the heart of our digital culture. Data are highly flexible, malleable substance. Data is the raw material with which to expose more knowledge than ever before. Data are a collection of values which help us understand a phenomenon more deeply. Data are measurements of all kinds, and can be used to generate more data. Data can hold the promise of a previously unseen overview from a different perspective. Although seemingly intangible, data can help illuminate and make sense of things we cannot see, feel, or hear with our human senses. It can be a medium via which to be curious about the world.”

— FREEMAN, WIGGINS, STARKS, & SANDLER. A CONCISE TAXONOMY FOR DESCRIBING DATA AS AN ART MATERIAL. (2015)

“Data represents real life. It is a snapshot of the world in the same way that a picture catches a small moment in time. Numbers are always placeholders for something else, a way to capture a point of view — but sometimes this can get lost. Data is a tool that filters reality in a highly subjective way, and from quantity, we can get closer to quality. Data, with its unique power to abstract the world, can help us understand it according to relevant factors. How a dataset is collected and the information included — and omitted — directly determines the course

of its life. Especially if combined, data can reveal much more than originally intended. Let's just stop thinking data is perfect. It's not. Data is primarily human-made. 'Data-driven' doesn't mean 'unmistakably true,' and it never did."

— GIORGIA LUPI. DATA HUMANISM, *THE REVOLUTION WILL BE VISUALIZED*. (2017)

"Data are the new raw material. Today, infinite amounts of new information can be accessed in seconds and across large distances. However, raw data in themselves are of negligible value — they need to be filtered and evaluated. That's why professional data and information management will be a central cultural tool in the decades to come."

— RENDGEN, & WIEDEMANN. *INFORMATION GRAPHICS*. (2012)

"Raw data simply exists and has no significance beyond its existence (in and of itself). It can exist in any form, usable or not. Information occurs when data has been given meaning by way of relational connections. Knowledge is the appropriate collection of information, 'such that its intent is to be useful.'"⁷

— MASUD, VALSECCHI, CIUCCARELLI, RICCI, & CAVIGLIA. *FROM DATA TO KNOWLEDGE: VISUALIZATIONS AS TRANSFORMATION PROCESSES WITHIN THE DATA-INFORMATION-KNOWLEDGE CONTINUUM*. (2010)

I dati possono essere di diverso tipo e attualmente non vi è una classificazione universale che li descrive.

7 Bellinger, Castro and Mills. *Data, Information, Knowledge and wisdom*.

Esistono comunque approcci che ci possono aiutare a comprenderne la natura. Bertin, nel 1977, suggerisce che ci sono due forme fondamentali dei dati: dati come *valori* e dati come *strutture*. Un'idea simile è quella più recente di Ware (**WARE 2013**) che divide i dati in *entità* e *relazioni*. In breve, le entità sono gli oggetti che vogliamo visualizzare; le relazioni definiscono le strutture e i pattern che legano le entità tra loro. A volte le relazioni sono fornite esplicitamente, altre volte la loro scoperta è l'obiettivo principale della visualizzazione. Un buon punto di riferimento per individuare le tipologie di dato è la tassonomia delle scale numeriche dello statistico Stevens (1946).

- **Nominale**, per etichettare.
- **Ordinale**, per ordinare in una lista.
- **Intervallo**, per individuare la discrepanza tra valori.
- **Rapporto**, per esprimere la potenza di un numero reale; implica l'utilizzo dello zero come riferimento della scala.

Consideriamo anche i valori che i dati possono assumere dal punto di vista **geografico**, **temporale** e puramente **quantitativo**.

Dataset: In informatica, archivio di dati strutturato in modo da razionalizzare la gestione e l'aggiornamento delle informazioni e da permettere lo svolgimento di ricerche complesse.⁸

Dimensione del dato: Proprietà di una entità del dato che non può essere concepita indipendentemente; lo sono i parametri che individuano il fenomeno misurato e che vengono registrati nel dataset.

8 Dal vocabolario Devoto-Oli.

Multidimensionalità del dato: Caratteristica di dati con più dimensioni registrate nello stesso dataset. In un dataset in forma tabellare, è buona norma assegnare una colonna per dimensione. Maggiore è la multidimensionalità del dato, maggiore è la complessità del dataset.

Variabile di codifica del dato: In statistica, fenomeno o carattere che può assumere differenti modalità quantitative.⁹ • Nel design dell'informazione, componente del sistema grafico con cui il progettista suggerisce una prospettiva, le relazioni ordinate su un grafico, e abilità alla lettura di un dataset in forma visiva.¹⁰ È buona norma codificare una sola dimensione del dato con una variabile.

9 Dal vocabolario Devoto-Oli.

10 Da Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics*.

Il contesto progettuale odierno: nuove opportunità di esplorazione

L'empatia può essere suscitata attraverso la stimolazione di diversi apparati sensoriali, singolarmente o in combinazione tra loro, come l'udito, il tatto e la vista. Nel dominio di questa tesi, mi concentrerò sull'ultimo, lasciando però aperta la strada per ampliare in futuro lo studio agli altri sensi. Nello specifico, mi concentrerò sugli attributi visivi dell'immagine che possono generare empatia e che allo stesso tempo sono validi mezzi di codifica del dato.

L'immagine statica è il mezzo di comunicazione visiva per eccellenza e nella storia dell'umanità è stata strumento

Da statico a dinamico

APPROFONDIMENTO 1.3

Nell'ultimo decennio, l'evoluzione tecnologica ci ha permesso di avere a disposizione dispositivi digitali sempre più performanti e con schermi di dimensione sempre maggiore. Oggi questi strumenti li portiamo sempre con noi, alcuni li indossiamo nel senso letterale del termine, e ci interagiamo direttamente con le dita per portare a termine le più svariate attività.

In gran parte, li usiamo per consumare contenuti digitali, ovvero informazione. Le interfacce che navighiamo tramite *"gesture"* hanno cambiato il paradigma del modo in cui ci relazioniamo a questi contenuti. Questo cambiamento ha a sua volta ripercussioni sul modo di progettare i contenuti, che sono sempre più interattivi e dinamici.

indispensabile per la trasmissione di informazione nonché oggetto di studio e di supporto per ogni tipo di scienza. Ha dimostrato di sopravvivere il passaggio del tempo con le pitture rupestri e le incisioni delle civiltà antiche, grazie alle quali noi oggi abbiamo conoscenza dell'evoluzione della cultura umana. Anche oggi, la comunicazione visiva per immagini abbatte le barriere del linguaggio, facendo leva su concetti culturali condivisi e diventando di per sé un linguaggio universale. Stringendo il campo alla rappresentazione visiva dei dati, lo studio di metodi e tecniche per questa disciplina ha avuto un intenso sviluppo negli ultimi sessanta anni. Sebbene questo rimanga oggetto di attiva e continua ricerca, e visto il contesto tecnologico che abbiamo a disposizione oggi, ritengo che per apportare ulteriore innovazione vada considerata

anche l'immagine in movimento per la visualizzazione dell'informazione. Con questo lavoro intendo dunque investigare quali sono le possibilità di codifica del dato sul canale visivo dedicato al cinetismo e come queste possono costituire la componente empatica della rappresentazione.

Il legame tra movimento ed empatia

“Motion is capable of favoring and intensifying the empathic element because, through the transmission of a peculiar rhythm, it ‘sets in motion’ the innermost rhythmic structures of the human constitution.”¹¹

— GILLO DORFLES (1965)

Da un punto di vista pratico, il movimento in un'immagine genera empatia perché agisce sulle proprietà di basso livello del sistema percettivo di elaborazione delle informazioni (→ **vedi Cap. 2, Le proprietà di basso e alto livello del sistema visivo**). Come verrà affrontato in modo approfondito nel capitolo successivo,

11 In originale da *The Role of Motion in Our Visual Habits and Artistic Creation. In The Nature and Art of Motion*, curato da György Kepes. New York: G. Braziller. Tratto dalla tesi di Irene de la Torre - Arenas, (2017). *Movements and Transformations*.

Trad. mia: “Il movimento è capace di favorire ed intensificare l'elemento empatico (che sicuramente esiste anche in molti fenomeni statici, aggiunta mia) perché, attraverso la trasmissione di un ritmo intrinseco, ‘mette in moto’ le più profonde strutture ritmiche della costituzione umana.”

la percezione del movimento avviene infatti grazie a delle specifiche condizioni. In questo modo, lo stimolo visivo cinetico mette in moto le nostre corde interne. Come fa notare Dorflès, ciò avviene operando sulla dimensione temporale in cui noi, come esseri viventi, siamo immersi e agiamo per nostra natura. Non si può quindi considerare il movimento in assenza del tempo. Nel capitolo 3, questo concetto risulterà fondamentale per la definizione delle variabili cinetiche, in quanto possono essere *viste* solo ed esclusivamente se la rappresentazione mostra lo scorrere del tempo.

—

Il movimento come canale empatico di codifica dei dati: gli scenari di applicazione ipotizzati

La tesi indaga in che modo il movimento può essere impiegato in una visualizzazione dati per codificare le informazioni ed ottenere un risultato più empatico. Per affrontare in modo pragmatico questo tema, il primo passo è stato individuare le ragioni per cui l'implementazione del movimento in una rappresentazione di dati può avere luogo. I seguenti tre scenari trovano supporto nella bibliografia e vanno considerati in fase progettuale o in base alla natura dei dati, o alla natura del supporto, o al tipo di interazione che deve avvenire tra l'osservatore e la rappresentazione.

Il primo scenario è per necessità: nel caso in cui si stia visualizzando un dataset multidimensionale e tutte le variabili

visive disponibili siano già state messe in campo (→ vedi Bertin e successivi, Cap. 3). L'utilizzo dell'animazione degli elementi della rappresentazione si è dimostrata essere un'ottima soluzione per aumentare l'output informativo senza ricorrere ad un sovraccarico cognitivo di elementi visivi aggiuntivi, come icone e simboli che richiedono un riconoscimento di tipo attenzionale e una elaborazione cognitiva e basata sulla conoscenza dell'utente (BARTRAM, WARE, CALVERT 2002; HUBER, HEALEY 2005; HEALEY, ENNS 2012).

Il secondo è per scelta progettuale: il designer decide di utilizzare il cinetismo come canale di codifica del dato. In questo caso le informazioni vengono rappresentate assegnando agli elementi della rappresentazione dei movimenti specifici che tarati su una scala, lineare oppure ordinale, possono essere decifrati dal lettore. La potenza di questa tecnica sta nell'utilizzo strategico dei movimenti. Come spiego nel capitolo dedicato alle variabili del movimento (→ vedi Cap. 3), esse si basano su principi della percezione di basso livello (→ vedi Cap. 2), secondo la quale il cervello deve compiere il minimo sforzo, senza necessitare di ragionamento attivo, per interpretare i movimenti. Utilizzare questo tipo di movimenti come variabili fa sì che il lettore riesca a estrarre i valori rappresentati attraverso il cinetismo degli elementi.

Il terzo scenario riguarda l'implementazione del movimento con l'obiettivo di aumentare la competenza emotiva della rappresentazione. Rispetto a questa condizione, va notato che tale scelta può essere talvolta guidata da una ricerca

stilistica del designer. Non ritengo che ciò rappresenti un errore ma trovo doveroso sottolineare che l'obiettivo di questa tesi è rivolgersi anche a questo tipo di applicazione, per assicurare che l'implementazione del cinetismo sia controllata. Va quindi evitato di ottenere una rappresentazione caotica che provochi difficoltà nel sistema percettivo dell'utente, in quanto risultato antitetico all'intenzione di comunicare informazione.

Nel capitolo successivo, tratterò gli studi sulla percezione che si sono rivelati fondamentali per individuare i parametri che regolano l'interpretazione del movimento. Tali parametri sono poi ricondotti a delle variabili cinetiche che possono essere utilizzate per la codifica dei dati.

Infine, propongo uno strumento per la progettazione, una tassonomia che organizza le variabili cinetiche per una loro implementazione consapevole, con il tentativo di evitare che queste decisioni siano legate *solo* ad una scelta espressiva di esercizio stilistico personale.

La percezione visiva del movimento per la codifica dei dati

—

Contesto bibliografico e obiettivo della ricerca

Per più di un secolo, moltissimi ricercatori del sistema visivo hanno contribuito alla creazione di conoscenza sulla percezione visiva degli esseri umani (**WARE 2013**). Dal grande corpus di studi scientifici sul tema, quella che propongo di seguito ne costituisce una sintesi. L'estrazione dalla letteratura ha l'obiettivo di identificare quali sono i principi di design legati alla rappresentazione delle informazioni attraverso oggetti visivi in movimento.

Nonostante le proprietà del movimento vengono comunemente usate nella visualizzazione (**HUBER, HEALEY 2005**), studi formali sui punti di forza e sulle debolezze di queste proprietà sono meno numerose. L'obiettivo di questo capitolo è identificare le dimensioni percettive del movimento per applicarle in modo efficace. Gli studi raccolti spaziano dalla formulazione teorica fino alla sperimentazione pratica per testarla. In breve,

l'implementazione della componente cinetica che si basa su compiti percettivi elementari porta a un giudizio più accurato rispetto ad una implementazione non controllata, a parità di informazione quantitativa trasmessa. In più, ne risulta una organizzazione migliore che incrementa le possibilità di una percezione corretta di pattern e comportamenti degli elementi.

Nel capitolo successivo, ho individuato delle linee guida rivolte ai designer per l'implementazione controllata del cinetismo, da tenere in considerazione nella fase progettuale ed evitare effetti percettivi indesiderati. Tali indicazioni saranno poi applicate alle variabili cinetiche per la costruzione della tassonomia.

—

La percezione visiva nella rappresentazione di informazione

Qual è il legame tra scienza della percezione e rappresentazione dei dati? Colin Ware chiarisce:

“Because the human visual system is a pattern seeker of enormous power and subtlety. The eye and the visual cortex of the brain form a massively parallel processor that provides the highest-bandwidth channel into human cognitive centers. At higher levels of processing, perception and cognition are closely interrelated, which

is the reason why the words 'understanding' and 'seeing' are synonymous. However, the visual system has its own rules. We can easily see patterns presented in certain ways, but if they are presented in other ways, they become invisible. The more general point is that when data is presented in certain ways, the patterns can be readily perceived. If we can understand how perception works, our knowledge can be translated into rules for displaying information. Following perception-based rules, we can present our data in such a way that the important and informative patterns stand out. If we disobey the rules, our data will be incomprehensible or misleading."

— COLIN WARE (2013)

Lo stesso Ware afferma che le visualizzazioni di dati sono una parte sempre più importante dei sistemi cognitivi. La rappresentazione visiva è il canale con più alta larghezza di banda di trasmissione di informazione al cervello per l'essere umano. Infatti, possiamo acquisire più informazione tramite la vista che con tutti gli altri sensi messi insieme. Questo rende la visualizzazione di dati uno strumento incredibilmente potente, per l'enorme quantità di informazione che può essere percepita e decifrata velocemente se presentata bene.

Definizioni essenziali di percezione visiva

APPROFONDIMENTO 2.1

Sistema occhio-cervello: apparato visivo che nel suo insieme permette l'elaborazione specializzata dei segnali luminosi e quindi di vedere.¹²

È costituito dalla corteccia cerebrale e dai nervi ottici che per estensione terminano nei bulbi oculari. All'interno dell'occhio, le fibre nervose provenienti da punti diversi della retina si dirigono verso punti diversi del nucleo genicolato e della corteccia, ricreando così una mappa cerebrale della retina nel cervello¹³ (WARE 2013).

Early vision: in italiano visione precoce (trad. mia), è la rilevazione visiva di forma, aspetto e movimento di oggetti, prima che venga elaborata la visione con significato semantico (TOMASI 2000).

Sforzo cognitivo: quantità di attività mentale imposta alla memoria di lavoro dall'informazione presentata in un dato istante.

Parallel processing: In psicologia, la *parallel processing*, in italiano elaborazione parallela (trad. mia), è l'abilità del cervello di elaborare simultaneamente stimoli in ingresso di differenti qualità.¹⁴ La *parallel processing* fa parte della visione in quanto il cervello divide ciò che vede in quattro componenti: colore, movimento, forma e profondità (LABERGE, SAMUELS 1974).

12 *Apparato visivo*, Wikipedia page
https://it.wikipedia.org/wiki/Apparato_visivo

13 *Dall'occhio al cervello*, Università di Genova, M. T. Tuccio

14 *Parallel Processing*, Wikipedia page
[https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_processing_\(psychology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_processing_(psychology))

La “pre-attentive processing”

Il cervello dell'essere umano riceve costantemente stimoli esterni attraverso i cinque sensi. Tutta l'informazione disponibile è elaborata attraverso *pre-attentive processing* e viene filtrata dal sistema percettivo in base a ciò che ritiene essere più importante. Tuttavia, un certo tipo di stimolo può rivelarsi più saliente di altri, assumendo priorità nel flusso di informazioni recepite al cervello, senza dunque richiedere uno sforzo di attenzione volontaria per una più approfondita interpretazione. La *pre-attentive processing* è generata da questi stimoli che, per quanto riguarda il sistema visivo, agiscono direttamente a livello retinico all'interno dell'occhio. Non è obiettivo di questo lavoro entrare nel dettaglio sulla costituzione anatomica del sistema occhio-cervello. Mi basterà riportare che la conoscenza sulla fisionomia dell'occhio e del sistema trasmissivo delle informazioni visive al cervello ha svelato concetti fondamentali per mettere in pratica una progettazione *compatibile* con l'occhio, ovvero che riesca ad interfacciarsi per questioni fisiologiche al nostro sistema di percezione ottica, sfruttando proprio il modo in cui il sistema visivo occhio-cervello è costituito.

La *pre-attentive processing* è dunque una elaborazione che avviene prima che venga attivata l'elaborazione di tipo attenzionale per decifrare ciò che è oggetto di osservazione, ovvero avviene prima che venga attivato uno sforzo cognitivo. Gli studi sulla percezione visiva hanno consentito di scoprire quali sono gli attributi che innescano i riflessi

di tipo *pre-attentive*. Nel campo di questa indagine, suddetti attributi costituiscono le proprietà degli elementi della rappresentazione che il designer manipola per codificare le informazioni. Progettare una visualizzazione dati tenendo conto di questi attributi è ormai considerato alla base degli studi sulla percezione per il design dell'informazione (WARE 2013). Healey et al. hanno definito che i task che possono essere eseguiti su rappresentazioni di grandi dimensioni con molti elementi in meno di 200-250 millisecondi (msec) sono considerati *pre-attentive processing* (HEALEY, ENNS 2012; HUBER, HEALEY 2005).

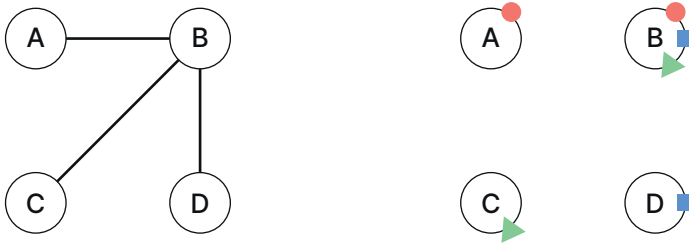


FIGURA 2.1 - Due metodi grafici per mostrare le stesse relazioni tra gli elementi.

Riporto un esempio con l'intenzione di esplicitare in che modo tutto questo può essere messo in pratica. In Fig. 2.1, le linee che collegano gli elementi sono una notazione che è facile da leggere, perché la corteccia visiva del cervello contiene meccanismi predisposti specificamente a cercare ed estrarre contorni continui. Altri tipi di notazione grafica per mostrare collegamenti risulterebbero meno efficaci (WARE 2013).

Le proprietà di basso e alto livello del sistema visivo

L'enorme potenzialità di basare una rappresentazione di dati sull'uso di attributi che vengono percepiti con *pre-attentive processing*, cioè che sfruttano le cosiddette *proprietà di basso livello* del sistema di elaborazione delle informazioni visive (BARTRAM 2001), consiste nella percezione diretta dell'attributo senza dover accedere a una conoscenza pre-acquisita da parte dell'utente. Gli elementi o gli aspetti della visualizzazione che mettono in campo gli attributi *pre-attentive* sono perciò *sensoriali*: la loro forza espressiva deriva dalla loro capacità di usare la potenza di elaborazione percettiva del cervello senza imparare (WARE 2013). Le proprietà di basso livello, ad esempio, permettono l'estrazione di caratteristiche come il colore, l'orientamento e l'andamento di un movimento direttamente dai neuroni, cellule nervose che presiedono tutte le funzioni del cervello (CALISSANO 2011), situati dentro all'occhio e nella corteccia visiva primaria, che si trova nella parte posteriore del cervello. Essendo dunque una capacità connaturata nell'essere umano, si può affermare che le teorie sulle proprietà di basso livello oltrepassano le barriere culturali o linguistiche, dando ai designer un potere molto importante.

Le *proprietà di alto livello* del sistema di elaborazione delle informazioni visive prevedono invece uno sforzo molto maggiore da parte dell'utente, che deve impiegare un'attenzione attiva e focalizzata sull'elemento da interpretare "coscientemente" (BARTRAM 2001). Un'elaborazione di alto livello può essere

indotta sia da una rappresentazione eccessivamente densa e caotica, sia da rappresentazioni che non sono impostate sulle basi della percezione e che utilizzano simboli *arbitrari*, cioè quelli che non traggono vantaggio dagli attributi sensoriali: sono gli elementi o gli aspetti della visualizzazione che devono essere imparati (**WARE 2013**) e che richiedono un confronto con la propria conoscenza per essere interpretati. Se progettate bene, le rappresentazioni basate sulle proprietà di basso livello sono efficaci perché sono accoppiate ai primi stadi di elaborazione neurale. La potenza espressiva degli aspetti sensoriali di una rappresentazione deriva da una buona progettazione volta a stimolare il nostro sistema sensoriale visivo. Al contrario, aspetti più convenzionali e arbitrari ottengono potenza espressiva solo in base a quanto bene sono stati imparati (**WARE 2013**).

—

Il legame tra percezione ed empatia

I codici sensoriali sono il prodotto dell'evoluzione intrapresa nel corso di milioni di anni del nostro sistema visivo. Lo sviluppo di codici arbitrari per la rappresentazione, invece, ha avuto luogo negli ultimi millenni, ne sono un esempio le prime pitture rupestri ma anche il sistema numerico e il più recente linguaggio informatico di programmazione. In una frazione temporale molto più vicina a noi, stiamo assistendo a un'esplosiva crescita dell'invenzione di nuovi codici grafici (**WARE 2013**), dettata dalle nuove possibilità tecnologiche insieme alla pura

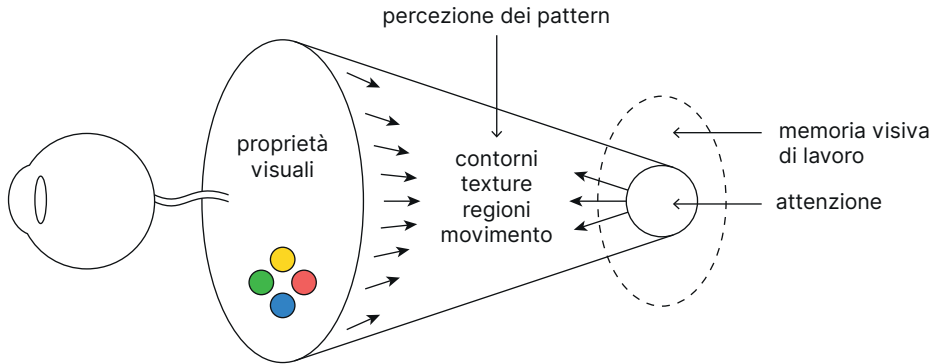


FIGURA 2.2 - La percezione dei pattern avviene dove l'elaborazione delle proprietà bottom-up incontrano i requisiti dell'attenzione attiva top-down.

sperimentazione di nuovi linguaggi visivi. Il cinetismo si posiziona in questa sperimentazione, non solo nella letteratura, come ho potuto riscontrare, ma anche in via diretta nello sviluppo di questa tesi.

I neuroni specchio

APPROFONDIMENTO 2.2

La scoperta dei neuroni specchio, avvenuta negli anni Novanta dal team di ricerca dell'Università di Parma con a capo Giacomo Rizzolatti, è considerata tra le più importanti al mondo nel campo della neuroscienza. Tali neuroni specchio infatti "presiedono la nostra empatia,"

cioè ci "consentono di entrare in empatia con i nostri simili, rendendoci capaci di capire la situazione e le emozioni che sta vivendo un'altra persona," come spiega il neurobiologo Pietro Calissano (CALISSANO 2011; RIZZOLATI 2009). L'empatia non è quindi una capacità

acquisita nel tempo attraverso l'esperienza o l'apprendimento, bensì è innata e fa parte della nostra costituzione fisica. È possibile che l'empatia nasca dal processo evolutivo a fini di autodifesa, come sostiene Geoffrey Miller in un pensiero dai tratti leggermente pessimistici: "l'empatia si sarebbe sviluppata perché mettersi nei panni dell'altro per sapere cosa pensa

e come reagirebbe costituisce un importante fattore di sopravvivenza in un mondo in cui l'uomo è in continua competizione con gli altri uomini." Il ricercatore Varun Warrier, in una recente pubblicazione su *Translational Psychiatry* di Nature, aggiunge che alcuni aspetti dell'empatia cognitiva potrebbero derivare anche da una predisposizione genetica (WARRIER 2018).

La generazione di empatia e la produzione di significato tramite percezione di tipo *pre-attentive* risultano due attività cerebrali accomunate sotto più di un aspetto. Entrambe tentano di orientarci nel mondo dandoci un modo per interpretare velocemente ciò che ci si pone davanti, sia questo l'incontro con un'altra persona o la lettura di un artefatto. Entrambe inoltre sono qualità innate all'essere umano, che vengono attivate ogni qual volta che la situazione lo proponga; nel caso della percezione visiva avviene molto più frequentemente, ogni volta che abbiamo gli occhi aperti. Probabilmente la loro origine la si trova in un principio di sopravvivenza. Oggi, in seguito ai continui studi in materia, riusciamo ad interpretare almeno una parte del loro meccanismo per poterlo applicare ad attività che sono legate alla vita di tutti i giorni, in questo caso alla progettazione di rappresentazione di informazione.

Le cinque teorie fondamentali di percezione visiva per la rappresentazione dei dati

Per affrontare la formulazione di leggi per l'utilizzo del cinetismo nella rappresentazione dell'informazione, ritengo sia fondamentale conoscere le cinque teorie di percezione visiva, esposte di seguito. Ognuna di queste teorie cerca di spiegare come avviene l'elaborazione della *pre-attentive processing* nel nostro sistema visivo. L'interesse di studio è ugualmente distribuito in *dove* gli utenti pongono l'attenzione in un'immagine e su *che cosa* si stanno focalizzando.

L'ordine di presentazione delle teorie è cronologico e spesso le teorie postume prendono come riferimento una o tutte quelle precedenti. Insieme, offrono un ventaglio sullo stato dell'arte, in evoluzione, sugli avanzamenti scientifici nella ricerca della rappresentazione visiva. La prima teoria, sulla **Feature Integration**, segna una tappa fondamentale che darà avvio a una serie di approfondimenti teorici. È anche la teoria più generale e mette in campo non solo le classiche proprietà delle visualizzazioni statiche bidimensionali ma anche il movimento e la profondità di campo, seppur quest'ultima ricopra tutt'oggi una posizione ancora controversa per un utilizzo volto alla rappresentazione dei dati.

La **Teoria dei Texton** riguarda in modo molto specifico la percezione visiva di elementi statici. Tuttavia l'approccio è mirato a mappare gli elementi base su cui costruire

le rappresentazioni più complesse, punto che riprenderò nuovamente nel capitolo terzo (→ vedi **Gli elementary building blocks**).

La terza teoria è quella della **Similarità** e sarà di notevole importanza per la classificazione delle variabili cinetiche, a cui è dedicato il capitolo successivo della tesi.

La quarta, teoria della **Ricerca Guidata**, introduce nella letteratura di percezione visiva per il design dell'informazione il ruolo attivo dell'utente nel catalizzare l'attenzione su determinate aree della visualizzazione.

Infine, la quinta teoria, molto più recente di tutte le altre che la precedono, riguarda le **Mappe Booleane** e cerca di sintetizzare gli approcci frammentati trattati negli altri studi in un unico modello di ricerca visiva attuata dall'utente per estrarre l'informazione dalla rappresentazione.

—

TEORIA 1

Feature Integration Theory

La **Teoria di Feature Integration** è una pietra miliare nello studio del meccanismo di attenzione dei primati, e quindi umano, sviluppata da Treisman & Gelade nel 1980 in un celebre articolo (**TREISMAN, GELADE 1980**). Treisman usò i loro esperimenti per compilare una lista di proprietà che sono rilevate dai *pre-attentive processing*.

È importante notare che alcune di queste proprietà sono asimmetriche. Per esempio, viene notato che una linea obliqua in un insieme di linee verticali può essere percepita secondo *pre-attentive processing*, ma al contrario una linea verticale in un insieme di linee oblique no (HEALEY, ENNS 2012). La Teoria di Feature Integration è stata estesa per spiegare situazioni dove una ricerca congiunta di movimento, profondità, colore e orientamento si è dimostrata essere di tipo *pre-attentive*. Treisman prende in considerazione anche alcune caratteristiche nell'elaborazione di tali proprietà, come la ricerca in parallelo, per le quali asserisce che il tempo di ricerca di una di esse è indipendente dal numero di oggetti presenti nel campo visivo, essendo appunto elaborati in parallelo (TOFOLATTI 2011).

I postulati della Teoria di Feature Integration si possono riassumere come segue:

1. Per ogni proprietà (*feature*) viene creata una mappa, topologicamente organizzata, che prende il nome di "*features map*."
2. Il contributo di tali mappe porta alla creazione di una "*master map*," dalla quale è determinato il fuoco dell'attenzione.
3. Il contenuto delle *features map* è aggiornato nel processo di *pre-attentive processing*, e non è direttamente accessibile in modo cosciente.
4. L'accesso cosciente si può avere soltanto alla *master map*, si può cioè sovvertire volontariamente la priorità dell'attenzione.

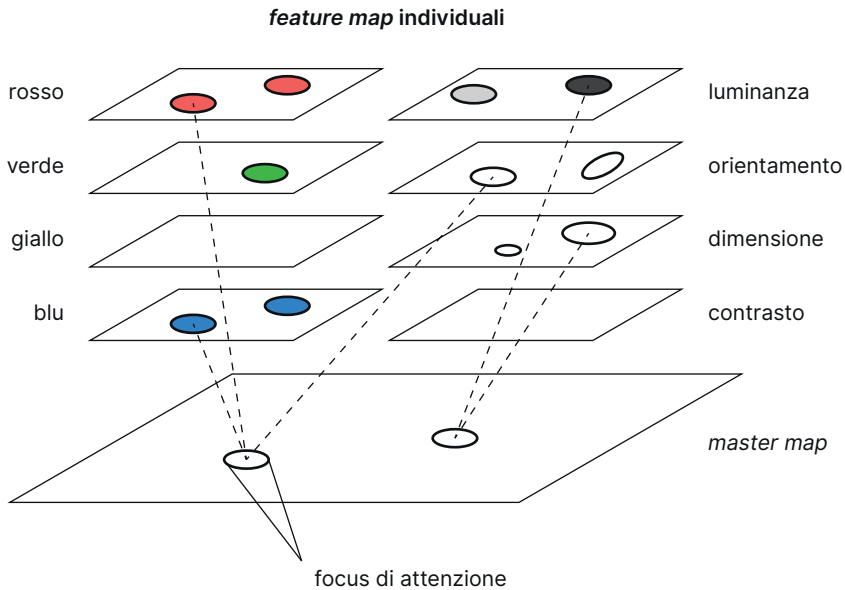


FIG. 2.3 - Schema delle *feature map* oggetto della teoria. In questo esempio, il fuoco dell'attenzione si concentra su variabili con cui vengono codificati i dati: colore, dimensione, orientamento.

TEORIA 2

Texton Theory

La **Teoria dei Texton** di Bela Julész (1981) propone che il sistema visivo primario individua tre categorie di proprietà, che chiama "*texton*." Per Julész, esse rappresentano le particelle elementari della visione, per cui solo le differenze tra *texton* o della loro densità può essere percepita attraverso

pre-attentive processing. Nelle sue parole: “ogni disciplina scientifica matura è stata in grado di identificare i suoi elementi base e di spiegare i suoi fenomeni come le interazioni sconosciute tra i suoi elementi.” (CLEVELAND, MCGILL 1984)

I *texton* sono (HEALEY, ENNS 2012):

1. Agglomerati lunghi, come linee, rettangoli o ellissi, con tinta del colore, orientamento, larghezza, ecc. specifici.
2. Terminazioni, cioè le estremità di segmenti di linee.
3. L'incrocio di segmenti di linee.

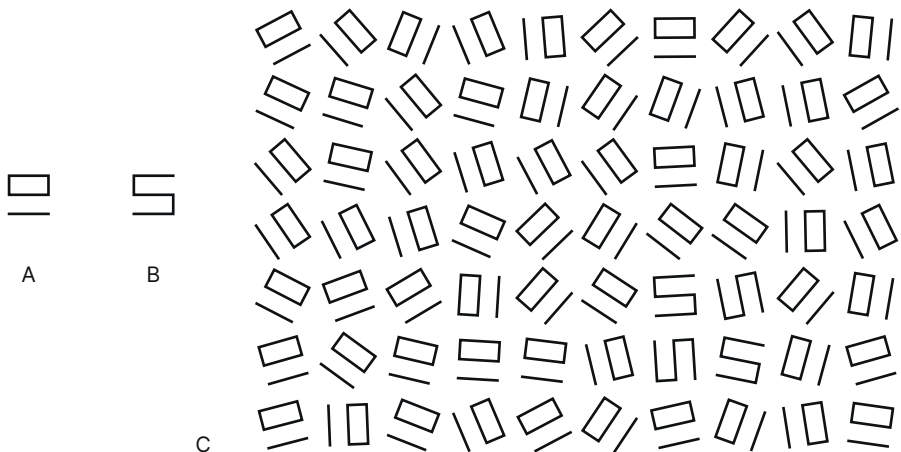


FIG. 2.4 - Due *texton* A e B appaiono differenti quando isolati, ma hanno la stessa dimensione, lo stesso numero di terminazioni e punti di ancoraggio. Nell'insieme C, un gruppo di *texton* B è difficile da trovare immerso in uno sfondo di *texton* A quando è applicata una rotazione casuale.

TEORIA 3

Similarity Theory

La **Teoria della Similarità** cerca di spiegare la facilità della ricerca visiva di determinati elementi all'interno della rappresentazione. Quinlan e Humphreys (1987) prendono come punto di partenza la **Teoria di Feature Integration (SAMREEN 2013)** e sostengono che fra i due estremi della dicotomia attenzionale e pre-attenzionale, rispettivamente processo in serie e processo in parallelo, esiste una variazione continua dello sforzo dell'attenzione (**RONCHI 1998, P.81**). Il loro studio si concentra sulla ricerca congiunta, parallela, ponendo l'attenzione su due fattori: il numero di elementi di informazione richiesti per identificare l'oggetto target e la facilità con cui l'oggetto target può essere distinto dagli oggetti cosiddetti non-target (**HEALEY, ENNS 2012**). Nello stimolo visivo possono infatti essere presenti contemporaneamente distrattori ("*distractors*") che possono presentare, talvolta anche fra loro, un certo grado di somiglianza oppure essere decisamente eterogenei (**RONCHI 1998, P.97**).

I due postulati di Quinlan e Humphreys sono:

1. Il tempo impiegato nella ricerca visiva richiesto per identificare l'oggetto target può dipendere dal numero di elementi di informazione.
2. Il tempo impiegato nella ricerca visiva può dipendere dalla facilità con cui l'oggetto target può essere distinto dagli oggetti di disturbo, indipendentemente dalla presenza esclusiva di proprietà *pre-attentive*.

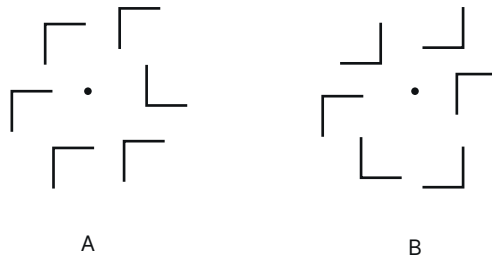


FIG. 2.5 - Diverso grado di somiglianza tra oggetto target e distrattori: (a) una similarità N-N alta permette di individuare facilmente il target L; (b) una bassa similarità N-N aumenta la difficoltà di notare il target L.

Ulteriori lavori di Duncan e Humphreys (1989) hanno espanso la **Teoria della Similarità** proponendo un modello. La loro ipotesi è la seguente: l'abilità di ricerca varia continuamente e dipende sia dal tipo di compito che deve effettuare l'utente, sia dalle condizioni della rappresentazione. Inoltre, il tempo impiegato per la ricerca visiva si basa su due criteri: la similarità tra target e non-target (T-N) e la similarità tra non-target e non-target (N-N). La similarità T-N è il grado di somiglianza tra gli oggetti obiettivo della ricerca messa in atto, i target, e tutti gli altri oggetti che nel processo di ricerca diventano di disturbo, i non-target. La similarità N-N riguarda il grado di somiglianza, che si può intendere anche come grado di eterogeneità, tra gli stessi oggetti non-target, in quanto possono essere di vario tipo e presentare caratteristiche simili o diverse (BARTRAM, WARE, CALVERT 2002; HEALEY, ENNS 2012).

Visto da un altro punto di vista, il modello di Duncan e Humphreys considera quanto i target differiscono dai distrattori e quanto i distrattori sono diversi tra loro. Questi due fattori interessano il tempo di ricerca come di seguito:

1. Al crescere della similarità T-N, l'efficienza della ricerca diminuisce e il tempo di ricerca aumenta.
2. Al decrescere della similarità N-N, l'efficienza della ricerca diminuisce e il tempo di ricerca aumenta.
3. Similarità di T-N e N-N sono correlate: la diminuzione della similarità N-N ha poco effetto se la similarità T-N è bassa; l'aumento della similarità T-N ha poco effetto se la similarità N-N è alta.

Il problema di distinguere processi di tipo seriale da quelli paralleli nella cognizione umana è uno degli enigmi del campo della percezione tuttora da risolvere e su cui spesso i ricercatori tornano (HEALEY, ENNS 2012). La ricerca congiunta in questo ambito rappresenta una questione particolare perché oggetti target e non-target condividono almeno una proprietà visiva (BARTRAM, WARE, CALVERT 2002). Dalla **Teoria della Similarità** possiamo derivare che l'accesso alla memoria visiva di breve termine è una risorsa limitata. La velocità di ricerca è perciò una funzione della velocità di distribuzione delle risorse e la quantità di competizione per accedere alla memoria visiva di breve termine. In una pubblicazione più recente, Bartram (BARTRAM 2001), sostiene che la **Teoria della Similarità** è applicabile ai principi di cinetismo per differenziazione e similarità (BARTRAM, WARE, CALVERT 2002). Bartram ricorda inoltre la **Teoria di Feature Integration** e fa notare che nonostante la proprietà

(*feature*) usata per la codifica dell'attributo sia accessibile *preattentively*, potrebbero verificarsi effetti di mascheramento e interferenze da altre codifiche. In particolare, gli oggetti non-target sono vari ed eterogenei: trovare un oggetto target nell'ambiente visivo è reso difficile dalla dissomiglianza tra oggetti non-target e altri oggetti non-target (N-N), essendoci molte tipologie diverse di oggetti non-target (**BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**).

A fine capitolo riprenderò questo discorso con degli esempi su come il movimento possa in certi casi superare i postulati di questa teoria.

—

TEORIA 4

Guided Search Theory

Nel 1989 Jeremy M. Wolfe et al. pubblicano un articolo che introduce la **Teoria della Ricerca Guidata** come modello alternativo alla **Feature Integration** (**WOLFE ET AL. 1989**). Essa rappresenta il primo tentativo di incorporare attivamente gli obiettivi dell'utente-lettore in un modello di ricerca umana. Wolfe ipotizzò che durante la ricerca visiva viene generata una *mappa di attivazione* basata su informazione sia di tipo bottom-up che top-down (**HEALEY, ENNS 2012**). La *early vision* dividerebbe perciò l'immagine in *mappe di proprietà* individuali, una bottom-up e un'altra top-down (**SAMREEN 2013**). L'attivazione bottom-up segue una categorizzazione delle proprietà: misura quanto un elemento differisce dai suoi vicini. L'attivazione

top-down invece è *user-driven*: è l'utente che tenta di verificare le ipotesi o di rispondere alle domande "dando un'occhiata" all'immagine, cercando le informazioni visive necessarie. Per esempio la ricerca visiva di un elemento "blu" comporterebbe una richiesta top-down che è attirata dalle posizioni blu (HEALEY, ENNS 2012). La sovrapposizione delle due mappe di feature genera la *mappa di attivazione*. Le aree della mappa in cui la combinazione di attivazione bottom-up e attivazione top-down è maggiore, costituiscono dei picchi su cui è attirata l'attenzione dell'utente (SAMREEN 2013).

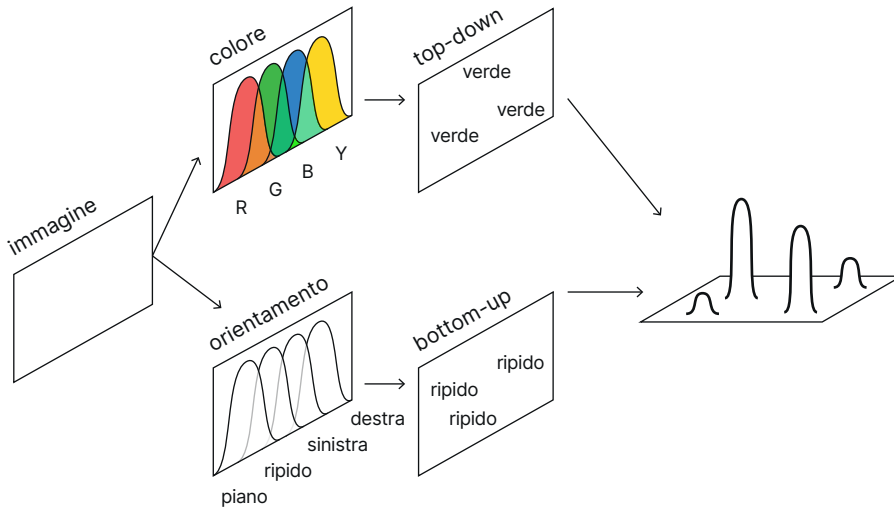


FIG 2.6 - Schema della ricerca guidata per target verdi e ripidi. L'immagine è filtrata in categorie per ogni mappa di proprietà, regioni di segni target di attivazione bottom-up e top-down, e una mappa di attivazione combina le informazioni per puntare l'attenzione alla "collina" più alta nella mappa.

TEORIA 5

Boolean Map Theory

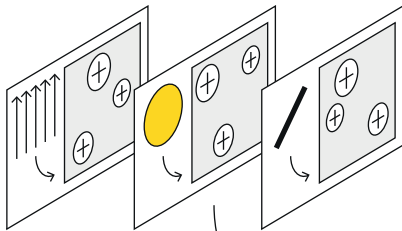
La quinta teoria è molto più recente (2007) e offre un'interpretazione unificata dell'ampia varietà dei fenomeni di attenzione visiva trattati frammentariamente negli studi che la precedono (HUANG, PASHLER 2007). Si tratta della **Teoria della Mappa Booleana** di Huang e Pashler. La teoria indaga il motivo per cui spesso non riusciamo a notare quelle proprietà della rappresentazione che non sono rilevati per il task immediato ponendosi una domanda: Quali contenuti visivi può l'osservatore accedere coscientemente in una volta? Stando a questo modello, la ricerca visiva viene divisa in due fasi: selezione e accesso. La fase di selezione implica la scelta di un gruppo di oggetti della scena. La fase di accesso determina quale proprietà, degli oggetti selezionati, l'utente è in grado di apprendere. In più, il sistema visivo divide la scena in due parti: elementi selezionati ed elementi esclusi. Questa è la *mappa booleana* che sta alla base della teoria. Il sistema visivo può poi accedere a determinate proprietà degli elementi selezionati per un'analisi più dettagliata (HEALEY, ENNS 2012).

Ci sono due strade naturali di usare l'informazione visiva nelle mappe delle proprietà, descritte come due *routine*. La prima, *routine proprietà-posizione*, prende in input un valore di una proprietà e restituisce una mappa booleana che descrive le posizioni a cui quel valore della proprietà è presente. La seconda, *routine posizione-proprietà*, prende in input

un valore di posizione e restituisce un valore della proprietà in quel punto. La Fig. 2.7 fornisce una schematizzazione di questo processo.

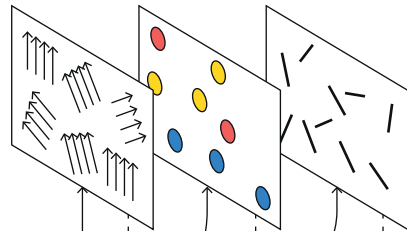
routine proprietà-posizione

mappa movimento mappa colore mappa orientamento

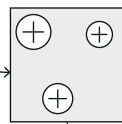


routine posizione-proprietà

mappa movimento mappa colore mappa orientamento



mappa booleana



etichetta movimento

etichetta colore

etichetta orientamento

accesso cosciente

FIG. 2.7 - Schema riassuntivo della teoria della mappa booleana. L'analisi sensoriale inizia in alto con la creazione delle mappe delle proprietà. La mappa booleana, insieme alle etichette delle proprietà restituite dalla *routine posizione-proprietà*, costituisce l'informazione visuale che è accessibile coscientemente in un dato momento.

Dallo studio di Huang risulta che un osservatore può accedere coscientemente a un solo valore di una proprietà (ad esempio, "giallo") per dimensione. Però i valori delle proprietà possono essere associati, come un gruppo, in una moltitudine di aree localizzate in modo preciso all'interno della rappresentazione, costituendo così una singola mappa booleana etichettata **(HUANG, PASHLER 2007)**. L'utente può volontariamente selezionare a cosa accedere in uno tra due modi:

- A.** Selezionando un valore di una proprietà in una dimensione, ad esempio il colore rosso.
- B.** Combinando iterativamente l'output di (A) con una mappa booleana pre-esistente tramite le operazioni booleane di intersezione e unione.

Huang infine solleva una situazione di ambiguità in queste teorie rispetto a cosa può essere considerato come *proprietà*. Sulla base di quanto affrontato nella letteratura in questo campo, tenendo come obiettivo la *selezione*, una lista piuttosto completa potrebbe essere colore, orientamento, dimensione e anche posizione; ad esempio, la selezione di una palla da una serie di oggetti identici richiederebbe la generazione di una mappa booleana basata su una posizione specifica. Più in particolare, Huang include nella lista anche frequenza e movimento, oltre a profondità e alcuni aspetti della forma, come curvatura, chiusura e identità alfanumerica **(HUANG, PASHLER 2007)**.

Le condizioni necessarie per la percezione visiva del movimento

Nel riproporre le teorie, ho prestato particolare attenzione al concetto di differenza appena percettibile: si tratta delle soglie per cui determinati attributi delle variabili cinetiche possono considerarsi affidabili per l'implementazione (→ vedi **Approfondimento 2.3**). Tale accortezza è dettata quanto da un percorso di meticolosità per la produzione di questo lavoro quanto dalla sua necessità nello studio della percezione del movimento: “even small motions are highly detectable (BARTRAM ET AL. 2001) and show direction along a small distance (DRIVER ET AL. 1992)” (BARTRAM, WARE, CALVERT 2002). Nella pratica, quando ad esempio si vuole codificare con una variabile cinetica di un oggetto una distinzione categoriale, come variando la direzione del moto degli elementi, quelle differenze visive devono sorpassare un particolare limite per essere notate. Individuare a quanto ammontano gli “*small motions*” minimi percettibili è oggetto di questa indagine teorica.

La gerarchia percettiva del movimento

L'applicazione delle teorie di percezione trattate in questo capitolo rappresenta per il designer un aspetto importantissimo da considerare durante la progettazione di visualizzazione dati. Serve a decidere come presentare l'informazione

La differenza appena percettibile

APPROFONDIMENTO 2.3

Ernst Heinrich Weber, psicologo sperimentalista del secolo XIX, definì un concetto utile alla misurazione della percezione. Si tratta della *differenza appena percettibile*¹⁵: è la quantità minima per cui l'intensità di uno stimolo deve cambiare per produrre una variazione percepibile dal sistema sensoriale. È conosciuto anche come soglia ('*limen*' in psicofisica) differenziale, una soglia minima di differenza. In altre parole è la quantità con cui lo stimolo visivo deve cambiare nel suo attributo affinché il nostro sistema percettivo riesca a riconoscere questo cambiamento. Weber osserva che la dimensione della soglia differenziale appare essere legata con una legge di relazione alla grandezza dello stimolo iniziale: la differenza appena percettibile viene espressa come rapporto tra la grandezza dello stato iniziale e quello finale.

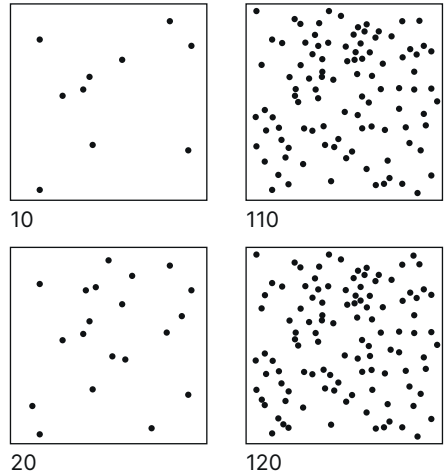


FIG. 2.8 - Esempio di differenza appena percettibile.

Ad esempio, in Fig. 2.8 è molto facile notare un incremento di 10 segni grafici puntiformi quando la quantità totale cambia da 10 a 20, ma lo è molto meno, se non addirittura impossibile, notare che lo stesso incremento è avvenuto nei riquadri accanto, da 110 a 120 punti totali.

15 Originale in inglese "Just-Noticeable Difference," trad. mia.

La Legge di Weber può essere applicata ad una varietà di modalità sensoriali, tra cui anche luminosità, lunghezza di una linea, velocità e direzione di moto, ma anche tono e volume del suono, massa, ecc. La dimensione della frazione di Weber varia a seconda delle modalità sensoriali studiate. Vale a dire che l'incremento, sempre inteso come rapporto tra condizione iniziale e finale, necessario per notare una differenza,

ad esempio, di luminosità può non essere lo stesso necessario per notare una differenza di velocità di moto. Comunque, la soglia differenziale nella maggior parte dei casi tende ad essere costante all'interno di una specifica modalità di applicazione, cioè il rapporto tra stato iniziale e finale si mantiene pressoché costante passando da un ordine di grandezza ad un altro^{16 17 18}.

16 *Weber's Law of Just Noticeable Differences*. USD Internet Sensation & Perception Laboratory.

17 *Weber Law*, Wikipedia Page.

18 *Just-noticeable difference*, Wikipedia Page.

in una rappresentazione senza produrre confusione visiva
(HEALEY, ENNS 2012).

La gerarchia delle proprietà visive ricorda che gli attributi dei dati più importanti dovrebbero essere rappresentati con le proprietà visive più salienti, per evitare situazioni in cui valori di dati secondari mascherino le informazioni che l'utente vuole vedere. Diversi ricercatori hanno proposto teorie su come le proprietà visive entrano in competizione per l'attenzione dell'utente.

Di seguito riporto una generalizzazione dell'ordine grezzo di come queste vengano processate in una qualsiasi scena posta di fronte all'utente, non nello specifico una rappresentazione di dati:

1. Determinare il layout 3D della scena;
2. Determinare la struttura e i volumi della superficie;
3. Stabilire il movimento degli oggetti;
4. Interpretare la variazione di luminosità da una parte all'altra della superficie;
5. Usare il colore per affinare le interpretazioni precedenti.

Da questa lista emerge la salienza del cinetismo rispetto a come viene analizzata e processata una scena dal cervello umano. Come sottolinea Johansson in *Visual Motion Perception* già nel 1975, sembra infatti che il flusso ottico che ricopre la retina in un evento cinetico abbia la precedenza rispetto a tutte le altre informazioni sensoriali (JOHANSSON 1975), e risulti più saliente delle classiche proprietà visive che utilizziamo per la rappresentazione di dati più classica, statica.

La ricerca ha dimostrato che alcune proprietà sono più efficaci, o importanti visivamente, di altre (CALLAGHAN 1990). Le proprietà visive con priorità più alta interferiranno quindi con le proprietà con priorità più bassa. Per esempio, Healey ha osservato che in alcune circostanze la tinta del colore può sopraffare la forma in un esercizio di individuazione dei bordi (HEALEY 1999; BARTRAM, WARE, CALVERT 2002).

La definizione del movimento come fenomeno fisiologico

“Motion and time are inseparable.”¹⁹

— GILLO DORFLES (1965)

Stephen Few pone la domanda: *“Wouldn't it be enlightening tracing change through time in terms of the journeys that reside in our data?”²⁰* (FEW 2007)

Sia che ci troviamo immobili o ci muoviamo nello spazio, l'occhio smista/separa gli oggetti in movimento da quelli fermi e trasforma il flusso ottico in un mondo di oggetti perfettamente strutturato. Una spiegazione a questa notevole impresa è data, da un punto di vista evolutivo, dalla necessità di sopravvivenza: l'occhio si è evoluto per essere essenzialmente un sistema per il rilevamento del movimento. L'idea di un animale immobile in un ambiente completamente statico ha difficilmente significato dal punto di vista biologico; la percezione del movimento fisico è di importanza decisiva (JOHANSSON 1975).

19 In originale da *The Role of Motion in Our Visual Habits and Artistic Creation. In The Nature and Art of Motion*, curato da György Kepes. New York: G. Braziller. Tratto dalla tesi di Irene de la Torre - Arenas, (2017). *Movements and Transformations*.

20 “Non sarebbe illuminante se potessimo tracciare il cambiamento nel tempo in termini di viaggi che risiedono nei nostri dati?” (trad. mia)

Johansson dimostra questa sua affermazione sulla dipendenza dal cambiamento nello stimolo visivo con un esempio sul tennis. In questo sport, come in molti altri sostiene, l'uomo ha l'abilità eccezionale di determinare visivamente la posizione spazio-temporale in maniera molto precisa di un piccolo oggetto che si muove ad alta velocità.

Ciò a cui fa riferimento Johansson è conosciuto come *flusso ottico*. Descritto per la prima volta da James Gibson nel 1950, esso è una modalità di percezione visiva del movimento degli oggetti in relazione al soggetto, che deve venire elaborata

Fisionomia della percezione cinetica

APPROFONDIMENTO 2.4

I recettori distribuiti sulla retina assorbono i fotoni. La loro funzione non è quella di catturare immagini ma di mediare cambiamenti nel flusso luminoso che catturano. La luce che si scontra su coni e bastoncelli da origine a un continuo cambiamento nella struttura delle molecole fotosensibili.

Il cambiamento di struttura rilascia un flusso di ioni nei recettori che culmina in un segnale bioelettrico che viaggia dal recettore alle cellule nervose adiacenti. Nel giro di pochi millisecondi, la miriade di cambiamenti nel pattern del segnale

sopra l'intera retina sono congiunti e trasformati da un'intricata rete neurale all'interno della retina stessa, da altre reti di nervi ripetitori nel mesencefalo e infine dalla rete neurale nelle terminazioni della corteccia cerebrale. Il risultato a livello cosciente è la percezione di movimento nello spazio visivo. Perciò l'occhio è praticamente uno strumento per analizzare i cambiamenti nel flusso luminoso nel tempo piuttosto che uno strumento per registrare pattern statici, è fatto per percepire il movimento (JOHANSSON 1975).

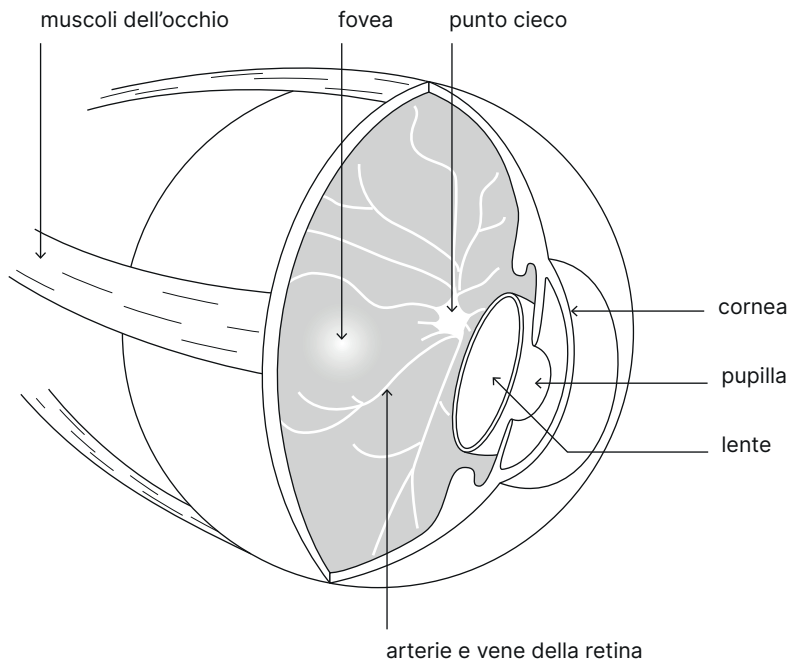


FIGURA 2.9 - L'occhio umano. Le caratteristiche importanti includono la fovea, una piccola area della retina dove la visione è più nitida per via di una altissima concentrazione di recettori; la pupilla, un'apertura rotonda attraverso la quale la luce entra nell'occhio; i due elementi ottici principali, la lente e la cornea; e i muscoli dell'occhio che ne controllano i movimenti. Il punto cieco è causato dall'assenza di recettori dove le arterie della retina entrano nel bulbo oculare.

a livello corticale comparando diversi parametri come la velocità, l'intensità di luce, la posizione del corpo, della testa, dei movimenti oculari.²¹

Johansson spiega che per studiare le informazioni visive fornite da uno spazio riflettente la luce dobbiamo considerare la geometria del flusso ottico che raggiunge la retina. Il flusso ottico include una combinazione complessa di pattern generati dal movimento dello stesso osservatore e dal movimento degli oggetti in movimento. Anche quando l'osservatore è semplicemente fermo in piedi o seduto, l'oscillazione del suo corpo o piccoli movimenti della testa aggiunge una piccola componente di locomozione²² al flusso delle immagini retiniche. I movimenti dell'occhio stesso introducono un'ulteriore componente al flusso totale (**JOHANSSON 1975**). Quando gli oggetti si muovono nel nostro campo visivo, generano dei pattern di flusso locale; quando ci spostiamo nell'ambiente, un flusso ottico ricopre l'intera superficie retinica (**JOHANSSON 1975**).

La conclusione tratta da Johansson è che durante la locomozione i componenti dell'ambiente visuale umano sono interpretati come strutture rigide in movimento relativo. Aggiunge infine che non ci possono essere dubbi: percepiamo l'ambiente come rigido (**JOHANSSON 1975**).

21 Il flusso ottico si usa ad esempio nella valutazione di traiettorie di oggetti come palle e nella guida di veicoli per evitare ostacoli. Trova varie applicazioni pratiche, ad esempio nella progettazione delle strisce spartitraffico della segnaletica stradale e nella robotica. Un suo effetto è il vedere attraverso il finestrino il paesaggio muoversi ancora durante la fermata del treno.

22 Originale in inglese "locomotion component," trad. mia

La definizione del movimento come processo psicologico

Se lo interpretiamo come un processo psicologico, il movimento viene percepito per due cause (WALLACH 1965, P. 53):

- **spostamento angolare**: spostamento di un oggetto visto in relazione all'osservatore;
- **spostamento relativo all'oggetto**: spostamento di un oggetto in relazione a un altro oggetto nel campo visivo.

Nell'applicazione di questa tesi, è particolarmente rilevante la seconda causa indicata da Wallach. Essa comporta infatti che trasformazioni di orientamento, opacità, ecc. siano percepite come movimento, anche se la forma non cambia (WALLACH 1965, P. 57). Ciò significa che possiamo considerare questo tipo di alterazioni come variabili cinetiche con cui codificare delle informazioni nelle rappresentazioni di dati.

Teorie ed esperimenti di percezione visiva del movimento

Troviamo teorizzazioni di percezione visiva del movimento anche nelle leggi della psicologia della Gestalt. Seppur molte di queste leggi, specialmente la legge del destino comune, legata alla legge di buona continuità, sono applicabili al cinetismo, gli psicologi della Gestalt decisero "appositamente" di escluderlo dai loro lavori²³ (WERTHEIMER, 1923).

23 Come indicato in De la Torre 2017.

Leggi della Gestalt

APPROFONDIMENTO 2.5

Buona forma: la struttura percepita è sempre la più semplice.

Prossimità: gli elementi sono raggruppati in funzione delle distanze.

Somiglianza: tendenza a raggruppare gli elementi simili.

Buona continuità: tutti gli elementi sono percepiti come appartenenti ad un insieme coerente e continuo.

Destino comune: se gli elementi sono in movimento, vengono raggruppati quelli con uno spostamento coerente.

Figura-sfondo: tutte le parti di una zona si possono interpretare sia come oggetto sia come sfondo.

Movimento indotto: uno schema di riferimento formato da alcune strutture che consente la percezione degli oggetti.

Pregnanza: nel caso gli stimoli siano ambigui, la percezione sarà buona in base alle informazioni prese dalla retina.

Johansson (**JOHANSSON 1975**) fu uno dei primi a dimostrare per via sperimentale alcuni dei fondamenti del principio generale di percezione relativa. Ha dimostrato diversi fenomeni di raggruppamento che mostrano che il cervello ha una forte tendenza a raggruppare oggetti in movimento in modo gerarchico. Anche Ware (**WARE 2002**) e successivamente Huber e Healey (**HUBER, HEALEY 2005**) citeranno questo esempio nelle loro ricerche. L'esperimento si basa su un pattern di stimolo composto da tre punti luminosi, A, B, C, disposti in colonna,

che si muovono avanti e indietro seguendo traiettorie rettilinee. Quando i punti in alto e in basso, A e C, sono mostrati da soli con un moto a destra e a sinistra, sembrano connessi da un legame rigido. Quando il punto centrale, B, è mostrato da solo con moto diagonale, esso è “correttamente”²⁴ visto muoversi su un percorso inclinato. Tuttavia, quando i tre elementi sono presentati simultaneamente, otteniamo un esempio di analisi del vettore percettivo.²⁵ L'insieme ABC sembra muoversi orizzontalmente come un'unità, ma il percorso di B non appare come diagonale: invece, B sembra muoversi verticalmente su e giù su traiettoria rettilinea. Johansson generalizza questi risultati come segue: vettori uguali o componenti di vettori formano una unità percettiva che agisce come quadro di riferimento cinetici in relazione a quali altri componenti secondari sembrano muoversi (JOHANSSON 1975).

Huber e Healey propongono una rivisitazione di questa legge: quando elementi adiacenti hanno la stessa direzione di moto ***d*** e velocità ***v***, e la stessa posizione di partenza relativa all'interno del loro gruppo, si crea l'impressione di un continuo flusso di movimento (HUBER, HEALEY 2005). Sempre Huber e Healey, una volta riscontrato nei risultati dei loro esperimenti di psicofisica che le proprietà del movimento sono rilevate

24 Virgolette tratte dal testo originale di Johansson.

25 Il sistema visivo astrae una serie gerarchizzata di quadri di riferimento cinetici e i movimenti relativi ad ognuno di essi. L'analisi percettiva del flusso ottico intesa come una serie gerarchizzata di componenti cinetiche imita strettamente i principi di ordinaria analisi matematica dei vettori; da qui vi è stato associato il termine “analisi del vettore percettivo.”

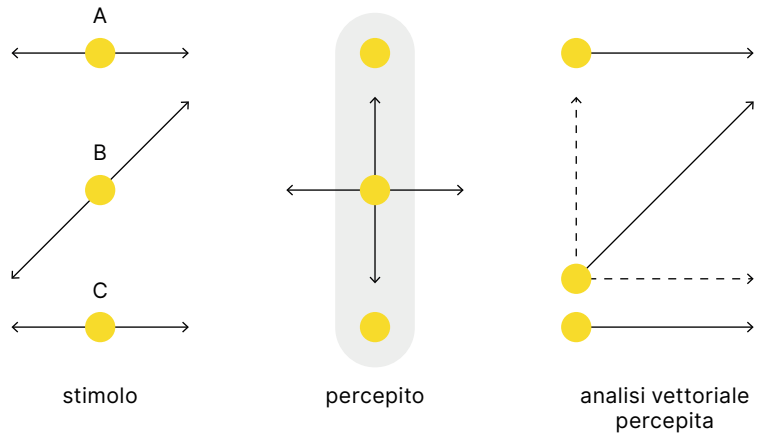


FIGURA 2.10 - Schema dell'esperimento di Johansson.

dal sistema visivo di basso livello, dichiarano nella loro pubblicazione del 2005 di voler utilizzare il cinetismo come variabile visiva per la visualizzazione di dati (HUBER, HEALEY 2005).

Ware riscontra l'affiorare di un vocabolario di movimenti espressivi di ricchezza e varietà comparabili al vocabolario di pattern statici esplorati dagli psicologi della Gestalt. Di seguito riporto un esempio tratto dallo studio di Michotte (MICHOTTE 1963); nel prossimo capitolo entrerò nel dettaglio con particolare attenzione al rapporto tra la percezione del movimento e l'empatia e le implicazioni che essa ha per la visualizzazione di dati.

In *"The Perception of Causality,"* compendio che raccoglie una dozzina di esperimenti, Michotte mostra come il cambiamento di parametri molto basilari di **velocità** e **tempistica dell'evento**²⁶ possa alterare radicalmente ciò che è percepito (**MICHOTTE 1963**). Il compendio offre uno studio dettagliato sulla percezione di interazioni tra due macchie luminose e arriva alla conclusione che la percezione della causalità può essere tanto diretta e immediata quanto la percezione della semplice forma. In base alla relazione temporale instaurata tra gli eventi di luce in movimento e le loro velocità relative, si ottengono effetti di "lancio," "sincronizzazione,"²⁷ o "innesco."²⁸ Il significato del lavoro di Michotte per la visualizzazione dei dati è quello di fornire un modo per aumentare la portata espressiva più in là di quanto possibile con i diagrammi statici.²⁹

26 Originale in inglese "event timing," trad. mia

27 Originale in inglese "entraining," salire a bordo; dopo aver raggiunto la seconda macchia di luce, la prima macchia continua a muoversi nella stessa direzione adiacente alla prima.

28 Originale in inglese "triggering."

29 Nella sua opera, Ware conclude con questo pensiero: "*the ability to significantly enrich the vocabulary of things that can be immediately and directly represented in a diagram, although it would be premature to recommend this as a specific guideline.*" Oggi questa affermazione può essere messa in discussione e occasione di sviluppo, in quanto trovo che non sia più vero che ci troviamo in una situazione prematura per affrontare la tematica.

Il cinetismo come componente empatica nella visualizzazione dei dati

Come visto precedentemente, è dimostrato che la nostra forte sensibilità al movimento ha un'origine biologica. In più, probabilmente per nostra natura, in quanto esseri umani tendiamo a cercare e a riconoscere caratteristiche umane nella realtà che ci circonda. Un altro esperimento di Johansson dimostra proprio questo, di come il nostro sistema occhio-cervello sia altamente sensibile al riconoscimento di movimento di natura umana, anche in oggetti perfettamente astratti.

Nell'esperimento, due attori hanno delle luci attaccate alle articolazioni, come in Fig. 2.11.A. I brevi film registrati mostrano gli attori compiere determinate azioni, come camminare e ballare. Queste immagini sono state fatte in modo che solo i punti di luce fossero visibili e, in qualsiasi fotogramma preso singolarmente, tutto ciò che può essere percepito sia una collezione piuttosto casuale di punti, Fig. 2.11.B. Tuttavia, una volta che i punti vengono animati, gli osservatori sono immediatamente coscienti di star guardando movimento umano. In più, possono anche identificare il genere degli attori e i compiti che stavano eseguendo. Alcune di queste identificazioni possono essere affermate dopo esposizioni della durata di solo una piccola frazione di secondo.

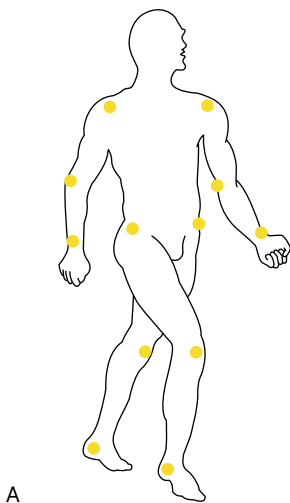
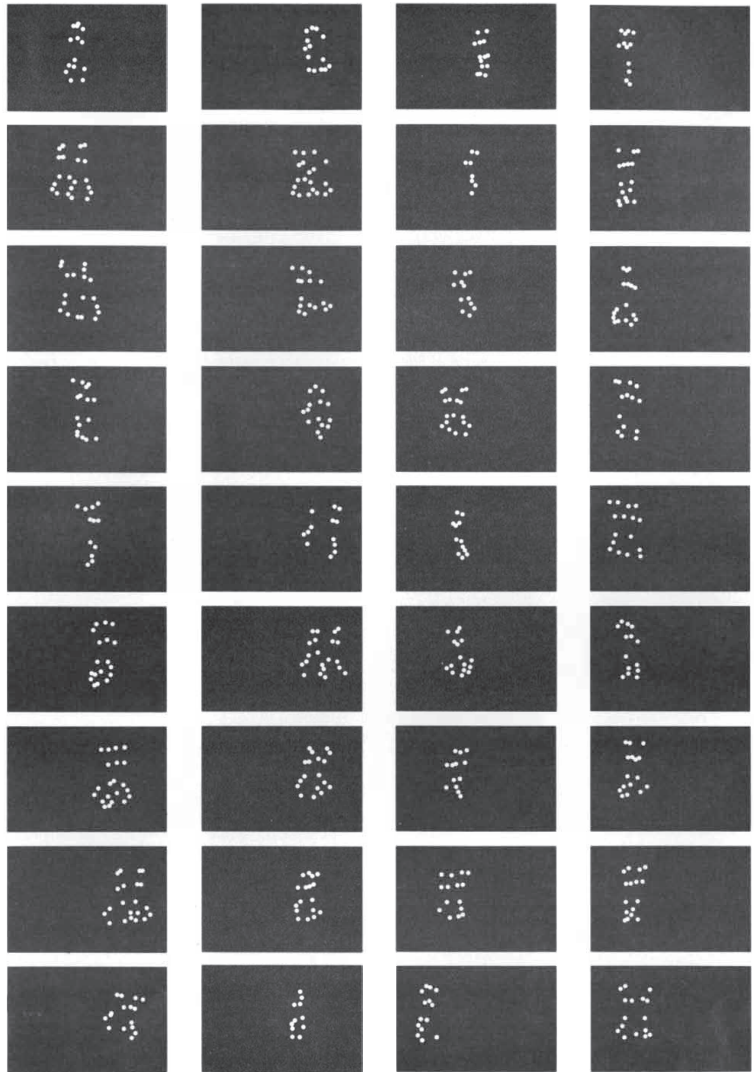


FIGURA 2.11 - A: Il soggetto indossa 12 piccole luci posizionate sulle articolazioni principali. B: Una serie di fotogrammi distinti in cui la coppia di attori illuminati come in A compie delle azioni.

Un altro esperimento che segnala la nostra abilità di riconoscere forme dal movimento è tratto dallo studio di Heider e Simmel (HEIDER, SIMMEL 1944). Un film d'animazione mostra i movimenti di due triangoli e un cerchio. Le persone che guardano questo film attribuiscono prontamente caratteristiche umane alle forme; ad esempio con inferenze come “una forma è arrabbiata” o “le forme si stanno rincorrendo.” Queste interpretazioni sono coerenti tra tutti gli osservatori. L'implicazione di questo esperimento è che sono i pattern del movimento a comunicare il significato, il movimento è il medium del messaggio.



B

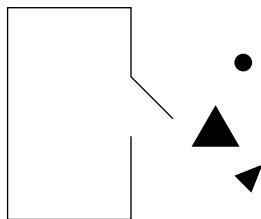


FIGURA 2.12 - Un fotogramma dall'animazione di Heider e Simmel.

Un ultimo studio che includo è quello di Rimé et al. (**RIMÉ ET AL. 1985**). Il loro lavoro si concentra su una valutazione cross-culturale di semplici animazioni. I loro risultati sono che il movimento può esprimere concetti come *gentilezza*, *paura* e *aggressività*. Inoltre, le interpretazioni tra una cultura e l'altra sono state molto simili, suggerendo una qualche misura di universalità interpretativa.

—

I limiti di percezione del movimento

Seppur, come descritto precedentemente, la percezione visiva del movimento per gli esseri umani sia una qualità innata, vi sono determinate condizioni che possono inibirla o annullarla. La percezione dello stimolo a livello cerebrale risulta nella maggior parte dei casi automatico e involontario. Ma le circostanze per cui ciò avvenga sono in realtà più complesse, in particolare quando consideriamo la loro progettazione in una rappresentazione di informazione.

La **cecità cognitiva**³⁰ è un termine che fu introdotto da Arvin Mack e Irvin Rock nel 1992³¹, e divenne il titolo di un loro studio pubblicato dalla MIT Press nel 1998. Il fenomeno descrive come gli osservatori possono fallire in maniera assoluta nella percezione visiva di oggetti o attività salienti. Nello studio, i soggetti possono mancare di vedere qualcosa, anche se ciò è direttamente nel loro campo visivo. Mack e Rock ipotizzarono che “non c’è percezione senza attenzione.” Se non si presta attenzione a un oggetto in qualche modo, è possibile che tale oggetto non venga percepito affatto. Questa proposta contraddice le teorie esposte nella parte precedente del capitolo, incluse le leggi della Gestalt, per cui gli oggetti sono organizzati in unità elementari in maniera automatica e precedente all’attivazione dell’attenzione. Se l’attenzione è intenzionale, senza che gli oggetti vengano a priori percepiti non ci sarebbe niente su cui focalizzare l’attenzione. Gli esperimenti di Mack e Rock suggeriscono che ciò possa non essere vero (HEALEY, ENNS 2012).

Il fenomeno di **attentional blink**³² si riferisce a quando l’attenzione è gravemente limitata nella sua abilità di processare informazioni che arrivano velocemente in sequenza, anche se quell’informazione è presentata in una singola posizione nello spazio. Quando due stimoli target sono presentati in rapida

30 Originale in inglese “inattentional blindness,” anche tradotto in cecità da disattenzione.

31 *Inattentional blindness*, Wikipedia page.

32 Termine mantenuto in lingua originale da P. Sessa e R. Dell’Acqua, Università di Padova.

successione, il secondo dei due target non può essere rilevato o identificato se l'intervallo temporale tra i due stimoli è inferiore a 500-600 ms (**SESSA, DELL'ACQUA 2008**). L'accuratezza ritorna ad un normale livello di riferimento ad intervalli più lunghi. Questi risultati suggeriscono che l'attenzione opera sul tempo come una finestra o un cancello, che si apre una volta trovato un elemento visivo che corrisponde ai correnti criteri di ricerca e che si chiude poco dopo per consolidare tale elemento come un oggetto distinto, rendendolo disponibile per una lettura consapevole (**HEALEY, ENNS 2012**).

La cecità cognitiva e il fenomeno di *attentional blink* implicano conseguenze importanti per la visualizzazione. Prestare attenzione a degli elementi rappresentanti dei dati in un fotogramma di un'animazione può renderci temporaneamente ciechi a ciò che segue in quella posizione (**HEALEY, ENNS 2012**). Estendendo l'indagine di Mack e Rock, posso dire che se i lettori sono forniti di chiare istruzioni, sapranno dove guardare e che cosa cercare. Perciò i principi di percezione senza attenzione, di tipo *pre-attentive* come visto precedentemente, restano validi nel rilevare i cambiamenti di questi elementi, su cui l'attenzione è già focalizzata in quanto oggetti dell'indagine all'interno della visualizzazione. Ciò nonostante, questi sono problemi che devono essere valutati nella fase di progettazione e di implementazione del movimento in una visualizzazione.

I ruoli del cinetismo nella visualizzazione dei dati

Dagli studi raccolti per questa tesi, è possibile sostenere che il movimento non interferisca con la codifica già consolidata su forma e colore, restando comunque una proprietà percettivamente saliente (HUBER, HEALEY 2005). In più, l'implementazione del movimento in una rappresentazione di dati permette di comunicare informazione aggiuntiva attraverso un oggetto senza modificarne altre tipologie di codifica che rappresentano altre variabili (BARTRAM, WARE, CALVERT 2002).

Un esempio tanto elementare quanto efficace è quello citato da Stephen Few riguardo alla dimensione temporale.

“The stories that time-series data have to tell are often rich and important. They are much too important to remain unknown simply because we lack tools that can bring them to light.”³³

— STEPHEN FEW (2007)

Few scrive che lo scatterplot è lo strumento migliore per visualizzare la correlazione tra due variabili quantitative.

33 “Le storie che i dati su base temporale hanno da raccontare sono spesso ricche e importanti. Sono troppo importanti per rimanere sconosciute solamente perché ci mancano gli strumenti per portarle alla luce.” (trad. mia)

Tuttavia non mostra il cambiamento nel tempo e si domanda come potremmo aggiungervi la variabile temporale. La risposta è trovata nell'animazione: muovendo i punti dei dati sullo scatterplot per spostarli da una posizione all'altra e tracciare il passaggio del tempo insieme i cambiamenti che lo hanno accompagnato (**FEW 2007**).

Nell'esempio il cinetismo viene usato come strumento per rappresentare il cambiamento (**→ vedi Tassonomia di Few**). Nel capitolo successivo, dedicato alla tassonomia delle variabili cinetiche, affronto modalità più specifiche per implementare il movimento in una visualizzazione di dati, andando ad agire direttamente sulle proprietà cinetiche di un elemento per codificare le informazioni, in contrasto con l'interpolazione suggerita da Few.

Altri utilizzi del movimento emergono dalle ricerche citate, come ad esempio l'utilizzo del movimento come modalità per isolare e aiutare il lettore a ignorare l'informazione che non è importante, detti anche oggetti *non-target* (**DRIVER ET AL. 1992; BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**).

Come dall'esperimento di Johansson inoltre, la coerenza cinetica su una direzione può raggruppare percettivamente gli elementi. Tuttavia, movimenti fuori fase indeboliscono questo effetto (**BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**).

Le scoperte di Michotte, Johansson, Heider, Semmel, Rimé e altri suggeriscono che l'uso di movimenti semplici possono esprimere con grande forza certi tipi di relazioni nei dati.

L'animazione di forme astratte può estendere in modo significativo il vocabolario di cose che possono essere comunicate naturalmente oltre a ciò che è possibile

con i diagrammi statici (WARE 2013). Ware parla proprio di questa necessità, in accordo con le mie riflessioni esposte in capitolo, con un incoraggiamento a sviluppi futuri che in questa tesi mi trovo ad affrontare direttamente:

“A vocabulary of simple expressive animation requires development, but research results strongly suggest that this will be a productive and worthwhile endeavor. The issue is pressing, because animation tools are becoming more widely available for information display systems. More design work and more research are needed.”

— COLIN WARE (2013)

Per concludere, sottolineo un'ultima volta l'importanza di basare la fase successiva della tesi sugli studi della percezione, perché riusciamo a rappresentare correttamente l'informazione e la variazione quantitativa dei dati in maniera efficace solo se comprendiamo la percezione visiva. Senza conoscere come gli esseri umani percepiscono visivamente il mondo, non possiamo progettare visualizzazioni che funzionino con il cervello umano. In questo capitolo ho verificato che il cinetismo sia una dimensione percettivamente efficiente per la rappresentazione. Tuttavia, gli studi che affrontano quali proprietà del movimento siano le più efficaci non sono molto abbondanti. La sintesi fin qui proposta ha avuto l'obiettivo di offrire uno spettro il più ampio possibile per raccoglierne i punti cardine e impostare le fondamenta di una tassonomia basata sulla percezione.

Tassonomia delle variabili cinetiche

Metodologia e obiettivo

Uno degli obiettivi di questa tesi è produrre uno strumento di cui i designer di rappresentazione dati possano disporre. Nella realtà progettuale attuale, in cui i prodotti richiesti sono in gran parte interattivi e animati, ho individuato come una necessità il supporto teorico di nuovi linguaggi per la loro corretta implementazione.

Il cinetismo³⁴ per me è uno di questi, nello specifico quando utilizzato per codificare i dati nelle visualizzazioni. Questa implementazione non riguarda un esercizio stilistico fine a se stesso o dettato dalla ricerca di alternative

34 Dal vocabolario Devoto-Oli → Cinetico: relativo al movimento. (Dal greco *kinetikos* "attinente al movimento") • Cinetica: parte della meccanica che studia i fenomeni relativi al moto dei corpi e le grandezze che li caratterizzano.

più “accattivanti” rispetto all’utilizzo di modelli statici, bensì un doveroso passo in avanti nel campo della visualizzazione di dati per raggiungere gli avanzamenti e le innovazioni tecnologiche ormai palesi su altri aspetti progettuali, in cui le visualizzazioni sono inserite. Si tratta di interfacce interattive, modelli dinamici e contenuti multimediali che hanno interiorizzato manipolazioni visive e percettive di animazione per facilitare gli utenti nella loro fruizione.

Nella mia ricerca bibliografica per sistematizzare il panorama della visualizzazione dati basata sul cinetismo, ho riscontrato diversi tentativi di descrivere quale sia il ruolo del movimento in questa disciplina. Essi tuttavia risultano nella maggioranza dei casi molto frammentari e indipendenti l’uno dall’altro, ovvero spesso gli autori hanno considerato solamente le variabili cinetiche da loro individuate o hanno identificato con nomi diversi variabili studiate precedentemente da altri autori. Bisogna comunque riconoscere il loro apporto innovativo in questo campo di ricerca, che rimane ancora sperimentale e ha bisogno di continua ricerca per essere affinato e pienamente compreso.

Il mio lavoro in questo capitolo è stato quello di raccogliere e organizzare i principali contributi di dei diversi autori e catalogarli in maniera sistematica, tenendo presente la letteratura sulla percezione visiva ampiamente trattata nel capitolo precedente, in una nuova tassonomia comprensiva di tutti gli sviluppi avvenuti nell’ultimo trentennio. Durante la mia ricerca, ho riscontrato che la conoscenza dettagliata necessaria

alla costruzione di linee guida percettive sull'uso del cinetismo nella visualizzazione di dati non è stata documentata a sufficienza. Questa conoscenza è fondamentale per applicare il movimento in maniera più efficace nella rappresentazione di informazione. Con questi presupposti, a fine capitolo propongo una tassonomia che spiega i ruoli del cinetismo nella visualizzazione dati e come i designer possono impiegarlo per implementare una componente empatica nella rappresentazione di dati.

Il capitolo si sviluppa con una prima parte dedicata all'introduzione degli elementi oggetto di analisi: le variabili per la codifica di dati. Partendo dalla definizione e dalle modalità del loro utilizzo in letteratura, presento una panoramica sul mondo delle variabili visive statiche. Esse gettano le fondamenta del presente lavoro e, attraverso l'analisi delle tassonomie storiche che le organizzano, fungono da esempio primario per la strutturazione della tassonomia per le variabili cinetiche. In questo lavoro, il movimento costituisce sia un'alternativa alle variabili classiche, statiche, che il mezzo stesso attraverso cui rappresentare dati che sono statici o dinamici. Il movimento non sostituisce le variabili statiche ma può rivelarsi efficace nel rappresentare certi aspetti dei dati.

La definizione di variabile per la codifica di dati

Prima di descrivere gli utilizzi delle variabili per la rappresentazione di dati, cerco di chiarire che cosa sono le variabili. Una *variabile* è definibile come un elemento di dati che varia (**FEW 2016**). Esistono tre tipi fondamentali di variabili che ci permettono di descrivere i fenomeni: *quantitativo*, *qualitativo*, o categoriale, e *ordinale* (**BOTTA 2006**).

- **Variabili quantitative:** attraverso l'uso di una serie di numeri, consentono di precisare le variazioni, di quantità o di lunghezza, interne a una categoria.
- **Variabili qualitative:** consentono di descrivere qualitativamente l'informazione attraverso l'uso di categorie ordinabili in modo universale e condiviso.
- **Variabili ordinali:** consentono di ordinare, in modo universale ed equidistante, una o più categorie.

Secondo Robert Roth, le variabili possono essere classificate in:

- **non ordinate:** appropriate per la codifica di informazione di tipo nominale;
- **ordinate ma non quantitative:** appropriate per la codifica di informazioni di tipo ordinale;
- **quantitative:** appropriate per la codifica di informazione numerica ma possono anche essere usate per informazione di tipo ordinale e nominale vista la loro dominanza visiva.

Quando vogliamo comprendere dati quantitativi, ne esaminiamo la loro variazione. Possiamo considerare diversi tipi di variazione: variazione nel tempo, variazione nella distribuzione dei valori da un minimo a un massimo (FEW 2016).

Tenendo a mente i risultati sugli studi della percezione spiegati nel Capitolo 2, gli attributi che variano in un continuum, come lunghezza, dimensione, intensità del colore, ecc., li percepiamo quantitativamente. Altri attributi come la tinta del colore invece, nonostante sia determinata dalla frequenza della lunghezza d'onda che effettivamente varia in un continuum, non riusciamo a percepirli come tali. In questo caso e altri attributi, come la forma, risultano più idonei a suscitare una percezione di tipo qualitativo e categoriale. La distinzione tra attributi che percepiamo in maniera quantitativa o qualitativa è fondamentale per determinare l'uso delle variabili nella rappresentazione dei dati e per una loro organizzazione in tassonomia.

Un altro riferimento che verrà considerato per la mia catalogazione delle variabili riportate più avanti, è fornito da Healey, Huber ed Enns. In diverse ricerche congiunte, hanno documentato come *colore* e *texture* possono essere scomposte in proprietà salienti dal punto di vista percettivo come tinta, luminanza e saturazione (per il colore) o dimensione, orientamento, densità e regolarità del posizionamento (per la texture) (HUBER, HEALEY 2005). Questi risultati dimostrano che il modo in cui mappiamo i dati su attributi visivi differenti, dipende significativamente da tre vincoli:

- le capacità di ogni attributo;
- la composizione dei dati;
- il compito di analisi che deve portare a termine l'utente.

Nonostante le ricerche di Healey et al. siano concentrate prevalentemente, ma non esclusivamente, sulle proprietà visive considerate in questo lavoro come "statiche,"³⁵ la loro teoria può essere ampliata anche ai due campi di indagine delle variabili cinetiche. I tre vincoli elencati, insieme alla distinzione tra percezione qualitativa o quantitativa degli attributi, saranno importanti per la definizione della tassonomia delle variabili.

È importante notare che le dimensioni visive statiche e cinetiche descritte in seguito sono solo considerate "variabili" visive quando manipolate con la funzione di codificare informazione (ROTH 2017). Ognuna di queste dimensioni può infatti essere anche manipolata con lo scopo di abbellimento stilistico per migliorare la qualità estetica della mappa o visualizzazione. La considerazione che il progettista deve fare in questo caso è di non creare confusione nell'artefatto progettando soluzioni che entrino in conflitto percettivo con gli elementi che effettivamente codificano dati. L'utilizzo di abbellimenti non è da escludere in quanto può risultare molto utile

35 Ovvero legate alla rappresentazione statica dell'informazione. Le variabili statiche sono quelle che storicamente vengono utilizzate per rappresentare i dati sulla carta stampata. Oggi utilizziamo queste variabili anche in visualizzazioni digitali ed interattive. Si differenziano dalle variabili "cinetiche" in quanto queste sono in qualche modo legate alla dimensione temporale della rappresentazione.

per rendere la comunicazione più memorabile, attraente, coinvolgente ed interattiva. Tuttavia il rapporto tra ciò che codifica dati e ciò che non lo fa deve essere calibrato attentamente.

—

La codifica a variabili multiple

Una rappresentazione di dati si dice *monodimensionale* quando ad un elemento visuale viene applicata una sola variabile tramite, usando un attributo. Ad esempio in uno scatterplot di elementi identici, l'unica variabile risulta la **posizione** sul piano cartesiano.

Se la progettazione supera una complessità di livello elementare, ovvero quando ad uno stesso elemento viene applicata una variabile tramite più attributi, come **saturatione** e **tinta** del colore, o più variabili contemporaneamente, come **posizione** e **colore**, si sta operando una codifica a più variabili, o a **variabili multiple**.

La codifica a variabili multiple combina diversi attributi di dimensioni variabili, producendo rappresentazioni dense in cui pattern e proprietà emergenti rivelano caratteristiche del dataset che altrimenti, in rappresentazioni monodimensionali, non sarebbero evidenti (**BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**). Le rappresentazioni possono risultare più o meno complesse, non necessariamente in base al numero di variabili applicate agli elementi, ma anche in base a quali vengono scelte e il modo in cui esse vengono implementate.

Il legame tra variabili e percezione

Healey (**HEALEY ET AL. 1995, 2002**) ha dimostrato che le visualizzazioni a variabili multiple traggono un grande vantaggio dal processo cognitivo innescato dai riflessi di tipo *pre-attentive* (**BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**). Dal capitolo precedente, possiamo affermare che una rappresentazione e una codifica che seguono i parametri dettati dal sistema cognitivo decodificante risultano efficienti dal punto di vista percettivo. In aggiunta, esse possono sfruttare con successo le sofisticate proprietà di basso livello del sistema di elaborazione delle informazioni dell'essere umano (**BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**). Come conseguenza diretta verrà richiesto all'utente un effort ridotto per la decodifica dei segnali, sia in termini di sforzo fisico sia in termini di tempo impiegato. Ma soprattutto, ciò abilita l'utente a portare a termine un certo task visivo accuratamente, minimizzando l'effort cognitivo di alto livello (**BARTRAM 2001**). Al contrario, quando tali parametri sono applicati male, producono l'effetto contrario, ovvero possono causare interferenze percettive e risultare in rappresentazioni che sono troppo dense, impenetrabili e che richiedono un'attenzione di tipologia attiva per essere comprese. Una combinazione azzardata e sbadata di variabili multiple possono, ad esempio, causare una falsa percezione di raggruppamento, di fatto negando l'obiettivo originale di enfatizzare un elemento in particolare. Come vedremo più avanti nel capitolo, questa osservazione risulta particolarmente rilevante nell'applicazione del movimento ad un insieme di simboli.

La letteratura di riferimento sulle variabili visive statiche

Le variabili visive sono state in origine descritte dal cartografo professore francese Jacques Bertin nel suo libro *Semiologie Graphique* pubblicato nel 1967. La traduzione in lingua inglese, *Semiology of Graphics*, fu rilasciata nel 1983 ed è oggi riconosciuta come l'opera teorica fondamentale sia in cartografia che nel più ampio campo della visualizzazione delle informazioni. Le variabili visive di Bertin descrivono i mattoni elementari che costruiscono una mappa o un'altra rappresentazione basata sui dati. La categorizzazione degli elementi grafici che possiamo utilizzare e delle loro proprietà fu per molti versi il punto di arrivo a una razionalizzazione applicabile e riproducibile da tutti i progettisti. L'intervento estremamente necessario di Bertin allo stesso tempo diede il via a una ricerca di affinamento del suo minuzioso lavoro, e prosegue tutt'oggi su fronti anche divergenti ma con lo stesso comune denominatore, come nei casi in letteratura in campo accademico (BEHRENS 2008; NAPOLI 2009; BOTTA 2006; MEIRELLES 2005), e professionale sperimentale (TUFTE 2011; LIMA 2014; RENDGEN, WIEDEMANN 2012; CAIRO 2013; ROSENBERG, GRAFTON 2010; MEIRELLES 2013).

Le variabili visive di Jacques Bertin

APPROFONDIMENTO 3.1

Estratto originale da *Semiologie Graphique*, p.42-43.

*A visible mark can vary in position on a sheet of paper. In figure 3.1 on the opposite page, for example, the black rectangle is at the bottom and toward the right of the white square. It could just as well be at the bottom and toward the left, or at the top and toward the right. A mark can thus express a correspondence between the two series constituted by the **two planar dimensions**.*

*Fixed at a given point on the plane, the mark, provided it has a certain dimension, can be drawn in different modes. It can vary in **size, value, texture, color, orientation, shape** and can also express a correspondence between its planar position and its position in the series constituting each variable.*

*The designer thus has eight variables to work with. They are the components of the graphic system and will be called the "**visual variables**." They form the world of images. With them, the designer suggests perspective, the painter reality, the graphic draftsman ordered relationships, and the cartographer space.*

This analysis of a temporal visual perception in eight factors does not exclude other approaches. But, combined with the notion of "implantation,"³⁶ it has the advantage of being more systematic, while remaining applicable to the practical problems encountered in graphic construction.

36 Riporto le note del traduttore dell'opera originale: "This term will no doubt appear strange to English-speaking cartographers and statisticians. Bertin uses it as a contrast to 'imposition' (the type of graphic—diagram, map, etc.) and in order to avoid speaking of point, line, and area 'symbols'."

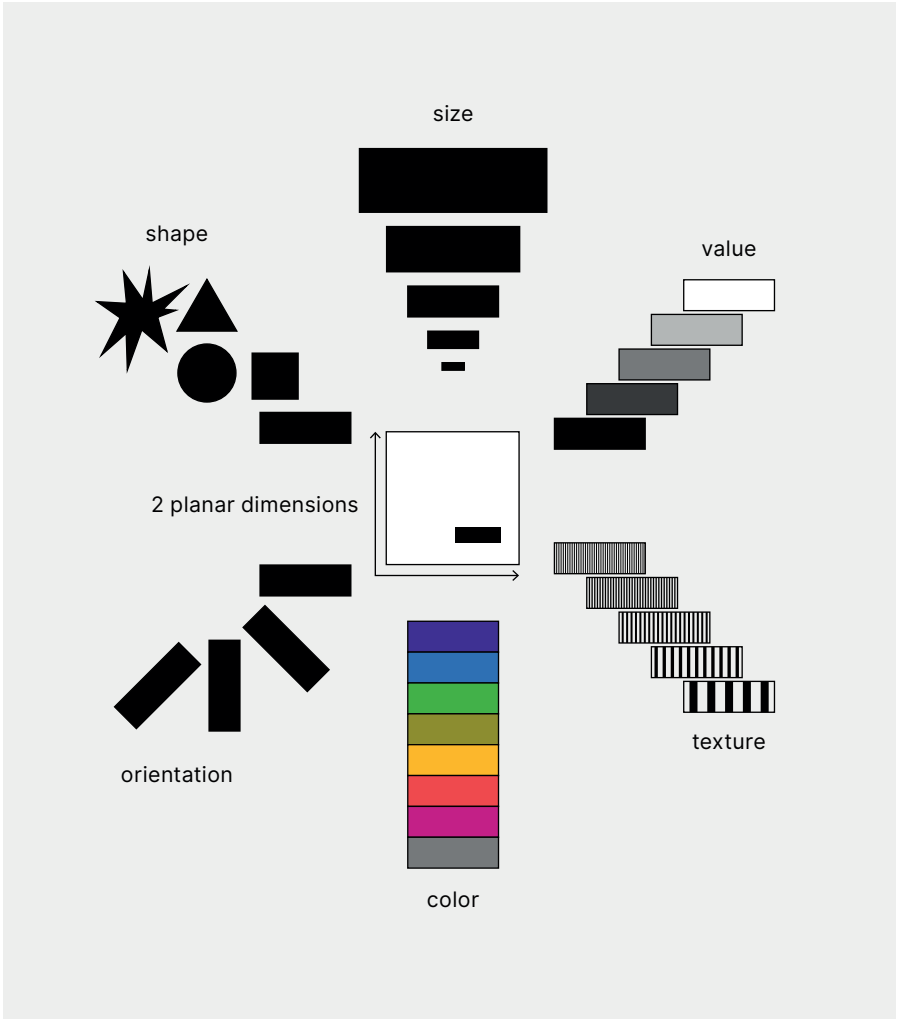


FIGURA 3.1 - Schema delle variabili visive di Bertin.

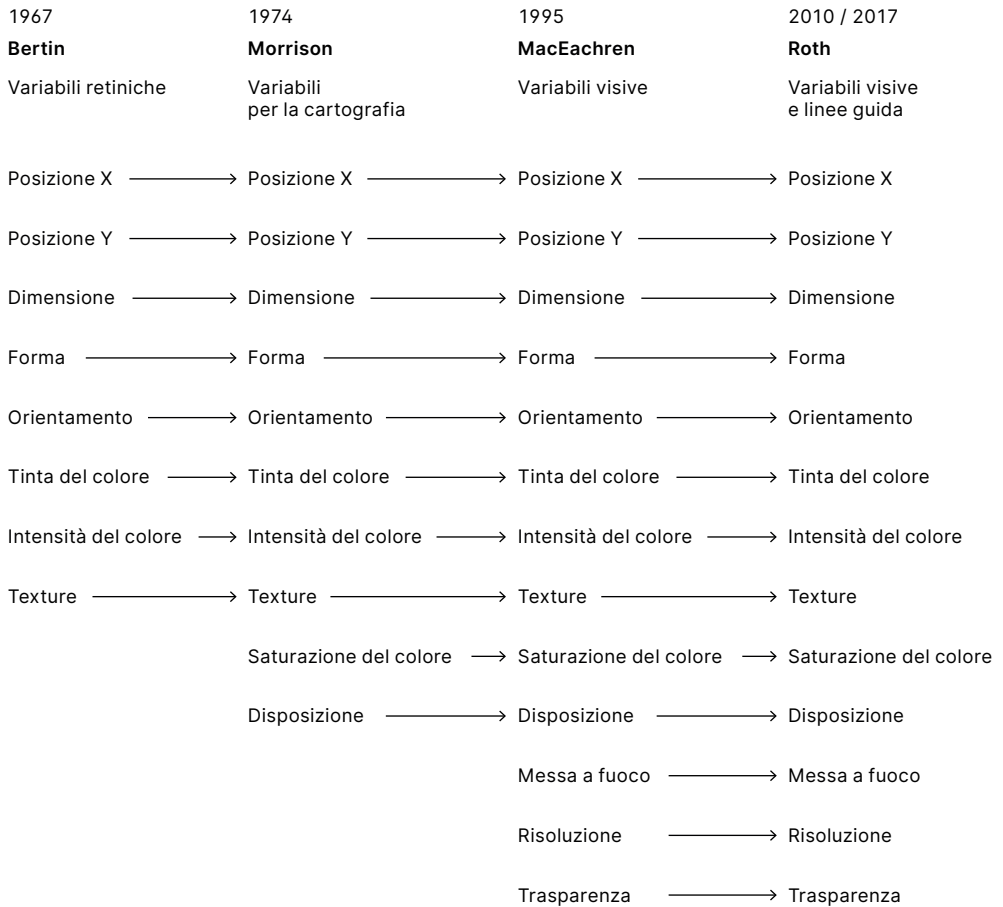


FIGURA 3.2 - Schema delle maggiori tassonomie di variabili statiche e della loro evoluzione.

Nel 2017, Robert E. Roth raccoglie sistematicamente le variabili visive partendo da quelle inizialmente individuate da Bertin, sette —considerando la posizione sul piano come coppia di variabili x e y — (→ vedi **Approfondimento 3.1**), poi integrate da altri autori nel corso degli anni. Gli incrementi più significativi alla tassonomia sono stati apportati da Morrison (**MORRISON 1974**), che inserisce due variabili utilizzate nello specifico per la progettazione di cartografie: **saturazione del colore** e **disposizione**³⁷. MacEachren (**MACEACHREN 1995**) ne introduce altre tre, **messa a fuoco**³⁸, **risoluzione** e **trasparenza**, inizialmente identificate come un'unica variabile chiamata **focus** (1992).

Il contributo di Roth è stato quello di gerarchizzare l'utilizzo di queste 12 variabili visive e catalogarle secondo tre assi volti a guidare il progettista al loro utilizzo più idoneo, in Fig. 3.3. La variazione delle proprietà di ogni variabile incide sulla percezione che noi abbiamo dell'oggetto visuale, in accordo con le leggi della Gestalt di figura-sfondo, per cui l'oggetto ci appare più in primo piano o più sullo sfondo rispetto all'insieme. Un'altra distinzione è fatta tra le variabili che hanno proprietà associativa o selettiva. Infine è indicato se l'utilizzo di ognuna delle variabili visive è buono, marginale o scarso per la rappresentazione di tipo nominale, ordinale, o numerico.

37 Originale in inglese "arrangement," trad. mia.

38 Originale in inglese "crispness," trad. mia.

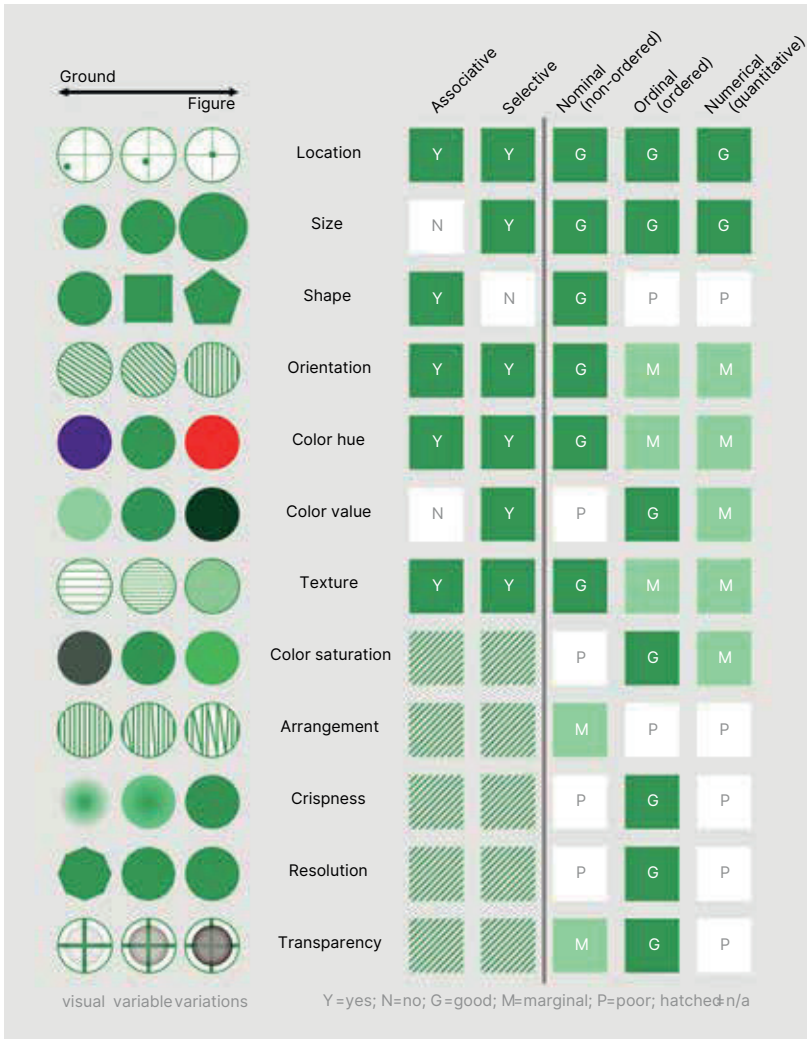


FIGURA 3.3 - Schema delle variabili visive riviste da Roth.

Tassonomia di Roth

- **Posizione:** descrive la collocazione del simbolo in relazione a un sistema di coordinate. La posizione è considerata la variabile visiva “indispensabile” e ha priorità visiva su tutte le altre. Gli oggetti posizionati verso il centro ottico della rappresentazione tendono ad apparire in primo piano, mentre al contrario se posizionati nei pressi della periferia della pagina tendono ad indietreggiare sullo sfondo.
- **Dimensione:** descrive la quantità di spazio occupato da un simbolo. La dimensione è la variabile visiva che per prima viene manipolata in rappresentazioni con simboli proporzionali e legati alla rappresentazione per area. Oggetti più grandi tendono ad apparire in primo piano.
- **Forma:** descrive la geometria esterna, la traccia, dell’oggetto segnico. La variabile visiva della forma è essenziale per la progettazione di rappresentazioni qualitative. La forma di questi simboli può variare da molto astratta, come cerchi, quadrati o triangoli, a molto iconiche, mimando direttamente l’oggetto rappresentato. I simboli più complessi o meno compatti tendono ad apparire in primo piano.
- **Orientamento:** descrive la direzione o la rotazione del simbolo rispetto a uno stato di “normale.” Cluster vicini di simboli che hanno lo stesso orientamento tendono ad apparire in primo piano come un unico gruppo. Altrimenti, gli elementi della visualizzazione che non sono allineati

a “normale” tendono ad apparire in primo piano.

- **Tinta del colore:** descrive la lunghezza d’onda dominante del simbolo nella porzione visibile dello spettro elettromagnetico (per esempio, blu, verde, rosso). Oggetti rossi tendono ad apparire in primo piano mentre oggetti blu tendono a recedere sullo sfondo.
- **Intensità del colore:** descrive la quantità relativa di energia emessa o riflessa dal simbolo. La variazione di intensità di colore ha come risultato la percezione di ombra, ovvero di aree relativamente chiare (alta emissione o riflessione di energia) e scure (bassa emissione o riflessione di energia). La manipolazione dell’intensità del colore è importante nelle rappresentazioni di informazione ordinale o numerica. La relazione figura-sfondo per l’intensità del colore è relativa alla quantità di aree chiare e scure presenti sulla visualizzazione: oggetti scuri tendono ad apparire in primo piano su sfondi prevalentemente chiari, mentre oggetti chiari tendono ad apparire in primo piano su sfondi prevalentemente scuri.
- **Texture:** descrive le asperità del pattern di riempimento del simbolo. Oggetti con una texture più densa tendono ad apparire in primo piano.
- **Saturazione del colore:** descrive il grado in cui il colore del simbolo appare sbiadito sullo spettro della luce visibile. Colori accesi o saturi emettono o riflettono energia

in una banda concentrata dello spettro visibile, mentre colori pastello o desaturati emettono o riflettono energia in maniera omogenea sullo spettro visibile. Oggetti con colori accesi, saturi tendono ad apparire in primo piano, mentre oggetti con colori pastello, desaturati tendono a recedere sullo sfondo.

- **Disposizione:** descrive il layout dei segni grafici costituenti il simbolo della rappresentazione. La variabile visiva della disposizione varia da regolare, con i segni grafici perfettamente allineati in una struttura a griglia, a irregolare, con i segni grafici disposti in modo casuale o uniti in cluster. Simboli con disposizione irregolare, particolarmente se raggrumato, tendono ad apparire in primo piano.
- **Messa a fuoco:** descrive la chiarezza dei bordi del simbolo. Prende anche il nome di “fuzziness” e risulta molto efficace per la rappresentazione di incertezza. Oggetti con bordo netto tendono ad apparire in primo piano, mentre oggetti con bordo sfocato tendono a recedere sullo sfondo.
- **Risoluzione:** descrive la precisione spaziale alla quale il simbolo è visualizzato. In rappresentazioni raster, la risoluzione è riferita alla grossolanità della dimensione della griglia. In rappresentazioni vettoriali, la risoluzione è riferita alla quantità di dettaglio del tratto, in termini di nodi e spigoli. Oggetti rappresentati con alto livello di dettaglio tendono ad apparire in primo piano.

- **Trasparenza:** descrive la quantità di mescolamento grafico tra il simbolo e lo sfondo o simboli sottostanti. Oggetti opachi, non trasparenti, tendono ad apparire in primo piano.

La tassonomia delle variabili visive statiche si articola in due tipologie di classificazioni: per “livelli di organizzazione,” postulati dallo stesso Bertin, e per distinzione tra variabili in base alla capacità di codificare le informazioni di tipo quantitativo, ordinale o nominale.

I LIVELLI DI ORGANIZZAZIONE DI BERTIN

- **Primo livello:** *percezione associativa*. Le variabili visive associative sono forma, orientamento, tinta del colore e texture. Dimensione e intensità del colore sono invece variabili visive dissociative.
- **Secondo livello:** *percezione selettiva*. L'unica variabile visiva a non essere selettiva è la forma.
- **Terzo livello:** *percezione dell'ordinamento*. Le variabili visive con proprietà di ordinamento sono posizione, dimensione, intensità del colore e texture. Successivamente MacEachren (**MACEACHREN 1995**) afferma che anche la saturazione del colore, messa a fuoco, risoluzione e trasparenza sono variabili visive dalla forte proprietà di ordinamento, mentre ritiene che la texture lo sia solo lievemente.

→ **Quarto livello:** *percezione quantitativa*. Le uniche variabili visive a fare parte di questo livello sono la posizione e la dimensione.

Per quanto riguarda la classificazione per le misurazioni di tipo nominale, ordinale e quantitativo, Roth ripropone la sintassi delle variabili visive fissata da MacEachren:

→ **Variabili visive non ordinate:** appropriate per la codifica di informazione di tipo *nominale*: tinta del colore, orientamento e forma.

→ **Variabili visive ordinate ma non quantitative:** appropriate per la codifica di informazioni di tipo *ordinale*: intensità del colore, saturazione del colore, messa a fuoco, risoluzione e trasparenza.

→ **Variabili visive quantitative:** appropriate per la codifica di *informazione numerica* ma possono anche essere usate per informazione di tipo ordinale e nominale vista la loro dominanza visiva: posizione e dimensione.

La ricerca bibliografica ha dimostrato come l'interesse per un affinamento di questo ramo della disciplina sia molto coeso e incrementale. Tutti gli interventi significativi prendono a modello il precedente e in questo modo si è via via costruito una letteratura strutturata in maniera invidiabile.

Lo stesso, come vedremo più avanti nel capitolo, non si può di certo dire per quanto riguarda la raccolta e l'indagine sulle

variabili cinetiche. Proprio per questo motivo, il metodo e la coerenza studiati in questa parte di ricerca mi serviranno come modello per la razionalizzazione di una tassonomia delle variabili visive legate al movimento.

Gli “elementary building blocks”

Storicamente, anche se con studi frammentari e con focus un po' diversi, il motivo principale per cui gli studi della percezione vengono indagati nella visualizzazione dei dati è dettato direttamente dalla pratica: quale forma grafica mi porta ad una lettura quantitativa più accurata del dato? Quale organizzazione visiva incrementa le possibilità di una corretta percezione di un andamento e di un pattern? Spesso questa analisi si è concretizzata in un confronto diretto di due grafici tra loro, con uno studio su un campione di utenti e con una definizione gerarchica volta a stabilire quale modello visivo sia superiore rispetto ad un altro (CLEVELAND, MCGILL 1984). Qualche decennio dopo (BARTRAM ET AL. 2002; WARE 2013; HEALEY, ENNS 2012; FEW 2016), seppure l'obiettivo di rispondere a quelle stesse domande sia rimasto, l'interesse si è spostato sull'individuazione delle componenti alla base di questi processi, per determinare quali siano i blocchi elementari da cui partire e con cui costruire un'organizzazione grafica più complessa. La complessità in questo caso non è una barriera che richiede conoscenze maggiori per essere interpretata, al contrario è intesa come un'occasione per sfruttare al meglio i processi

percettivi di riconoscimento dei pattern per renderci in grado di connettere i punti e raggiungere un'immagine significativa del sistema nella sua interezza (SCAGNETTI, RICCI, BAULE, CIUCCARELLI 2007), riflessione in sintonia con le teorie esposte in *The Moment of Complexity* di Taylor (TAYLOR 2009).

Quando rappresentiamo dati quantitativi, associamo attributi visivi di tipo *pre-attentive* agli oggetti che ne codificano i valori, sia quantitativi che categoriali (FEW 2016).

Per la rappresentazione quantitativa abbiamo a disposizione un set ristretto di oggetti semplici che codificano i valori usando la posizione bidimensionale, la lunghezza o l'area (BERTIN 1983):

- **Punti**: rappresentano i valori in base alla loro posizione bidimensionale in relazione a una scala quantitativa.
- **Linee**: rappresentano una serie di valori, relativi a una scala quantitativa.
- **Rettangoli** : barre, riquadri, variano soltanto in lunghezza e rappresentano valori in base sia alla loro lunghezza che alla posizione bidimensionale delle estremità, in relazione a una scala quantitativa.
- **Aree**: rappresentano i valori in base alla loro area.

Per utilizzare questi elementi efficacemente per la rappresentazione quantitativa di dati, è importante che le variazioni di tali elementi avvengano solo in modi

che corrispondono alla variazione di significato e mai gratuitamente. Ad esempio, la variazione del colore ci fa indagare un significato in tale variazione. Quando modifichiamo la tinta, tendiamo a presupporre l'esistenza di significato categoriale. Quando modifichiamo la luminosità, la saturazione o l'intensità del colore, tendiamo a presupporre l'esistenza di un significato quantitativo. Allo stesso modo, la percezione di più alto come maggiore sembra essere parte della costituzione del nostro cervello (FEW 2016).

—

I limiti percettivi di alcuni canali di codifica dei dati

Gli studi sulla percezione, parallelamente all'evoluzione tecnologica dei supporti e dei metodi che possiamo utilizzare per la rappresentazione delle informazioni, plasmano la conoscenza che abbiamo sull'uso di determinate variabili per la codifica dei dati. In alcuni casi, una variabile può essere ritenuta percettivamente molto debole e quindi scartata dal ventaglio delle variabili che i designer hanno a disposizione. È il caso della posizione nello spazio 3D (FEW 2016), che non compare infatti come parte della lista delle variabili visive statiche. Questa scelta è intenzionale. Gli scienziati che studiano la percezione visiva sostengono che la visione umana si articola su due dimensioni e mezzo invece che tre dimensioni effettive. La nostra percezione della profondità, la terza dimensione, non è esattamente precisa come la nostra percezione di una posizione bidimensionale (su e giù, destra e sinistra).

Questo è dovuto al fatto che la nostra percezione della profondità non è diretta, bensì avviene attraverso una combinazione di altri attributi che ci forniscono indizi sulla posizione di un oggetto nella terza dimensione. Gli attributi includono l'area (oggetti più grandi ci appaiono più vicini), sfocatura (oggetti più a fuoco ci appaiono più vicini), occlusione (oggetti che appaiono davanti ad altri ci appaiono più vicini) e la visione stereoscopica (la differenza del punto di vista di ogni occhio che cambia con la distanza). Siccome la percezione della profondità non funziona molto bene, di solito è meglio evitarne l'uso in una visualizzazione di dati.

Ciò è particolarmente vero quando scegliamo di rappresentare i dati su una superficie piana, come uno schermo o un foglio stampato, che ha i limiti fisici di due dimensioni. Creare la pseudo-apparenza della profondità su una superficie piana sfrutta degli inganni ottici piuttosto che effettivamente variare la distanza dell'oggetto dal fruitore (**FEW 2016**). Tuttavia, i nuovi sviluppi tecnologici stanno dimostrando grandi avanzamenti in piattaforme digitali dall'altissima potenzialità immersiva. La realtà virtuale (VR), e con alcune limitazioni anche la realtà aumentata (AR), sta alterando le possibilità che abbiamo di interagire con uno spazio tridimensionale all'interno del quale ci potrebbero essere nuove opportunità di sviluppo con nuove variabili per la codifica dei dati. In questo senso, la VR e l'AR offrono un ulteriore campo di sperimentazione da esplorare, ma non è oggetto di questa tesi intraprendere questa strada.

Identificazione degli “elementary building blocks” cinetici

Parte fondamentale di questa tesi è fornire un vocabolario di movimenti semplici che possono essere applicati alla visualizzazione dell'informazione. Gli *elementary building blocks* visivi sono alla base delle teorie di rappresentazione e codifica dei dati e sono stati identificati nel processo di sistematizzazione delle variabili visive (BERTIN 1983) (→ vedi **Gli elementary building blocks**) Nell'ultimo ventennio ci sono stati diversi tentativi per individuare quali siano gli elementi cinetici di base, tra cui, come visto precedentemente in questo capitolo, gli studi più significativi sono quelli di Bartram, Ware, Calvert, Huber e Healey. Una loro caratteristica, come per la rappresentazione statica, è che siano percepiti in maniera *pre-attentive* (DE LA TORRE, CRUZ 2017).

Per poter applicare il movimento ad un simbolo, la condizione necessaria è che tale simbolo sia in qualche modo visibile. Gli elementary building block cinetici possono essere studiati solo se il movimento è associato ad almeno una variabile visiva, come la posizione. Una volta che il simbolo è presente nello spazio della rappresentazione, può essere progettato il suo comportamento cinetico. Avendo analizzato gli studi raccolti per questa ricerca, ho individuato gli elementi base con cui il movimento può essere applicato nel **flicker**, la **velocità di cambiamento** e la **direzione di moto**. Le sperimentazioni di settore hanno permesso di stabilirne il funzionamento e i limiti, riportati di seguito.

- **Flicker:** rappresenta i valori attraverso la frequenza di un pattern acceso-spento.

- **Velocità di cambiamento:** rappresenta i valori attraverso la velocità con cui la variabile visiva su cui è applicata cambia. Può essere la velocità di moto di un simbolo con il cambio di posizione o la velocità con cui varia la dimensione, il colore, l'orientamento di un simbolo.

- **Direzione di moto:** rappresenta i valori attraverso la direzione del moto applicato ad un oggetto.

—

Il contesto tecnologico odierno: nuove opportunità di esplorazione

L'interesse del presente lavoro è volto alla catalogazione delle variabili da usare per la codifica dei dati sul canale visivo cinetico in aggiunta a quello statico. Anche se la letteratura si è principalmente concentrata sulle variabili visive statiche, raccolte nella sezione precedente di questo capitolo, ci sono alcuni casi, meno rari di quanto mi aspettassi a inizio lavori, in cui l'interesse per le variabili legate al movimento degli elementi visuali viene espresso proprio nei trattati delle variabili visive statiche. Vedo due motivi principali per giustificare la limitazione a semplici e brevi riferimenti in letteratura, a discapito di un più ampio approfondimento o studio dedicato al tema. Il primo motivo è giustamente il focus mirato sulle

L'angolo visivo

APPROFONDIMENTO 3.2

L'angolo visivo è un concetto chiave per definire le proprietà dell'occhio e di *early vision*. Come illustrato nella figura 3.4, l'angolo visivo è l'angolo sotteso da un oggetto all'occhio dell'osservatore.

Gli angoli visivi sono generalmente definiti in gradi, minuti e secondi di arco: un minuto è 1/60 di un grado, un secondo è 1/60 di un minuto.

Come utile approssimazione, l'unghia del pollice tenuta alla distanza del braccio disteso sottende circa 1 grado di angolo visivo. Un'altro fatto utile è che un oggetto di 1 cm osservato a 57 cm di distanza ha un angolo visivo approssimativo di 1 grado, e 57 cm è un'approssimazione ragionevole della distanza a cui normalmente guardiamo lo schermo del computer. L'equazione per calcolare l'angolo visivo è la seguente:

$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{h}{2d}$$

da cui

$$\theta = 2\arctan\left(\frac{h}{2d}\right)$$

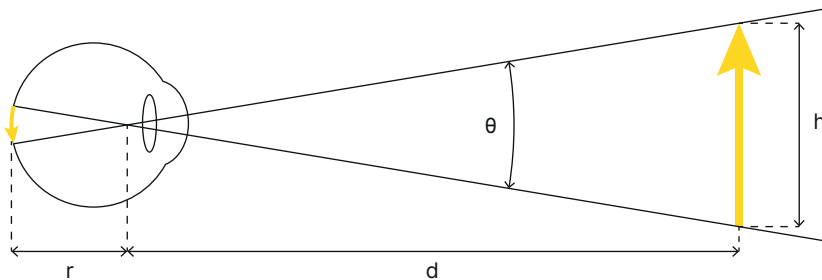


FIGURA 3.4 - L'angolo visivo di un oggetto è misurato dal centro ottico dell'occhio.

variabili visive statiche come oggetto di analisi, che comporta un'esclusione consapevole delle altre variabili dalla ricerca. Il secondo motivo invece è una limitazione tecnologica la quale ha fatto sì che da una parte, nonostante ci fosse l'interesse genuino alla sperimentazione di canali alternativi, mancassero i supporti per poterla svolgere e dall'altra, data la scarsità se non la totale assenza di questo tipo di supporto tecnico, non se ne sentisse neanche la necessità. Diversi autori in bibliografia hanno esplicitamente portato alla luce questa impossibilità di avanzamento, limitando lo studio dell'uso del movimento per favorire il riconoscimento di pattern in dati astratti a solo una tematica di ricerca, anche se molto promettente (**WARE 2013**).

Quando Bertin pubblicò *Semiologie Graphique* nel 1967, coronando per primo una ricerca semantica per l'organizzazione visiva delle informazioni avviata diversi secoli prima di lui, fino ad allora si progettava per la carta stampata. Oggi, le tecnologie che abbiamo a disposizione mettono in campo molte più dimensioni (visiva, temporale, da cui il cinetismo e il suono, tattile e aptica, di interazione, talvolta immersive) alla portata di tutti, ormai date per scontato nella progettazione di artefatti comunicativi. È interessante scoprire che fu proprio Bertin a dichiarare i limiti della sua indagine nei confronti della dimensione temporale del movimento. Nel fissare i confini del suo studio, necessari per identificare il campo d'azione per la stesura del sistema segnico, escluse specificamente il movimento.

La sua spiegazione ci fa capire il contesto in cui il suo rinomato lavoro prese forma:

“An incursion into cinematographic expression very quickly reveals that most of its laws are substantially different from the laws of atemporal drawing. Although movement introduces only one additional variable, it is an overwhelming one; it so dominates perception that it severely limits the attention which can be given to the meaning of the other variables. Furthermore, it is almost certain that real time is not quantitative; it is ‘elastic’. The temporal unit seems to lengthen during immobility and contract during activity, though we are not yet able to determine all the factors of this variation.”

— JACQUES BERTIN (1983)

Nel contesto odierno in cui mi trovo a produrre questa tesi, le limitazioni riscontrate da Bertin non sono più attuali. Nella mia ricerca ho identificato le sue parole come punto di partenza e input per elaborare in uno spazio di esplorazione non più legato esclusivamente alla carta stampata e non più limitato dalla mancanza tecnologica e dalla mancanza di supporto teorico di psicologia cognitiva.

Già nel 1984 William S. Cleveland e Robert McGill valutavano uno spettro più ampio di quello meramente visivo e statico, estendendo i loro riferimenti alle proprietà fisiche dell'oggetto:

“Suppose an individual is asked to judge the magnitude of some aspect of a physical object such as length, area, volume, distance, loudness, weight, or pitch.”³⁹

— WILLIAM S. CLEVELAND, & ROBERT MCGILL (1984)

La riflessione di Cleveland e McGill prosegue solamente attorno alle prime tre dimensioni “visive,” ovvero lunghezza, area e volume. Le altre proprietà invece non avranno occasione di essere sviluppate ed argomentate oltre la mera citazione. Le tre qualità spaziali (mono-, bi- e tri-dimensionali) sono prese in considerazione per la costruzione di grafici come parametri su cui è possibile codificare dei dati per la loro rappresentazione, ma le altre proprietà fisiche, appartenenti a canali diversi da quello della rappresentazione grafica nella sua forma originale, come il peso di un oggetto e il suono, non sono ancora state considerate come canali possibili e adatti.

È particolarmente interessante riscontrare che il tipo di analisi sulle variabili per Cleveland e McGill sia innescato dalle proprietà *fisiche* dell’oggetto, come una ricerca dei linguaggi naturali con cui il fenomeno si presenta all’osservatore. Sotto un certo punto di vista, questa ricerca di tipologia *indicale*, cioè dei fenomeni auto-illustranti (ROBIN 1993), fa parte pure del mio approccio allo studio delle variabili cinetiche.

39 “Ipotizziamo che a una persona sia chiesto di giudicare la grandezza di qualche aspetto di un oggetto fisico, come lunghezza, area, volume, distanza, rumorosità, peso o tono”— Cleveland, McGill (trad. mia)

Possiamo considerare il movimento e il suono come manifestazione indubbia della presenza della dimensione temporale. Lo scorrere del tempo permette a oggetti di modificare il loro stato, come la posizione, la consistenza, la dimensione, la velocità e la direzione di uno spostamento, la forma, l'aspetto, ecc. e alle onde sonore di propagarsi nello spazio, con determinate caratteristiche fisiche, il periodo, l'ampiezza e la velocità, che ne modificano le proprietà, come il volume, la tonalità, il timbro, ecc. Proprio partendo da queste caratteristiche del mezzo utilizzato è possibile individuare le variabili che lo governano e su cui, in seguito a molteplici tentativi di applicazione e studio della percezione, è possibile codificare dei dati. In questa tesi mi sono concentrato sulla dimensione cinetica degli oggetti. Il fascino di codificare dati sul canale uditivo offre indubbiamente un'altra occasione per lavori futuri.

—

Lo stato dell'arte: identificazione e analisi dei lavori esistenti sulle variabili cinetiche

Partendo dal modello della tassonomia di Roth per le variabili visive statiche, ho raccolto, analizzato e selezionato i principali studi che affrontano le variabili visive cinetiche. Il cuore di questa tesi è infatti la messa a sistema della letteratura esistente su questo ambito di ricerca per formalizzare una tassonomia e delle linee guida per l'utilizzo del cinetismo per la codifica dei dati nelle visualizzazioni.

Per prima cosa definisco che le variabili cinetiche sfruttano le proprietà del movimento applicato agli elementi della rappresentazione per comunicare informazione. Essendo il movimento applicato ad un oggetto, questo è dotato di una sua presenza visiva per poter essere percepito dal nostro sistema visivo in primo luogo. Di conseguenza, le variabili cinetiche presentate di seguito verranno definite anche in base al rapporto che hanno con le variabili visive statiche.

Gli studi, le tassonomie e le ricerche identificate sono raccolte nello schema di Figura 3.5. Presento di seguito una lista con ognuna di queste citando le caratteristiche principali e i maggiori apporti. Successivamente per ogni tassonomia espongo nel dettaglio le variabili introdotte di volta in volta, con la descrizione della modalità con cui funzionano e gli utilizzi previsti per cui sono state individuate. Per ognuno dei casi studio in rassegna, la descrizione delle variabili, o delle corrispondenti definizioni alternative, riporto quelle originali degli autori. In alcuni casi si riscontrano incongruenze tra sovrapposizioni di variabili chiamate con lo stesso nome a cui corrispondono definizioni diverse, o variabili identificate con nomi diversi ma con descrizioni compatibili ad altre tassonomie. Nella definizione della nuova tassonomia per le variabili cinetiche ho affrontato questo problema.

LA COMUNICAZIONE EMPATICA DEI DATI

Studio delle variabili cinetiche per il coinvolgimento emotivo del lettore nella rappresentazione dei dati

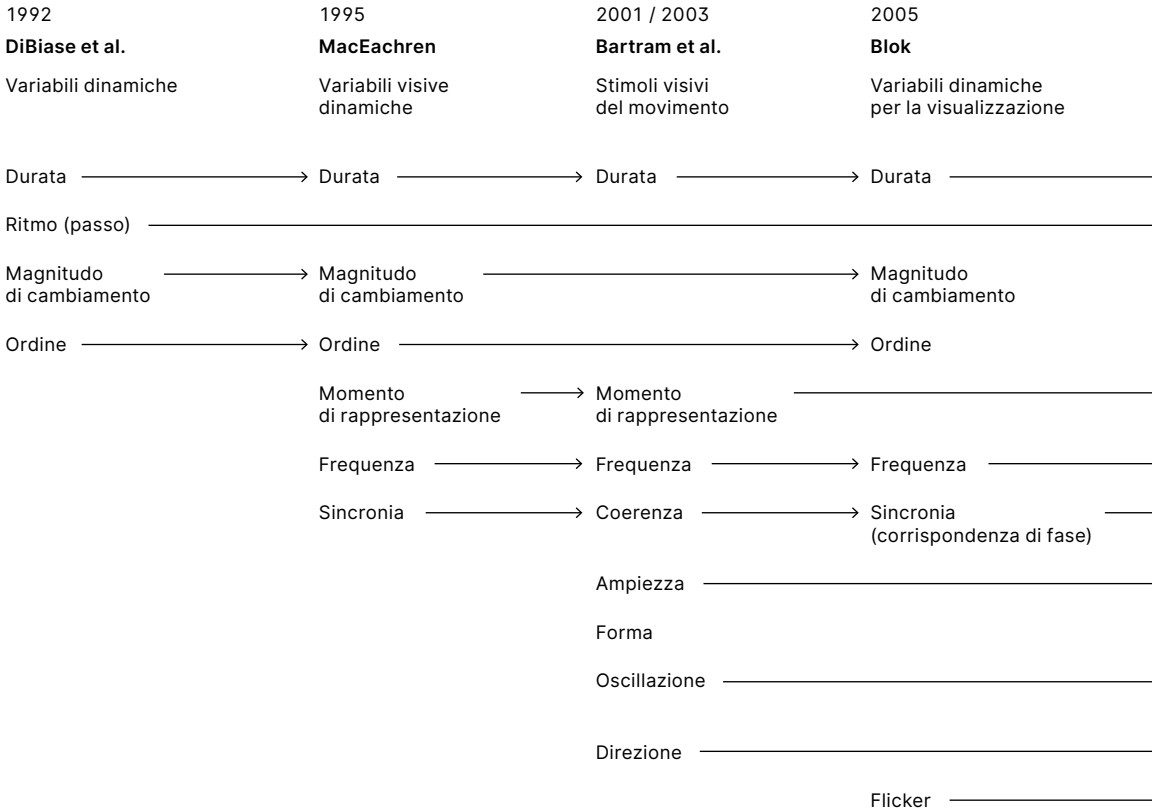


FIGURA 3.5 - Schema delle maggiori tassonomie e ricerche di variabili legate al movimento e della loro evoluzione.

2005 Meirelles	2005 Huber, Healey	2012 Coffey et al.	2016 Few	2017 De la Torre, Cruz
Unità ritmica	Proprietà percettive del movimento	Scelte progettuali per tempo e spazio	Attributi del movimento	Tassonomia delle applicazioni del movimento nella visualizzazione dati

→ Durata

→ Ritmo

→ Punto di partenza

→ Ciclo + Intervallo

→ Coerenza

→ Ampiezza

→ Oscillazione
(direzione + velocità)

→ Direzione → Direzione

→ Flicker → Flicker

Velocità → Velocità → Velocità → Velocità

Origine

Punto di partenza

Cambiamento di posizione

Accelerazione

Moto non lineare

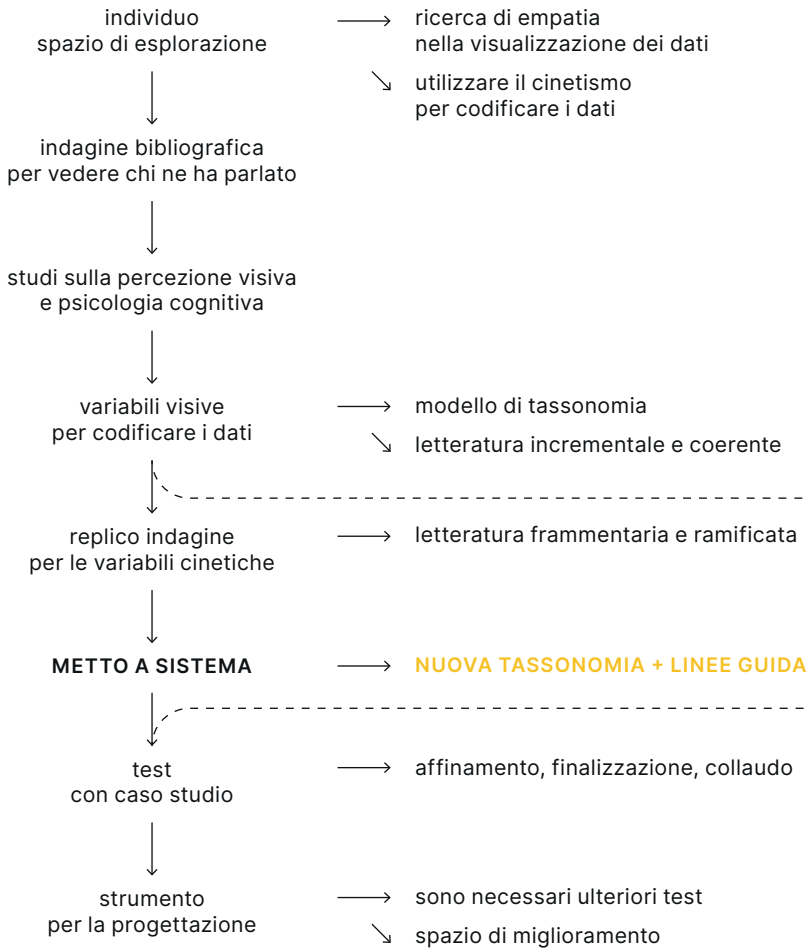
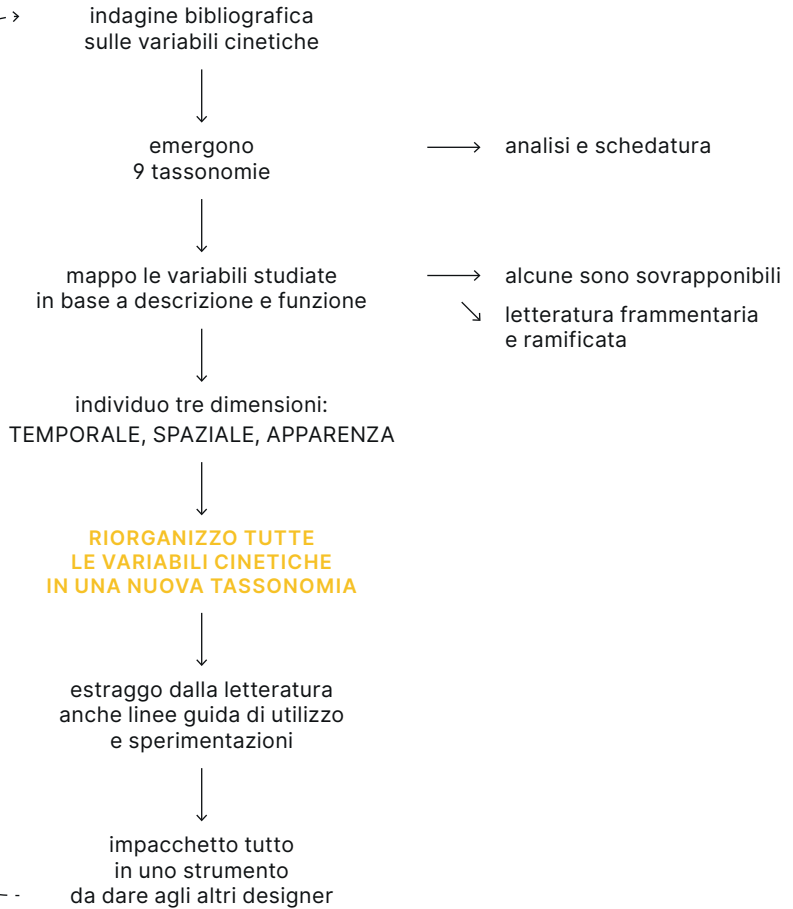


FIGURA 3.6 - Schema del processo seguito per lo sviluppo di questa tesi.



Lista delle tassonomie di variabili cinetiche analizzate

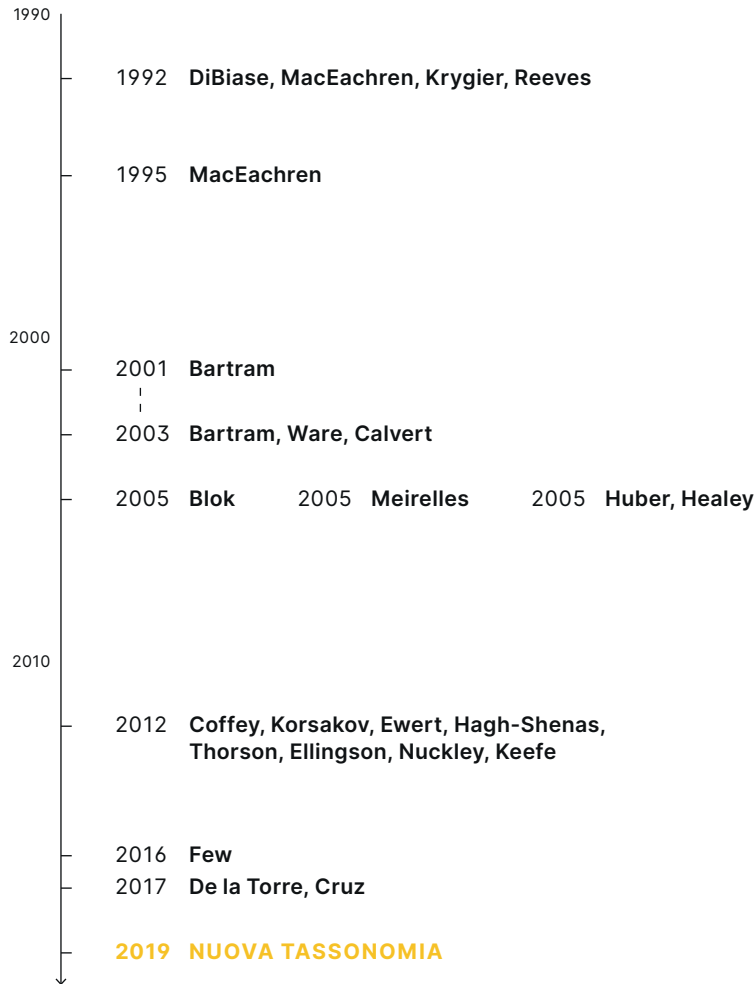


FIGURA 3.7 - Timeline delle tassonomie.

- **DiBiase, MacEachren, Krygier, Reeves (1992)**: partendo dagli studi del cartografo svedese Janos Szëgo (1987), interpreta il movimento nella rappresentazione principalmente come animazione di interpolazione per mostrare il cambiamento da uno stato ad un altro. DiBiase dà anche indicazioni su come utilizzare il movimento per enfatizzare una posizione o un attributo della cartografia.

- **MacEachren (1995)**: introduce il concetto di “display date” e le variabili di frequenza, che chiama anche texture temporale, e di sincronia, detta anche corrispondenza di fase.

- **Bartram (2001) & Bartram, Ware, Calvert (2002)**: la tassonomia di Bartram, in seguito ampliata da Bartram, Ware e Calvert, è la più completa e classifica il movimento all’interno di quelle che chiama “interfacce informative” in otto categorie: awareness, transition, functional description, emphasis, expression, representation of change, direct visualization, and association.

- **Blok (2005)**: riorganizza la tassonomia di MacEachren e introduce l’utilizzo del movimento per codificare aspetti non-temporali dei dati.

- **Meirelles (2005)**: la sua tassonomia studia il movimento in relazione al ritmo. Individua due tipologie di variabili diverse tra gli attributi visivi di un elemento base e il modulo spazio-temporale variabile che chiama “unità ritmica.”

- **Huber e Healey (2005)**: il loro studio sperimentale rappresenta il primo tentativo di misurare quali sono le variazioni minime da applicare alle proprietà del movimento affinché esse possano essere percepite dall'osservatore.
- **Coffey, Korsakov, Ewert, Hagh-Shenas, Thorson, Ellingson, Nuckley, Keefe (2012)**: non descrive quali sono le variabili ma imposta una tassonomia in una matrice sulle scelte progettuali legate al tempo e sulle scelte progettuali legate allo spazio. La sua attenzione è rivolta al modo in cui il movimento è applicato alla visualizzazione e se l'utente può controllarlo oppure no.
- **Few (2016)**: si concentra sulla codifica di dati quantitativi e sul metodo di rappresentazione: statica, animata o interattiva.
- **De la Torre e Cruz (2017)**: contributo più recente con presupposti simili a quelli di questa tesi, sviluppato però con interessi differenti. La loro tassonomia non riguarda le variabili con le quali sia possibile codificare il dato, bensì le categorie per cui il movimento può essere implementato nella visualizzazione. Inoltre, espandono la tassonomia di Bartram includendo una categoria per il movimento come interpolazione di valori, integrando così anche la maggior parte degli studi precedenti.

Tassonomie delle variabili visive legate al movimento

Raccolta dei casi di studio estratti dalla letteratura.

1992	DiBiase, MacEachren, Krygier, Reeves
1995	MacEachren
2001 / 2003	Bartram & Bartram, Ware, Calvert
2005	Blok
2005	Meirelles
2005	Huber e Healey
2012	Coffey, Korsakov, Ewert, Hagh-Shenas, Thorson, Ellingson, Nuckley, Keefe
2016	Few
2017	De la Torre e Cruz

TERMINOLOGIA DI RIFERIMENTO

- **Situazione:** istante nel tempo nella storia del mondo.
- **Scena:** rappresentazione di una situazione, prende il termine dall'animazione; può prendere la forma di una mappa statica.
- **Evento:** sequenza coerente di più situazioni. Richiede che due o più scene siano sovrapposte a una singola mappa statica, siano posizionate fianco a fianco in una serie di small multiple, o siano messe in sequenza in un'animazione. All'aumentare del numero di scene, l'animazione diventa l'alternativa preferibile.

VARIABILI DINAMICHE

- **Durata:** variabile dinamica legata alla scena. Descrive il numero di unità di tempo con cui la scena è mostrata. La variazione della durata di una scena ha riscontri sul ritmo⁴⁰ dell'animazione. Essendo la durata misurata in unità di tempo, può essere usata per rappresentare altri dati di tipo ordinale o di intervallo.
- **Magnitudo di cambiamento**⁴¹: descrive la quantità di cambiamento per unità di tempo della posizione e degli attributi dell'elemento visuale tra scene. La magnitudo di cambiamento varia sia con le dinamiche del fenomeno originale, sia con l'intervallo di campionamento usato per generare le singole scene prima dell'animazione.
- **Ordine:** descrive l'ordine con cui le scene sono presentate. Può seguire una logica di sequenza cronologica delle scene associata con dati temporali del dataset; in alternativa le scene possono essere ordinate con la variazione di un attributo.

40 Originale in inglese "pace," trad. mia.

41 Originale in inglese "magnitude of change," trad. mia.

UTILIZZI

- **Enfatizzare la posizione:** evidenziare l'esistenza di un fenomeno in una posizione specifica. In questo caso una variabile dinamica (durata) rafforza solamente le variabili visive (dimensione, colore, ecc.) che costituiscono il simbolo. Siccome la visione umana è molto sensibile al cambiamento, un simbolo che lampeggia⁴² sulla rappresentazione è molto più empatico rispetto a un elemento con luminosità costante.
- **Enfatizzare un attributo:** le variabili dinamiche e le variabili visive possono essere combinate per enfatizzare attributi o relazioni tra attributi delle dimensioni dei dati rappresentati.
- **Visualizzare il cambiamento:** le variabili dinamiche possono essere utilizzate per mostrare fenomeni che cambiano nel tempo e nello spazio, per rivelare pattern spazio-temporali inattesi. DiBiase et al. individuano tre tipi di cambiamento che possono essere visualizzati con mappe dinamiche: cambiamento spaziale (passaggio ravvicinato), cambiamento cronologico (serie temporali) e cambiamento dell'attributo (ri-espressione).
 - ↘ **Cambiamento spaziale:** come in un sorvolo, il punto di vista dell'osservatore cambia gradualmente. DiBiase et al. annotano che nel 1991 Rhein Gold descrisse "Un passaggio ravvicinato in un modello visivo in scala 1:1 con cui l'osservatore può interagire" con il nome di "realità virtuale"
 - ↘ **Cambiamento cronologico:** sequenze di serie temporali sono in genere costruite da scene campionate a intervalli secondo l'intervallo della serie, viste in ordine cronologico con frequenza costante. In alternativa, il tempo può anche essere trattato in maniera ciclica, con valori aggregati raffigurati per posizioni nel circuito. La presentazione di una sequenza di scene in ordine cronologico è intuitivo, tanto che DiBiase et al. definiscono questo utilizzo un "utilizzo realistico del tempo" perché trova riscontro nelle aspettative della maggioranza degli osservatori.
 - ↘ **Cambiamento di attributo:** la ri-espressione riguarda il cambiamento della maniera di manifestare un attributo e viene utilizzata per denotare rappresentazioni grafiche alternative di cui è cambiata la struttura secondo delle trasformazioni dei dati originali.

42 Il flicker è una variabile studiata separatamente dalla durata in tassonomie successive.

L'utilizzo delle variabili dinamiche per rappresentare il cambiamento di attributo può generare un sottoinsieme di sequenze temporali (**evidenziare**⁴³) e può alterare l'ordine (**riordinamento**) e il ritmo (**passo**) delle sequenze.

43 Originale in inglese: "brushing." Concetto ripreso anche da Bartram 2001 e Bartram, Ware, Calvert 2002 successivamente.

L'intervento di Alan M. MacEachren preserva le tre variabili descritte da DiBiase et al. e arricchisce la tassonomia di tre nuove variabili: **momento di rappresentazione**⁴⁴, **frequenza**, **sincronizzazione**.

VARIABILI VISIVE DINAMICHE

- **Durata**
- **Magnitudo di cambiamento**
- **Ordine**
- **Momento di rappresentazione:** descrive quando viene avviato nella rappresentazione il cambiamento di un simbolo. È la posizione temporale del cambiamento nella sequenza dell'animazione.
- **Frequenza:** descrive il rapporto tra stati diversi identificabili per unità di tempo del movimento del simbolo, detta anche **texture temporale**. Così come per le variabili visive statiche la texture spaziale è un rapporto tra due dimensioni, la frequenza temporale è un rapporto tra due durate (da scena a scena, da fase a fase, confrontate con l'unità di tempo).
- **Sincronizzazione:** descrive la corrispondenza di fase del movimento del simbolo.

44 Originale in inglese "display date," trad. mia.

La ricerca di Lyn Bartram et al. studia il ruolo del movimento all'interno delle rappresentazioni di informazione, così come il suo utilizzo possa essere utilizzato per evidenziare e filtrare la visualizzazione. Con le loro pubblicazioni introducono una distinzione tra quelli che chiamano "stimoli visivi del movimento" e quelle che invece possono essere considerate variabili per la codifica del dato.

STIMOLI VISIVI DEL MOVIMENTO

- **Durata:** descrive la quantità di tempo per cui il movimento deve persistere affinché esso abbia effetto.
- **Interferenza:** avviene se uno stimolo inibisce o aumenta la ricerca visiva di un altro stimolo.
- **Tipologia:** è un attributo del movimento che ne caratterizza il comportamento.

La **tipologia** del movimento viene inoltre analizzata da Bartram su più livelli. Tutte queste caratteristiche possono essere utilizzate come variabili per codificare i dati:

- **Oscillazione:** descrive il cambiamento di posizione periodico durante il quale il simbolo è sempre visibile. Il movimento di oscillazione è caratterizzato da:
 - ↳ **Ampiezza:** descrive l'estensione del movimento sullo spazio della rappresentazione.
 - ↳ **Frequenza:** descrive il passo del periodo di movimento, ovvero la quantità di tempo che il simbolo impiega per compiere un ciclo completo di oscillazione e tornare alla posizione iniziale.
 - ↳ **Forma:** descrive il percorso tracciato dal movimento del simbolo. La forma del movimento si può distinguere inoltre in:
 - ↳ **Semplice:** il movimento tracciato è lineare o circolare. Anche il cambiamento della forma per espansione o contrazione uniforme fanno parte dell'oscillazione di forma semplice.

- ↘ **Complessa:** il movimento tracciato è divergente, ovvero non segue un percorso lineare semplice. Anche il cambiamento di forma non uniforme per deformazione fa parte dell'oscillazione di forma complessa.
- ↘ **Direzione:** descrive l'orientamento angolare del movimento del simbolo.
- **Coerenza:** descrive la sincronia tra frequenza e fase del movimento quando sono usate in modo congiunto.

UTILIZZI

Gli utilizzi del movimento all'interno della rappresentazione di informazioni secondo Bartram et al. sono in primis quelli oggetto diretto della loro ricerca, ovvero:

- **Filtrare:** è il processo di rimuovere (ignorare) attributi e oggetti di dati irrilevanti, ciò che non è importante per l'analisi che vuol essere fatta sulla rappresentazione.
- **Evidenziare:** interazione di selezione di un sottoinsieme di dati, di solito tramite l'uso del colore. Al contrario dell'operazione di filtraggio, che rimuove dei dati dalla rappresentazione, evidenziare porta in primo piano informazione aggiuntiva sovrapponendo un livello di dati rifinito, come la connessione tra gli elementi, sopra alla struttura esistente.

Inoltre, un set aggiuntivo di utilizzi scoperti nei loro studi riguardano:

- **Consapevolezza⁴⁵**
- **Transizione**
- **Descrizione funzionale⁴⁶**
- **Enfasi**
- **Espressione**
- **Rappresentazione del cambiamento**
- **Diretta visualizzazione dei dati**
- **Associazione**

45 Originale in inglese "awareness," trad. mia.

46 Originale in inglese "functional description," trad. mia.

Successivamente, Connie Blok inizia a sistematizzare le tassonomie finora discusse. Il risultato è una catalogazione razionale delle variabili dinamiche, basata sulla relazione che intercorre tra le stesse.

VARIABILI DINAMICHE PER LA VISUALIZZAZIONE

Variabile base

→ **Momento di rappresentazione**: è la variabile che abilita la percezione delle altre variabili dinamiche.

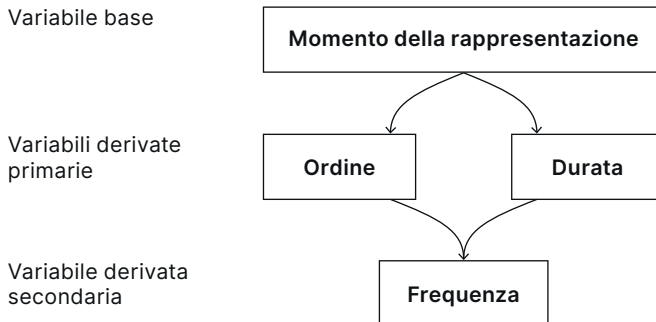
Variabili derivate primarie

→ **Ordine**

→ **Durata**

Variabile derivata secondaria

→ **Frequenza**: deriva dalle caratteristiche delle variabili di *ordine* e *durata*. Blok segnala anche che la frequenza può essere usata per ottenere il movimento di **flicker**.



EFFETTI DEL MOVIMENTO

La tassonomia di Blok descrive anche gli effetti implicati dall'utilizzo delle variabili dinamiche per la visualizzazione di dati, di cui i designer devono tenere conto durante la progettazione. Questi sono:

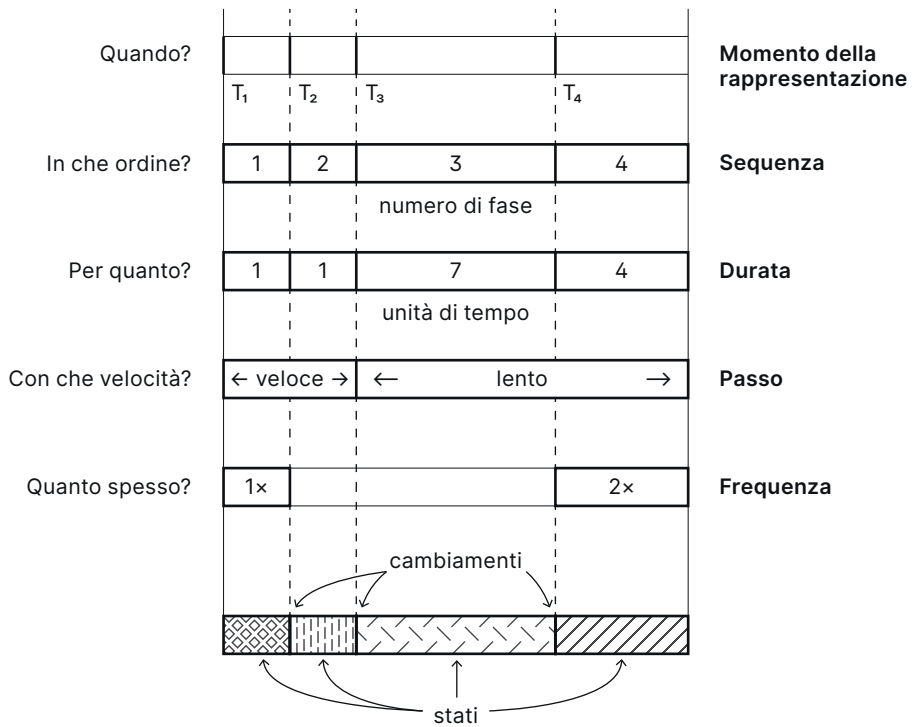
- **Magnitudo di cambiamento:** mantiene la definizione delle tassonomie precedenti, tuttavia non è considerata una variabile dinamica bensì un effetto dell'utilizzo delle altre variabili dinamiche. Infatti, la magnitudo di cambiamento per Blok non dipende solo dalle decisioni del designer o ai dati sottostanti: è influenzata dalle interazioni delle variabili dinamiche dell'animazione, come la durata, il ritmo, ecc.
- **Sincronizzazione:** è la corrispondenza di fase delle animazioni dei simboli della rappresentazione. Blok considera la sincronizzazione un effetto del **tuning**, ovvero la regolazione del momento di rappresentazione volta a sincronizzare le animazioni.

UTILIZZI

Per quanto concerne gli utilizzi delle variabili dinamiche per la visualizzazione, Blok fa una distinzione basata sulla natura dei dati sottostanti. Le variabili possono essere utilizzate per rappresentare:

- **componenti temporali dei dati**, per cui si ottengono animazioni basate sulla sequenza temporale e simulano la realtà;
- **aspetti non-temporali dei dati**, per cui si ottengono animazioni non basate sul tempo. Le variabili dinamiche in questo caso sono usate per la rappresentazione sequenziale di altre componenti dei dati, che possono essere spaziali o di attributi, o per differenti rappresentazioni grafiche dei dati.

Un'ulteriore organizzazione studiata da Blok assegna una variabile dinamica per la visualizzazione a una domanda a cui essa risponde all'interno dell'animazione. Questo parallelismo non riguarda necessariamente i dati da agganciare alle variabili ma piuttosto il significato che il movimento suggerisce attraverso le variabili utilizzate.



Isabel Meirelles distingue le rappresentazioni visive che hanno una struttura spaziale stabile, ovvero che non sono legate al tempo, dalle formazioni visuali⁴⁷ che invece dipendono dal tempo perché la loro forma cambia nel tempo.

Le formazioni visuali di Meirelles sono costituite da due parti:

le proprietà tradizionali relative agli attributi visivi dell'elemento base (forma, scala, orientamento, posizione, colore, texture) e l'unità ritmica⁴⁸, cioè la variabile legata al tempo.

UNITÀ RITMICA

→ **Ritmo:** descrive la velocità in cui i cambiamenti sono implementati nella rappresentazione. L'unità ritmica costituisce la variabile con la quale il movimento viene implementato nella visualizzazione dei dati. È l'unità base della *formazione visuale* e abilita la dimensione temporale di una rappresentazione visiva.

L'unità ritmica è inoltre definita dalle seguenti proprietà:

Proprietà spaziali sono proprietà legate alla modifica delle qualità spaziali degli attributi:

↘ **Origine:** descrive i cambiamenti dall'origine spaziale degli attributi di tonalità e orientamento.

Proprietà temporali, sono proprietà legate alla dimensione temporale della rappresentazione:

↘ **Punto di partenza:** descrive il momento specifico in cui la trasformazione viene avviata.

↘ **Durata:** descrive il periodo in cui la trasformazione viene completata; i cambiamenti di durata sono una conseguenza di velocità diverse.

47 Originale in inglese "visual formations," trad. mia. Meirelles si riferisce con questo termine alle forme visuali che sono animate.

48 Originale in inglese "rhythmic unit," trad. mia.

Proprietà cinetiche, sono proprietà legate alla dimensione spazio-temporale, perciò dipendono dalle altre due proprietà:

- ↳ **Velocità**
- ↳ **Ampiezza**
- ↳ **Punto di riferimento**

Il ritmo infine è costituito da due parti:

- **Ciclo**: ricorrenza periodica in cui le variabili sono integrate e coordinate.
- **Intervallo**: periodo di tempo che intercorre tra le ripetizioni dei cicli.

Lo studio sperimentale congiunto di Daniel E. Huber e Christopher G. Healey ha l'obiettivo di analizzare tre proprietà percettive del movimento, flicker, direzione e velocità, per comprendere in che modo esse possano essere applicate alla visualizzazione dei dati. L'apporto innovativo della loro ricerca sta nell'individuare per la prima volta quali sono le soglie di differenza appena percettibile (→ vedi **Approfondimento 2.3**) per suddette dimensioni percettive del movimento, fornendo infine delle linee guida per il loro utilizzo.

PROPRIETÀ PERCETTIVE DEL MOVIMENTO

- **Flicker**: descrive la ripetizione di un pattern acceso-spento ripetuto applicato a un'immagine o a un oggetto. Normalmente viene misurato come la frequenza di ripetizioni in cicli al secondo. Nella serie di esperimenti eseguiti da Huber e Healey, sono state testate tre differenti condizioni:
 - ↳ **Durata di ciclo**: descrive la durata del ciclo del simbolo in millisecondi. Questa misura è servita per verificare se diverse durata di ciclo producono diverse interpretazioni da parte dell'osservatore.
 - ↳ **Differenza di ciclo**: descrive in valore assoluto la differenza tra la durata di ciclo del simbolo studiato e la durata di ciclo degli elementi di sfondo. Huber e Healey hanno utilizzato questa condizione per determinare quale fosse la differenza di durata di ciclo minima necessaria per generare un flicker percettibile rispetto al contesto.
 - ↳ **Coerenza**: si verifica se i simboli che hanno stessa durata di ciclo sono in fase oppure no. Quando il flicker è coerente, gli elementi con la stessa durata di ciclo si accendono e si spengono insieme.
- **Direzione**: vale la descrizione fornita da Bartram et al.: descrive l'orientamento angolare del movimento del simbolo. Tuttavia Huber e Healey aggiungono che la direzione può essere studiata separatamente su due condizioni:
 - ↳ **Direzione di moto**: descrive la direzione del movimento del simbolo, misurato in gradi in senso antiorario dall'asse orizzontale.

- ↘ **Differenza di moto:** descrive in valore assoluto la differenza tra la direzione di moto del simbolo studiato e la direzione di moto degli elementi di sfondo. Huber e Healey hanno utilizzato questa condizione per determinare quale fosse la differenza angolare minima necessaria per generare una direzione percettibile rispetto al contesto.
- **Velocità:** descrive lo spazio percorso dal simbolo nell'unità di tempo. Come per la direzione, anche gli esperimenti per testare la velocità sono stati studiati su più componenti:
 - ↘ **Velocità del simbolo:** descrive la velocità con cui il simbolo cambia posizione.
 - ↘ **Differenza di velocità:** descrive in valore assoluto la differenza tra la velocità di moto del simbolo studiato e la velocità di moto degli elementi di sfondo. Huber e Healey hanno utilizzato questa condizione per determinare quale fosse la differenza di angolo visivo sotteso (→ vedi **Approfondimento 3.2**) minimo necessario per generare una velocità percettibile rispetto al contesto.

Huber e Healey individuano inoltre altre due proprietà del movimento di ordine superiore e ne riconoscono la loro potenzialità per codificare dati. Tuttavia, riconoscendone la complessità, per la scarsa letteratura disponibile in merito non sono stati in grado di affrontarle al pari di flicker, direzione e velocità. Queste sono:

- × **Accelerazione**
- × **Percorso di moto non lineare**

UTILIZZI

- **Riconoscimento di pattern di alto livello**, ad esempio con il raggruppamento ottenuto con il flicker.
- **Lettura e analisi di dettaglio**, in particolare nella rappresentazione di flussi.

In uno studio congiunto tra i dipartimenti di Computer Science, Arte e Design, Ingegneria Biomedica e Fisioterapia dell'Università del Minnesota, Coffey et al. analizzano la rappresentazione dei dati con il movimento in relazione alla sua struttura. La loro tassonomia differisce da tutte quelle precedentemente esposte in questa tesi, e anche le successive, perché non è composta da una lista di variabili, ma da una matrice che interseca **“scelte progettuali per il tempo”** e **“scelte progettuali per lo spazio.”** Per entrambi i due gruppi, le scelte di progettazione prevedono tre modalità alternative di implementazione:

- **Interattiva**
- **Animata**
- **Statica**

Per le scelte riguardanti il tempo, l'interazione può essere quella di azionare o fermare l'animazione, che altrimenti sarebbe automatica.

L'interazione con lo spazio della rappresentazione riguarda invece la possibilità di ruotare o riposizionare gli elementi. Le varie soluzioni proposte da Coffey et al. sono schematizzate in figura.

SPACE	TIME		
	Interactive	Animated	Static
Interactive	Interactive camera Interactive timeline	Interactive camera Animated timeline	Interactive camera Multiple times in one scene
Animated	Auto camera motion Interactive timeline	Auto camera motion Animated timeline	Auto camera motion Multiple times in one scene
Static	Multiple camera views in one scene Interactive timeline	Multiple camera views in one scene Animated timeline	Multiple camera views in one scene Multiple times in one scene

In una pubblicazione del 2007, Stephen Few riconosce che vi sono delle caratteristiche visuali che sono significative per mostrare il cambiamento nel tempo. Esse non sono legate ancora al movimento come dimensione della rappresentazione e riguardano solo le visualizzazioni statiche. Tuttavia ho deciso di includere questa parte di letteratura in quanto trovo che sia propedeutica alla comprensione del contesto esplorativo e frammentario del tema affrontato.

Few afferma che i pattern di cambiamento nel tempo sono formati principalmente dalla combinazione di quattro caratteristiche:

- **Magnitudo di cambiamento:** descrive la differenza tra le misure di ciò che è rappresentato in due punti nel tempo.
- **Forma del cambiamento:** descrive il percorso del valore di ciò che varia nel tempo, può essere verso l'alto o verso il basso, verso destra o verso sinistra, o entrambi.
- **Velocità di cambiamento:** descrive la velocità o il passo con cui avviene il cambiamento.
- **Direzione di cambiamento:** identificabile con la linea di tendenza di una rappresentazione.

Un'altra importante differenza tra questa catalogazione di Few e la letteratura precedente, è che qui le "caratteristiche" visuali non si riferiscono al metodo di codifica del dato bensì alla rappresentazione finale che riceve l'osservatore. Le inferenze di cambiamento finora descritte da Few sono infatti relative all'aspetto visivo del grafico che ci permette di leggerle, perciò non sono presenti nella rassegna delle variabili cinetiche in questa tesi.

Nel 2016, con una nuova pubblicazione, Few dedica un nuovo studio più approfondito alla percezione visiva della variazione in una rappresentazione di dati per mostrare il cambiamento nel tempo. Il suo lavoro si concentra solo sulla codifica quantitativa dei dati e riguarda principalmente le variabili visive statiche. Ciò nonostante include due "attributi del movimento" che secondo lui possono essere utilizzati per codificare informazioni.

ATTRIBUTI DEL MOVIMENTO

- **Direzione 2D**: descrive la direzione su cui si muove un oggetto, su un piano bidimensionale.
- **Velocità**: descrive la velocità a cui si muove un oggetto, indipendentemente dalla direzione.

Irene de la Torre insieme a Pedro Cruz propongono una nuova tassonomia in grado di spiegare i ruoli del movimento nella visualizzazione dei dati. Il loro apporto alla letteratura è simile al tentativo del presente elaborato di tesi ma con obiettivi progettuali differenti: mentre io propongo una razionalizzazione delle variabili dinamiche e delle linee guida di come implementarle nella rappresentazione, de la Torre e Cruz si concentrano sul catalogare gli aspetti comunicativi del movimento.

TASSONOMIA DELLE APPLICAZIONI DEL MOVIMENTO NELLA VISUALIZZAZIONE DATI

De la Torre e Cruz prendono come riferimento la tassonomia di Bartram, ritenendo che sia la più esauriente tra tutte quelle raccolte, e classificano nuovamente gli utilizzi precedentemente identificati in quattro implementazioni del movimento:

- **Dati come movimento:** il movimento è utilizzato per la rappresentazione quantitativa dei dati, attraverso le tre dimensioni di **flicker**, **direzione** e **velocità**, così come descritte da Huber e Healey (**HUBER, HEALEY 2005**). Citando uno studio di Hans Wallach (**WALLACH 1965**), de la Torre e Cruz sostengono che la percezione del movimento può essere più ricca in quanto l'occhio vede gli spostamenti quando la relazione tra la forma e i suoi dintorni cambiano. Viene distinto inoltre:
 - ↳ **Codifica diretta dei dati:** descrive la codifica di dati che sono basati su tempo e posizione. Se un attributo del dato varia nel tempo, il corrispondente attributo visivo deve variare con un tasso di cambiamento relativo nello spazio della visualizzazione che sia allineato con quello del dato.
 - ↳ **Codifica indiretta dei dati:** descrive la codifica di dati che non sono basati su tempo e posizione. Attraverso la codifica indiretta dei dati, un attributo che non sia la posizione può essere mappato al cambiamento di una variabile visiva o alla velocità con cui il simbolo si muove nella visualizzazione.

- **Movimento come interpolazione dei dati:** in una rappresentazione in cui i dati sono discreti o hanno un tasso di rappresentazione basso, l'animazione risulta scattosa. Se i dati devono apparire con un cambiamento continuo, può esserci la necessità di costruire un'interpolazione tra gli stati dei dati. L'interpolazione si ottiene con un algoritmo che conferisce una risoluzione maggiore ai dati, in maniera che una volta animati, il loro cambiamento da uno stato all'altro appaia continuo.
- **Movimento come espediente per lo storytelling:** il movimento ha lo scopo di guidare l'osservatore nella lettura della visualizzazione. Le transizioni non solo fanno in modo che gli spostamenti siano dolci, ma rendono anche l'utente cosciente di tutti i cambiamenti che accadono nella rappresentazione. Il movimento utilizzato come espediente per lo storytelling ha anche il vantaggio di comunicare le relazioni di causa-effetto tra gli elementi o i diversi stati degli elementi, come i cambiamenti di colore, forma, posizione, dimensione, ecc. Questa tipologia di implementazione raggruppa gli utilizzi del movimento identificati da Bartram (Bartram 2001) di consapevolezza, transizione, descrizione funzionale ed enfasi.
- **Movimento come seduttore⁴⁹:** mentre le tre categorie precedenti sono strettamente legate ai dati e alla loro narrazione, con questa implementazione de la Torre e Cruz mettono l'attenzione sull'importanza estetica ed espressiva del movimento nella visualizzazione. Il movimento con lo scopo di sedurre l'osservatore va usato per rinforzare il messaggio della visualizzazione, e con cautela, perché se esplorato in modo eccessivo può confondere gli utenti ed oscurare l'informazione rappresentata.

49 Originale in inglese "motion as captivator," trad. mia.

Interpretazione e razionalizzazione della letteratura esistente

Avendo indagato la letteratura in merito alla rappresentazione dei dati attraverso l'implementazione del movimento, avendo analizzato le tassonomie proposte dagli autori studiati in questa ricerca di tesi e avendo contestualizzato i presupposti della percezione visiva del movimento, propongo una nuova tassonomia delle variabili cinetiche. Essa costituisce un primo passo verso una sintesi e una razionalizzazione dei lavori accademici e di sperimentazione fin qui descritti, volta al consolidamento dello stato dell'arte in uno strumento coeso che possa essere utilizzato per la progettazione di codifica del dato sul canale del movimento. La tassonomia esplora ed identifica le tipologie di utilizzo delle variabili cinetiche e le linee guida per una loro corretta implementazione. L'intenzione è quella di produrre un supporto per i professionisti di questa disciplina per esplorare ed esprimere il potenziale comunicativo della visualizzazione dei dati attraverso la dimensione cinetica. Il movimento è risultato non essere un semplice vezzo aggiuntivo, ma un dispositivo molto ricco che *contribuisce* alla semantica della visualizzazione. In questo contesto, il movimento può anche essere usato come dispositivo retorico con stimoli figurativi che sono in relazione con il tema trattato dai dati (DE LA TORRE, CRUZ 2017).

L'aspetto estetico ed espressivo del movimento costituisce una componente importante per l'implementazione dell'empatia nella visualizzazione di dati.

La ricerca sostiene che in questo modo il senso di coinvolgimento degli osservatori aumenta (**WARE 1996**). Infine, la tassonomia non nega le tassonomie precedenti ma le racchiude in un framework più ampio e inclusivo. Partendo dagli *elementary building blocks* cinetici e compresi i loro comportamenti, è stato possibile costruire la tassonomia delle variabili cinetiche e le annesse linee guida. Le variabili sono state riorganizzate in categorie rispetto alla dimensione in cui agiscono: sono raccolte in **variabili cinetiche legate al tempo** (momento di rappresentazione, durata, ordine, frequenza, flicker), **variabili cinetiche legate allo spazio** (direzione, velocità, ampiezza, oscillazione, forma) e **variabili cinetiche legate all'aspetto**. All'interno di questi gruppi, vi sono alcune variabili derivate, ovvero che dipendono dall'utilizzo di quella base o di quelle primarie, per cui senza quelle di partenza non si può avere quelle derivate.

Una nuova sezione descrive le **proprietà delle variabili cinetiche** (fase, sincronia, coerenza, ciclo, intervallo, ritmo, passo, magnitudo di cambiamento, interferenza) che i simboli acquisiscono con l'animazione e che possono essere calibrati per ottenere effetti semantici differenti. A tutte le variabili estratte dalla letteratura, ho aggiunto la **rotazione** come caso particolare di direzione, ampiezza e forma del movimento, per cui ho individuato altri due parametri (direzione di rotazione, velocità di rivoluzione) che ne regolano il comportamento. In coda sono allegate due variabili cinetiche che seppur ne sia riconosciuta l'esistenza (accelerazione e moto non lineare), restano al momento escluse dalla tassonomia perché non sufficientemente esplorate per la codifica dei dati.

Una nuova tassonomia delle variabili cinetiche

VARIABILI CINETICHE LEGATE AL TEMPO

Variabile base

- **Momento di rappresentazione:** descrive quando il cambiamento di un simbolo viene avviato nella rappresentazione; è la posizione temporale del cambiamento nella sequenza dell'animazione. È anche la variabile che abilita la percezione delle altre variabili cinetiche.

Variabili derivate primarie

- **Durata:** descrive il numero di unità di tempo con cui l'animazione del simbolo si completa. I cambiamenti di durata sono una conseguenza derivata dall'applicazione di *velocità* diverse. Può essere necessaria una durata minima per cui il movimento deve persistere affinché esso sia percepito o abbia effetto.
- **Ordine:** descrive il criterio di successione di presentazione degli stati del simbolo. L'ordine può seguire una logica di sequenza cronologica delle scene associata a dati temporali del dataset (codifica diretta dei dati); in alternativa le scene possono essere ordinate con la variazione di un attributo (codifica indiretta dei dati). La variazione dell'ordine potrebbe implicare l'utilizzo e la taratura dell'interpolazione dei valori rappresentati per ottenere un'animazione continua piuttosto che discreta.

Variabili derivate secondarie

- **Frequenza:** descrive il rapporto tra stati diversi identificabili per unità di tempo del movimento del simbolo, detta anche **texture temporale** o **risoluzione temporale**. Così come per le variabili visive statiche la texture spaziale è un rapporto tra due dimensioni, la frequenza temporale è un rapporto tra due durate (da stato a stato, da fase a fase, confrontate con l'unità di tempo). Deriva dalle variabili cinetiche di *durata* e *ordine*.
- **Flicker:** descrive la ripetizione di un pattern acceso-spento ripetuto applicato a un'immagine o a un oggetto. Normalmente viene misurato come *frequenza di ripetizioni* in cicli al secondo.

VARIABILI CINETICHE LEGATE ALLA POSIZIONE

Variabili base

- **Direzione:** descrive l'orientamento angolare del movimento del simbolo nello spazio della rappresentazione.
- **Velocità:** descrive lo spazio percorso dal simbolo nell'unità di tempo, misurato in angolo visivo per unità di tempo. La velocità con cui il simbolo cambia posizione, indipendentemente dalla direzione.

Variabili derivate primarie

- **Ampiezza:** descrive l'estensione del movimento sullo spazio della rappresentazione, misurato in angolo visivo. Il valore viene mappato sull'intervallo di angolo visivo che determina gli estremi del cambio di posizione del simbolo durante l'animazione.
- **Oscillazione:** descrive il cambiamento di posizione periodico che avviene su una traiettoria rigida. Si differenzia dal flicker in quanto durante l'oscillazione il simbolo è sempre visibile e la dimensione variata è la posizione, mentre nel flicker la dimensione variata è il tempo con il momento di rappresentazione.
- **Forma:** descrive il percorso tracciato dal simbolo in movimento. Deriva dall'applicazione di *direzione* e *velocità*. La forma del movimento si può distinguere inoltre in:
 - ↘ **Semplice:** se il movimento tracciato è lineare o circolare. Anche il cambiamento della forma per espansione o contrazione uniforme fanno parte dell'oscillazione di forma semplice.
 - ↘ **Complessa:** il movimento tracciato è divergente, ovvero non segue un percorso lineare semplice. Anche il cambiamento di forma non uniforme per deformazione fa parte dell'oscillazione di forma complessa.

Variabile derivata secondaria

- **Rotazione:** descrive il movimento ottenuto dalla combinazione di variazione di direzione, ampiezza nulla e forma circolare del movimento. La rotazione può a sua volta variare su due parametri distinti, **direzione di rotazione** e **velocità di rivoluzione**, che è possibile usare in maniera indipendente per codificare due dimensioni dei dati diverse, anche se è consigliato che le due dimensioni siano legate da una relazione significativa.
 - ↘ **Direzione di rotazione:** descrive la variazione in senso orario o antiorario dell'orientamento angolare di *direzione*.
 - ↘ **Velocità di rivoluzione:** descrive la *frequenza* con cui una rivoluzione viene completata e la sua variazione. Un incremento di velocità di rivoluzione comunica un incremento del valore rappresentato e viceversa, una velocità di rivoluzione ridotta comunica un valore ridotto.

VARIABILE CINETICA LEGATA ALL'APPARENZA

- **Aspetto:** descrive la variazione dello stato del simbolo che non riguarda la dimensione temporale o spaziale. È il cambiamento dei valori codificati con le variabili visive di *colore*, *trasparenza*, *definizione*, *texture*, *forma*. La variazione dell'aspetto potrebbe implicare l'utilizzo e la taratura dell'interpolazione dei valori rappresentati per ottenere un'animazione continua piuttosto che discreta.

VARIABILI ESCLUSE DALLA TASSONOMIA

- × **Accelerazione:** descrive la rappresentazione dei valori tramite la variazione della velocità dell'attributo, che può essere la posizione o un altro attributo visivo.
- × **Moto non lineare:** riferito alla forma del movimento, descrive la rappresentazione dei valori con una traiettoria del simbolo cinetico di natura complessa, come una linea curva o spezzata, o una deformazione non ortogonale.

VARIABILI CINETICHE LEGATE AL TEMPO

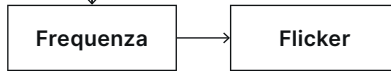
Variabile base



Variabili derivate primarie



Variabili derivate secondarie

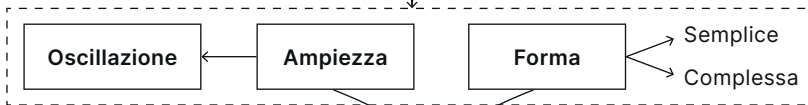


VARIABILI CINETICHE LEGATE ALLA POSIZIONE

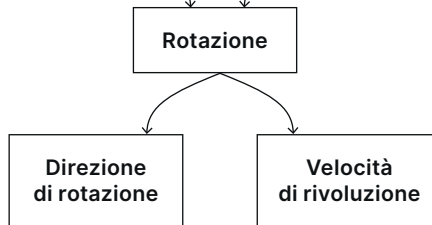
Variabile base



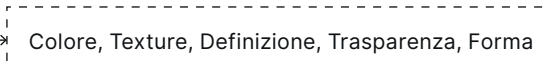
Variabili derivate primarie



Variabili derivate secondarie



VARIABILI CINETICHE LEGATE ALL'APPARENZA



PROPRIETÀ DELLE VARIABILI CINETICHE

- **Fase:** descrive il periodo che intercorre tra il *momento di rappresentazione* e un particolare istante durante lo svolgersi del fenomeno periodico.
- **Sincronia:** descrive la corrispondenza di *fase* del movimento dei simboli. La regolazione del *momento di rappresentazione* volta a sincronizzare le animazioni è detta **tuning**.
- **Coerenza:** descrive la *sincronia* tra frequenza e fase del movimento quando sono usate in modo congiunto.
- **Ciclo:** descrive la ricorrenza periodica in cui le variabili sono integrate e coordinate.
- **Intervallo:** descrive il periodo di tempo che intercorre tra le ripetizioni dei cicli.
- **Ritmo:** riguarda l'utilizzo congiunto di *ciclo* e *intervallo*. La variazione della *durata* di una scena ha riscontri sul ritmo dell'animazione.
- **Passo:** ha diretta influenza sulla variabile dell'*oscillazione*, è la quantità di tempo che il simbolo impiega per compiere un ciclo completo e tornare alla posizione iniziale.
- **Magnitudo di cambiamento:** descrive la quantità di cambiamento per unità di tempo della posizione e degli attributi dell'elemento visuale tra scene. La magnitudo di cambiamento varia sia con le dinamiche del fenomeno originale, sia con l'intervallo di campionamento usato per generare le singole scene prima dell'animazione. Inoltre, è influenzata dalle interazioni delle variabili cinetiche dell'animazione, come la durata, il ritmo, ecc.
- **Interferenza:** avviene se uno stimolo inibisce o aumenta la ricerca visiva di un altro stimolo.

Utilizzo applicativo della tassonomia

Un compendio indispensabile a supporto della tassonomia è la guida all'utilizzo delle variabili cinetiche. Le seguenti indicazioni emergono dalle sperimentazioni degli autori citati finora. Come per la tassonomia, anche qui il mio compito è stato quello di raccogliere e sintetizzare i risultati e le istruzioni relative all'uso delle variabili, attingendo dalla letteratura scientifica analizzata. Le linee guida sono organizzate fornendo prima le sperimentazioni con i relativi risultati e poi i suggerimenti di utilizzo del movimento dedotti.

Il movimento è una delle caratteristiche che più attira l'attenzione visiva dell'essere umano, specialmente quando ha luogo nella periferia del campo visivo (WARE 2013). Questa caratteristica rende il movimento una buona tecnica per segnalare cambiamenti sullo schermo (BARTRAM 1997). Studi sulla visualizzazione dei dati hanno portato ad affermare che il movimento può tuttavia distrarre e trasmettere solo una quantità limitata di informazione; mentre altre ricerche deducono che l'implementazione del movimento può portare a carichi cognitivi più leggeri e ad un completamento di compiti di comparazione in tempi più brevi (DE LA TORRE, CRUZ 2017), può portare all'identificazione di pattern (LIMOGES ET AL. 1989), gruppi e sottoinsiemi attraverso le funzioni di filtraggio e raggruppamento (BARTRAM, WARE 2002) e può contribuire alla trasmissione di emozioni e di impressioni estetiche (BARTRAM, NAKATANI 2010).

Numerosi studi hanno riscontrato che le persone possono vedere il movimento *relativo* con grande sensibilità. Ad esempio, i contorni o i confini di una regione possono essere percepiti con precisione all'interno di campi di punti randomici se definiti soltanto con movimento differenziale (WARE 2013). La sensibilità umana a tali pattern cinetici si scontrano con la nostra sensibilità verso i pattern statici (WARE 2013); questo suggerisce che il movimento sia un metodo sottoutilizzato per la rappresentazione di pattern nei dati. Per gli scopi di rappresentazione visiva dei dati, possiamo trattare il movimento come un attributo di un oggetto visuale, tanto quanto consideriamo dimensione, colore e posizione essere attributi di un oggetto (WARE 2013, P.229).

Nei loro esperimenti, Limoges, Ware e Knight valutano l'uso del movimento per abilitare le persone alla percezione di *correlazioni* tra variabili (LIMOGES ET AL. 1989). Il movimento è studiato per aumentare, migliorare ed integrare una rappresentazione a scatterplot, facendo oscillare i punti orizzontalmente, verticalmente o in entrambe le direzioni, rispetto a un punto centrale. L'esperimento è stato condotto per scoprire se la **frequenza**, la **fase** o l'**ampiezza** del movimento del punto sono più facilmente letti. I risultati mostrano che i dati mappati sulla fase sono percepiti meglio: tanto efficaci quanto rappresentazioni con tecniche più convenzionali, come l'uso di dimensione dei punti o dell'intensità del colore. Lo stesso risultato viene raggiunto da Bartram et al., i quali suggeriscono l'uso di movimenti con fase coerente

per il raggruppamento. Gli oggetti con movimento fuori fase diventano immediatamente evidenti (**BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**).

I contributi sperimentali analizzati indagano obiettivi diversi, dall'accuratezza della lettura del dato e il tempo di risposta (**BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**), al visualizzare i dati in un modo che sia percettivamente saliente e che minimizza la quantità di informazione mostrata sullo schermo usata per rappresentare i dati, in particolare la direzione e la velocità di flussi (**HUBER, HEALEY 2005**).

Gli esperimenti Bartram, Ware e Calvert si concentrano sulla **direzione** (**BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**). Successivamente Huber, Healey ed Enns (**HUBER, HEALEY 2005; HEALEY, ENNS 2012**) studiano tre proprietà percettive del movimento: **flicker**, **direzione di moto** e **velocità di moto**. Il loro obiettivo è comprendere come applicare queste proprietà per rappresentare i dati all'interno di una visualizzazione. I risultati mostrano che tutte e tre le proprietà possono codificare diversi valori dei dati, ma una minima differenza visiva (**→ vedi Approfondimento 2.3: La differenza appena percettibile**) è necessaria per assicurare il riconoscimento degli oggetti in modo rapido e accurato.

Gli esperimenti di Huber e Healey hanno inoltre permesso di stabilire una gerarchia delle variabili cinetiche per la codifica di dati quantitativi. La loro indagine ha misurato quanto ogni stimolo cinetico generasse distrazione per l'osservatore.

Il **flicker** distrae di meno, seguito dall'**oscillazione**, poi dalla **divergenza** e infine dai movimenti su lunga distanza, quelli che distraggono maggiormente.

DIREZIONE

I primi esperimenti di Bartram, Ware e Calvert trovano che le differenze angolari più efficaci sono comprese tra 45° e 135° , e aggiungono che una differenza di 90° risulta particolarmente saliente perché direzioni ortogonali sono percepite in maniera *pre-attentive*.

Huber e Healey approfondiscono quanto sperimentato da Bartram e colleghi, seguendo le loro indicazioni per proseguire il loro lavoro con studi più approfonditi (BARTRAM ET AL. 2002). Nuove sperimentazioni confutano le precedenti, sostenendo che il movimento in certe direzioni, come quelle ortogonali a 0° e a 90° , non sono più facili da distinguere. Studi precedenti sulle rappresentazioni statiche indicano che serve una differenza di rotazione di almeno 15° per distinguere la differenza di orientamento dei glifi. I risultati di Huber e Healey sono simili per la direzione di moto e la differenza necessaria per distinguere gli oggetti target dagli elementi di sfondo: la differenza di direzione deve essere di almeno 20° .

Huber e Healey riportano inoltre che altri risultati di Hohnsbein e Mateeff indicano che la direzione del movimento degli oggetti visuali può essere notata in seguito alla percezione di cambiamento di velocità che essi producono.

FLICKER

L'intermittenza visiva dell'oggetto visuale deve avere una frequenza inferiore alla cosiddetta frequenza di flicker critica (*critical flicker frequency*, CFF), che è la ripetizione a cui le immagini devono essere ridisegnate per apparire continue. La CFF standard è considerata a 60 cps (cicli per secondo) ma questo numero può variare in base al colore, la luminosità o la dimensione dell'oggetto mostrato. Può avere un impatto su questa misura anche l'eccentricità dell'elemento, ovvero la distanza in angolo visivo (**→ vedi Approfondimento 3.2: L'angolo visivo**) dal punto di fuoco dell'osservatore all'oggetto.

I risultati indicano che la frequenza deve variare tra il 2 e il 5% per produrre una differenza di flicker distinguibile. Tuttavia, più gli oggetti si allontanano dal fuoco dell'attenzione, la differenza può aumentare drasticamente, anche del 100% o più quando la frequenza e l'eccentricità sono molto alte. In definitiva i risultati di Huber e Healey stabiliscono che la differenza di frequenza del flicker deve essere pari ad almeno 120 millisecondi.

Inoltre, i risultati ottenuti permettono di osservare che differenti frequenze di flicker sono facilmente riconoscibili quando il flicker è coerente. Il flicker non coerente invece risulta molto difficile da vedere e impedisce al sistema visivo di distinguere gruppi di elementi. In queste condizioni, gli elementi sembrano avere intermittenze casuali e il fatto che la loro lunghezza di ciclo può essere (o non essere) identica non è più apparente.

Anche Driver et al. ottengono conclusioni simili, e determinano che l'**oscillazione** coerente risulta saliente, mentre l'oscillazione non coerente è molto difficile da leggere (DRIVER ET AL. 1992).

VELOCITÀ

Huber e Healey riportano da studi precedenti di Van Doorn e Koenderink che velocità iniziali elevate producono una risposta più immediata al cambiamento di velocità. Questo è dovuto al fatto che l'oggetto cinetico deve attraversare una distanza critica prima di essere rilevato dal sistema visivo, perciò se l'oggetto è più veloce, coprirà la distanza critica in un tempo minore. Studi successivi di Mateeff et al. trovano che per una velocità target che è il doppio della velocità iniziale, sono necessari circa 100 msec per vedere il cambiamento di velocità per una velocità iniziale lenta (1° di angolo visivo al secondo) e circa 50 msec per una velocità iniziale più veloce (2° di angolo visivo al secondo o più).

La sperimentazione si è concentrata sul test di quattro differenti velocità: 10, 18, 26 e 34 pixel al secondo, che corrispondono rispettivamente ad angoli visivi sottesi di 0,27°, 0,49°, 0,70° e 0,92°. Indagini precedenti hanno rilevato che velocità di 1° o maggiore sono facilmente percepite.

I risultati determinano che anche alla velocità di 0,27° al secondo il movimento può essere notato rapidamente. In più, il movimento su direzioni diverse non è più facile o più difficile da individuare. Una differenza di velocità di 0,22° (8 pixel

al secondo) non è sufficiente per differenziare oggetto target dagli elementi di sfondo. La differenza di velocità di moto deve essere di almeno $0,43^\circ$ dell'angolo visivo sotteso.⁵⁰

Infine, una linea guida di Ware —il quale cita la ricerca di Dzhabariov et al., *Detection of changes in speed and direction of motion: Reaction time analysis*, del 1993— raccomanda di utilizzare un movimento compreso tra $0,5$ e 4° al secondo di angolo visivo, quando applicato alla visualizzazione dei dati (WARE 2013).

Come accennato precedentemente, Huber e Healey sperimentarono l'utilizzo del movimento per la rappresentazione di flussi. In particolare per aumentare la direzione del flusso e per visualizzare la velocità corrispondente, animando ogni punto (HUBER, HEALEY 2005). Quando elementi adiacenti hanno la stessa direzione di moto e la stessa velocità, e la stessa posizione relativa all'interno del loro blocco, si crea l'impressione di una sequenza di movimento continua. Healey e Huber utilizzano queste variabili a scala continua per rappresentare categorie. Nello specifico, individuano 18 categorie codificate sulla direzione del flusso, con incremento di 20° ciascuna, e 6 categorie codificate sulla velocità del flusso, da 0, 10, 18, 26, 34, 42 pixel per secondo. Questi intervalli garantiscono differenze percettivamente distinguibili tra ogni intervallo. Tra i risultati del loro esperimento

50 Nota dell'autore: la differenza di velocità del cambiamento delle altre variabili visive (colore, luminosità, forma, texture) non è ancora stato studiato a sufficienza per poterne stabilire un valore di riferimento.

riportano che gli utenti hanno espresso apprezzamento per le abilità di gerarchizzazione di questa tecnica, che ha permesso loro di identificare rapidamente pattern di alto livello e poi condurre un'analisi più nel dettaglio dei singoli flussi alla base.

In indagini parallele, Bartram et al., Huber e Healey, Ware e De la Torre sostengono che movimenti piccoli, brevi e semplici sono sufficienti per ottenere l'effetto di "far saltare fuori" degli oggetti in una rappresentazione affollata, anche se questi sono visivamente diversi in tutto fuorché i loro pattern di movimento (BARTRAM, WARE, CALVERT 2002). La corrispondenza di forma risulta più importante della corrispondenza di colore quando gli esseri umani percepiscono il movimento (DE LA TORRE 2017). L'applicazione del movimento ad un simbolo statico, inoltre, lo rende molto più facile da riconoscere in confronto al cambiamento del colore o della forma del simbolo (HUBER, HEALEY 2005). Queste conclusioni restano valide sia se il simbolo si trova al centro del fuoco dell'utente sia quando il simbolo è localizzato alla periferia del campo visivo di osservazione (WARE 2013).

Bartram et al. indagano l'utilizzo del movimento nella visualizzazione dei dati per **filtrare, raggruppare** ed **evidenziare** alcuni elementi della rappresentazione (→ vedi **Tassonomia di Bartram / Bartram Ware Calvert**). Per quanto riguarda il raggruppamento degli elementi, è consigliato che la proprietà visiva utilizzata per codificare l'attributo rilevante sia il più evidente possibile. Inoltre è sconsigliato

che tale proprietà possa mascherare altri codici e movimenti nella rappresentazione e non dovrebbe nemmeno ostacolare la consultazione del sottoinsieme selezionato (**BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**). Altre indicazioni fornite, facendo riferimento alla Teoria della Similarità (**→ vedi Teoria 3: Similarity Theory**), indicano che se ci sono differenze molto alte tra gli oggetti non-target (N-N), allora la differenza cinetica tra oggetti target e non-target (T-N) deve essere molto marcata, così che le proprietà usate per il raggruppamento possano separare in modo sostanziale e pre-attentive gli oggetti target dagli oggetti non-target.

Rispetto all'**ampiezza** del movimento, Bartram et al. suggeriscono di utilizzare l'estensione spaziale minima in grado di raggiungere il risultato desiderato, per questioni di economia (**BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**). Non individuano una soglia specifica per il valore di ampiezza massimo o minimo da implementare, per cui ulteriori sperimentazioni sono necessarie.

Bartram studia la forma del movimento. Movimenti semplici, come l'oscillazione lineare su un punto, sono processate in maniera pre-attentive. Movimenti più complessi non vengono distinti in modo pre-attentive (BARTRAM 2001). Bartram cita l'esperimento di Braddick e Holliday, del 1987, in cui sono investigati dei movimenti composti: divergenza e deformazione, che includono diverse proprietà di movimenti semplici. Divergenza e deformazione sono composti da quattro pattern cinetici: compressione, espansione, deformazione orizzontale-

verticale e deformazione verticale-orizzontale. I test per la divergenza prevedevano che l'oggetto target si espandesse e gli oggetti di disturbo si comprimessero, e viceversa. I test per la deformazione prevedevano che dei rettangoli cambiassero forma in modo variabile da corti e larghi ad alti e stretti. Nessuna di queste forme composte complesse sono state distinte in modo pre-attentive, il che implica che per il compito di filtro visivo sono preferibili movimenti di forma semplice, possibilmente con una frequenza fissa.

Bartram et al. infine affermano che la forma del movimento, piuttosto che la direzione di moto, è l'attributo discriminante più efficace, con la notevole eccezione del movimento con direzione lineare ortogonale, a 0° per l'oggetto target e a 90° per il movimento dell'oggetto di disturbo (**BARTRAM, WARE, CALVERT 2002**).

—

Limiti di utilizzo delle variabili cinetiche

Dagli studi di sperimentazione citati emergono anche dei limiti di applicazione per utilizzare il movimento nella visualizzazione dei dati. Huber e Healey fanno notare che nonostante l'uso di flicker, direzione e velocità si sia svolto secondo le loro aspettative, sono apparse delle interazioni tra le proprietà. Ad esempio, alcune frequenze di flicker facevano interferenza con il rilevamento di pattern cinetici di direzione o velocità (**HUBER, HEALEY 2005**). Lo stesso tipo di interferenza visiva

esiste tra le proprietà statiche di texture e colore. Ulteriori sperimentazioni sono necessarie per classificare questi effetti in un modo che ci permetta di minimizzarli o evitarli nella progettazione di visualizzazioni multidimensionali.

Bartram et al. appuntano che a parte il movimento ortogonale, ci sono solo pochi studi che possono guidare la progettazione con la differenziazione cinetica. Gli esperimenti citati di Braddick con i movimenti congiunti enfatizzano la necessità di una comprensione più chiara sui modi in cui le proprietà del movimento ed i movimenti complessi interagiscono e influenzano la discriminazione di movimenti diversi.

—

Linee guida di applicazione

- G1** Movimenti piccoli, brevi e semplici sono sufficienti per essere notati. Per economia visiva, è consigliato il movimento minimo in grado di raggiungere correttamente l'obiettivo di rappresentazione del dato.
- G2** La differenza di movimento tra oggetti target e altri oggetti, che talvolta possono essere in movimento ma totalmente estranei, deve essere sufficientemente elevata. Se questa condizione non si verifica, gli oggetti cinetici estranei all'analisi con temporizzazioni (frequenza, fase, ciclo) e percorsi (direzione, forma) simili saranno erroneamente associati visivamente.

- G3** I movimenti in fase (flicker e oscillazione) devono essere coerenti per essere percepiti correttamente e riconosciuti come gruppi.
- G4** La direzione di moto e la differenza necessaria per distinguere gli oggetti target dagli elementi di sfondo deve essere di almeno 20° di angolo visivo.
- G5** La velocità utilizzata per codificare i dati deve essere compresa tra 0,5° e 4° al secondo di angolo visivo. La differenza minima di velocità tra oggetti diversi deve essere di almeno 0,43° di angolo visivo per poter essere distinte.
- G6** La frequenza del flicker deve essere pari ad almeno 120 millisecondi.
- G7** La forma di moto è dominante rispetto ad ampiezza e fase del movimento. Va considerato che la forma semplice è percepita in modo *pre-attentive*, mentre le forme complesse no.

Considerazioni finali e approfondimenti

La sintesi qui proposta che include una nuova tassonomia e le linee guida per l'implementazione delle variabili cinetiche nella visualizzazione dei dati rappresenta un primo passo e, seppur considerando nel modo più ampio la letteratura disponibile, non copre l'argomento in modo esaustivo. Questo

lavoro offre un'introduzione alle considerazioni più importanti basate sulla percezione, che possono servire come una collezione di linee guida per decisioni di progettazione. Seguendo queste indicazioni, i designer possono rappresentare le informazioni e le loro variazioni in modo accurato e percettivamente accessibile.

Sperimentazione progettuale: Building Hopes

Contestualizzazione del progetto: il mio ruolo, Accurat e Google News Initiative

La ricerca teorica affrontata in questa tesi ha trovato campo di prova in Building Hopes, un progetto altamente sperimentale commissionato da Google News Initiative⁵¹ ad Accurat⁵², dove lavoro come Data Visualization Designer. Il progetto si inserisce in una serie di collaborazioni che Google News Initiative porta avanti con realtà terze con l'obiettivo di utilizzare i dati delle ricerche effettuate su Google dalle persone di tutto il mondo per riuscire a dire qualcosa sulla società. Google infatti gestisce lo strumento Google Trends⁵³ che raccoglie i dati delle ricerche

51 Precedentemente conosciuto con il nome "Google News Lab." Sito web: newsinitiative.withgoogle.com

52 Accurat è uno studio di design dell'informazione con sedi a Milano e a New York. Sito web: www.accurat.it

53 Sito web: trends.google.com

effettuate sul suo motore di ricerca a partire dal 2004 ad oggi. I dati sono esplorabili con granularità molto diverse, dai minuti dell'ultima ora agli anni, ma anche geograficamente, permettendo di analizzare dove si è concentrato l'interesse per la ricerca di un particolare termine.

Il progetto si inserisce inoltre in un contesto globale di insicurezza politica e sociale, di rassegnazione e disillusione per il futuro che ci aspetta. L'intenzione è quella di usare i dati di Google Trends per misurare il livello di speranza che le persone hanno rispetto a tematiche specifiche e metterle in un contesto. Il progetto indaga se sia vero che stiamo diventando inevitabilmente sempre più pessimisti e rassegnati o se questo momento di incertezza invece stia innescando nuova coscienza, attivismo e speranza generale per il nostro ruolo nella società.

L'ambizione del progetto è quella di spostare il focus sulla speranza e riuscirci per mezzo dei dati. Oggi le nostre azioni sono mediate da strumenti digitali ed il loro utilizzo produce un'enorme quantità di dati. Basta pensare a quanto usiamo il motore di ricerca di Google, considerato ormai un bene di prima necessità che interroghiamo 63mila volte al secondo⁵⁴ —circa 5,6 miliardi di ricerche al giorno— per farci un'idea della dimensione dei dataset che contribuiamo a costruire. Building Hopes è quindi un progetto per riportare questi dati alle persone che in primo luogo li hanno generati.

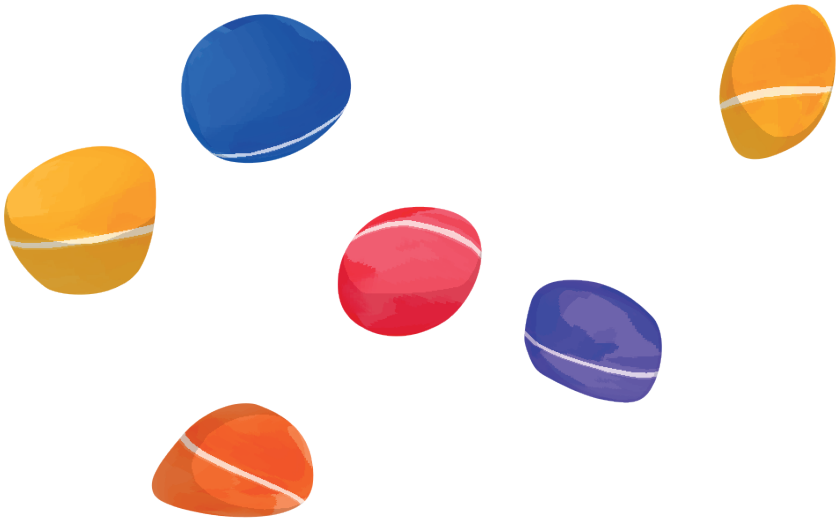
54 *Seotribunal*. <https://seotribunal.com/blog/google-stats-and-facts/>

Il mio ruolo all'interno del progetto è stato quello di risolvere le modalità con cui i dati sono rappresentati e comunicati.

La natura sperimentale del progetto si è rivelata un'ottima occasione per testare l'applicazione delle variabili cinetiche studiate e organizzate nella tassonomia (→ vedi **Una nuova tassonomia delle variabili cinetiche**).

In quanto designer della comunicazione, il mio compito è stato anche quello di colmare il gap tra il tema astratto della speranza e la restituzione di conoscenza analitica dei dati.

Lo sviluppo del brief di progetto ha seguito due assi cardine: la visualizzazione dei dati delle ricerche su Google, sfruttando le modalità di rappresentazione con il movimento attraverso le variabili cinetiche, e il tema della speranza, comunicato tramite la componente empatica implementata con il movimento.



La soluzione progettuale mette al centro le persone. In una prima parte dell'esperienza, viene chiesto loro di rispondere a delle domande riguardo a tematiche e idee per le quali hanno speranza oppure no (come politica, economia, cambiamento climatico, scienza, medicina, ecc.) In questo modo per ogni utente l'esperienza diventa unica e personalizzata, perché tramite la selezione delle idee che rispecchiano i propri interessi, i dati vengono letti attraverso un punto di vista personale. L'impostazione secondo questa logica è molto diversa da un approccio più analitico per cui all'utente verrebbero presentati i dati tutti insieme in maniera secca e impersonale. In una seconda parte, le loro risposte sono confrontate e viene loro restituito un feedback visivo immediato, associato ai dati storici di Google Trends per posizionare le risposte in un più ampio contesto globale.

L'output finale è il sito web buildinghop.es ed è stato progettato *mobile-first* accompagnato dalla versione desktop. Il vincolo della progettazione per dispositivi mobili ha giocato un ruolo fondamentale nelle scelte di interazione ed esperienza utente. Le *gesture* sono la modalità principale per la navigazione dell'applicazione web e di interazione con i contenuti. In aggiunta, visto l'entusiasmo riscontrato a Google durante la collaborazione e la voglia di sperimentazione costante in Accurat, il progetto è stato espanso alla progettazione di una versione in realtà aumentata (AR) come App nativa per i dispositivi iOS e Android. L'applicazione è stata sviluppata e rilasciata al pubblico ed è ora disponibile per l'installazione sui rispettivi negozi, App Store e Play Store.



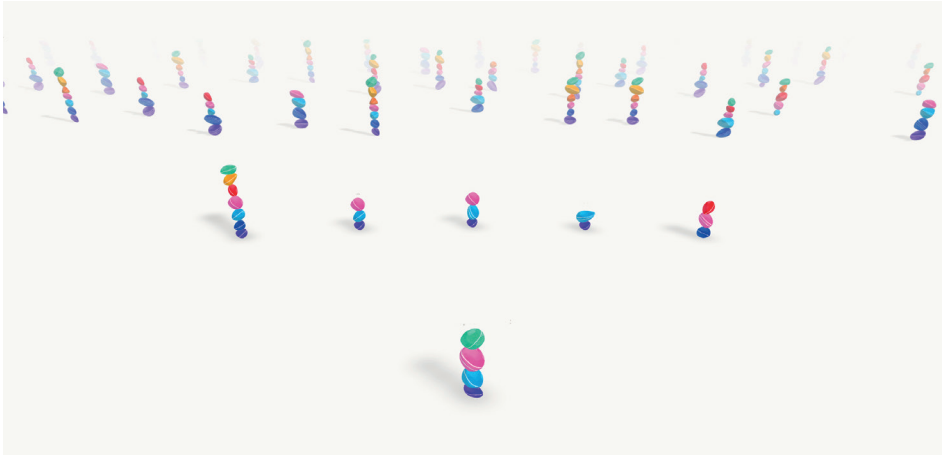


FIGURA 4.1 - Vista di confronto nella versione desktop di Building Hopes.

Limiti e possibilità

I referenti di Google News Initiative con i quali mi sono interfacciato durante lo svolgimento del progetto sono stati Simon Rogers, giornalista e redattore dei dati a Google, e Alberto Cairo, professore all'Università di Miami di giornalismo visivo basato sui dati e consulente di visualizzazione dati. La comunicazione è avvenuta per email e videoconferenze, purtroppo con difficoltà da parte di Google News Initiative di mantenere un ritmo con cadenza regolare. Questo ha comportato un allungamento delle tempistiche del progetto ma ha anche permesso di elaborare il concept e sperimentare ulteriormente.

Il limite principale riscontrato riguarda i dati. Seppur potenzialmente molto interessanti, i dati di Google Trends non sono molto ricchi. Per prima cosa, il valore che riguarda la quantità di ricerche effettuate su Google non è assoluto ma relativo a una scala che va da 0 a 100. Ciò significa che è possibile confrontare due termini di ricerca solo se misurati insieme sulla scala, mentre studiarli separatamente con un confronto differenziale non è significativo. Il confronto invece è sensato se eseguito temporalmente a livello di andamento, ovvero indagare se in un certo periodo c'è stato un cambiamento di crescita o decrescita del trend. Un'altra dimensione disponibile per i dati di Google Trends è la regione geografica in cui sono state effettuate le ricerche.

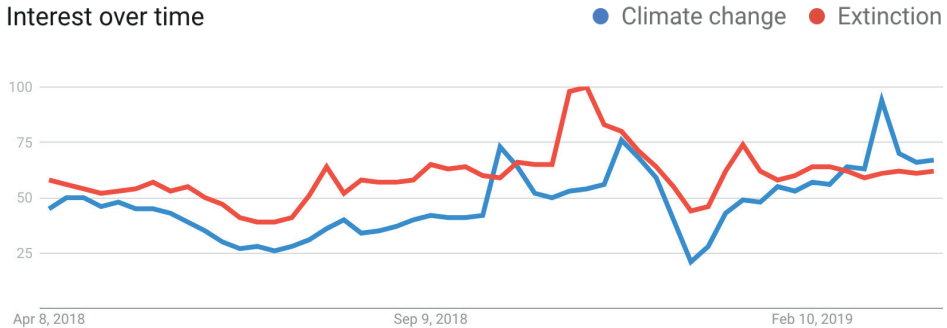


FIGURA 4.2 - Esempio di risultato per “Climate Change” e “Extinction” su Google Trends.

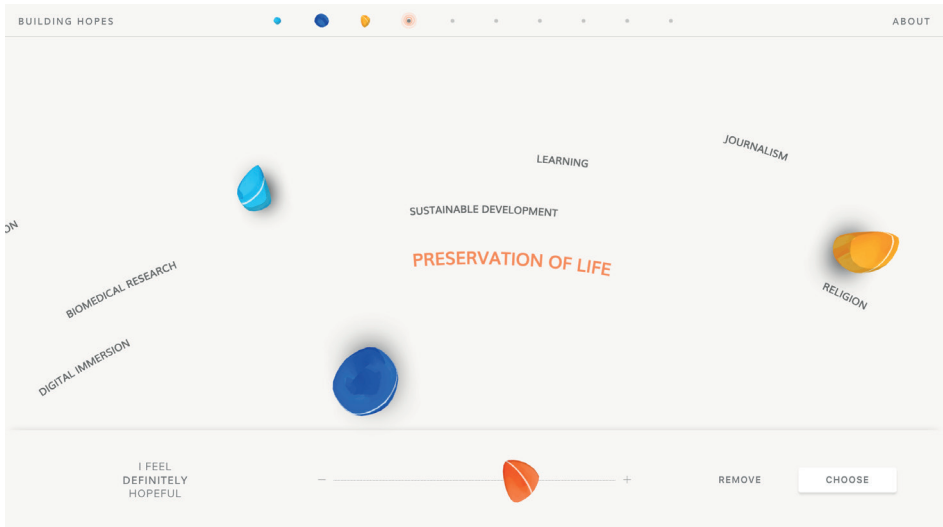


FIGURA 4.3 - Schermata di selezione delle entità all’inizio dell’esperienza di Building Hopes, versione desktop.

Per intenzione progettuale, visto il contesto all’interno del quale è stato concepito Building Hopes, le domande poste alle persone-utenti interrogano la sfera personale e tematiche sociali più complesse, in un assortimento che cerca di rendere indistinguibile i temi specifici per mettere il focus sul sentimento della speranza. Le tematiche che volevamo toccare sono state inizialmente identificate in politica (relazioni internazionali, rappresentazione, pace, disobbedienza civile, immigrazione), famiglia, educazione e lavoro, economia (povertà, crescita, inclusione, ineguaglianza, commercio), religione, cambiamento climatico (effetti, cause, energia verde, regolamentazioni),

sviluppo scientifico (ricerca medica, prevenzione e cure delle malattie, scoperta di farmaci, esplorazione dello spazio), oroscopo, arte. Successivamente queste tematiche sono state sintetizzate in otto categorie: Cultura, Educazione, Politica, Economia, Natura e Scienza, Benessere, Tecnologia, Medicina.

La definizione dei termini di ricerca, detti “entità” su Google Trends, ha richiesto molto tempo. Dopo diverse iterazioni e confronti con il team di Google News Initiative, le 40 entità definitive sono state estratte dalla lista dei termini più cercati su Google nell’anno 2018. In questo modo, con la supervisione di Simon Rogers, i contenuti delle visualizzazioni sono stati scelti con un criterio redazionale giornalistico coerente e unico. Tutte le entità sono state inoltre smistate nelle 8 categorie a gruppi di 5, in maniera da avere un corpus di dati omogeneo.

Libertà progettuale e sperimentazione

Di particolare interesse per la discussione di questa tesi, è l’implementazione delle variabili cinetiche all’interno del progetto per visualizzare i dati con empatia. Accurat ha da sempre dimostrato interesse per lo sviluppo di nuovi linguaggi per la rappresentazione dei dati⁵⁵ e Google News Initiative è caratterizzata dalla forte sperimentazione

⁵⁵ Vedi i lavori dei primi anni di attività dello studio in collaborazione con La Lettura per il Corriere della Sera.

nel campo, con la non banale qualità di potersi permettere importanti investimenti per finanziare ricerca e sviluppo. In queste circostanze ho trovato l'occasione ideale di sperimentazione e libertà progettuale per applicare la mia tassonomia delle variabili cinetiche e testarla sul campo in condizioni di utilizzo reali.

La sinergia che ho trovato nei tre vertici in cui mi sono posizionato per sviluppare questo lavoro ha funzionato molto bene. Ci tengo a sottolineare che una situazione progettuale simile non è affatto scontata: spesso ci si deve confrontare con budget limitati che per forza di cose dettano il ridimensionamento del concept di progetto e tempistiche molto brevi. Durante il periodo esplorativo e di ricerca, ho ricevuto pieno supporto da parte del mio relatore Michele Mauri di DensityDesign, dai miei colleghi e superiori in Accurat e ho riscontrato un forte interesse verso questo approccio alla visualizzazione dei dati anche da parte di Google News Initiative. Questa tesi e l'ottima accoglienza del prodotto finito ne sono una testimonianza. Riguardo a Google, per registrare l'entusiasmo rilevato, ho proposto un'intervista ad Alberto Cairo per avere un suo commento personale sulle tematiche toccate dal progetto e dalla tesi. L'intervista è allegata in fondo al capitolo (→ [vedi Intervista con Alberto Cairo](#)) insieme a delle riflessioni di commento personali.

Durante lo svolgimento del progetto, in uno stadio abbastanza avanzato in cui la fase di progettazione era pressoché ultimata, grazie a una discussione con Simon Rogers e Alberto Cairo,

abbiamo introdotto un nuovo input di sviluppo: la realtà aumentata (AR). Dal punto di vista del design, l'implementazione dell'AR ha significato un modo per dare ancora più importanza alle componenti cinetiche. Questa aggiunta ha dato vita ad una riflessione sulle tecniche e le tecnologie che si possono utilizzare una volta che le variabili di codifica dei dati appropriate sono state scelte, per potenziare e migliorare lo scopo del progetto. Tale riflessione non viene affrontata in questa tesi ma costituisce sicuramente un'ottima occasione di discussione ed espansione della ricerca affrontata.



FIGURA 4.4 - Versione in realtà aumentata di Building Hopes.

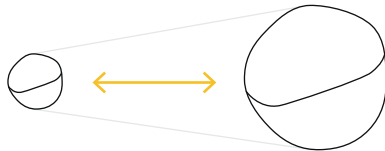


FIGURA 4.5 - Scultura di dati creata all'interno di Building Hopes.

Applicazione e collaudo della tassonomia

La sperimentazione diretta mi ha permesso di collaudare la tassonomia attraverso l'applicazione delle variabili cinetiche al progetto per la visualizzazione empatica dei dati. Seppur la tassonomia richiederebbe un progetto molto più complesso o addirittura più progetti per l'implementazione di tutte le variabili cinetiche di cui è composta, Building Hopes mi ha permesso di testare le seguenti: forma, aspetto (cambio di orientamento), rotazione, oscillazione, direzione. Per ognuna riporto un breve caso di applicazione con le relative considerazioni. Nel progetto, il movimento è stato utilizzato anche per le transizioni e la navigazione dell'interfaccia. Le seguenti valutazioni riguardano l'utilizzo esclusivo per la codifica dei dati.

FORMA



Il movimento dell'oggetto con la variabile della *forma semplice* di espansione e contrazione è utilizzato in due parti concatenate. Nella prima parte del prodotto che riguarda la selezione delle entità, l'utente può indicare la quantità

di speranza che ripone nella entità selezionata. Ciò avviene tramite interazione diretta sull'oggetto rappresentante l'entità: con un trascinamento a destra o a sinistra, l'oggetto si espande (indica molta speranza) o si contrae (indica poca speranza) rispettivamente. Il dato codificato non deriva da Google Trends ma è generato dall'utente e farà parte dell'esperienza nella seconda fase.

In un secondo momento, quando l'utente completa la selezione delle entità, gli oggetti appartenenti alla stessa categoria, rappresentati dallo stesso colore, si uniscono in un oggetto che cresce in dimensione, si espande, in base al numero delle entità che rappresenta proporzionato al valore di speranza associato ad ogni entità precedentemente. Attraverso la dimensione raggiunta, gli oggetti mostrano quanta speranza l'utente ripone nelle varie categorie selezionate.

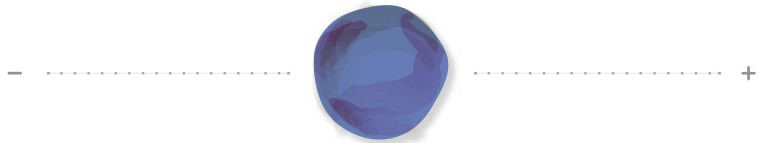
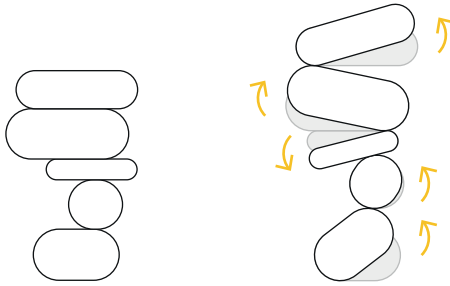


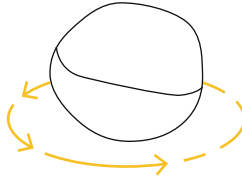
FIGURA 4.6 - Design dell'implementazione della variabile cinetica Forma per visualizzare il valore della speranza degli utenti.

ASPETTO: CAMBIO DI ORIENTAMENTO

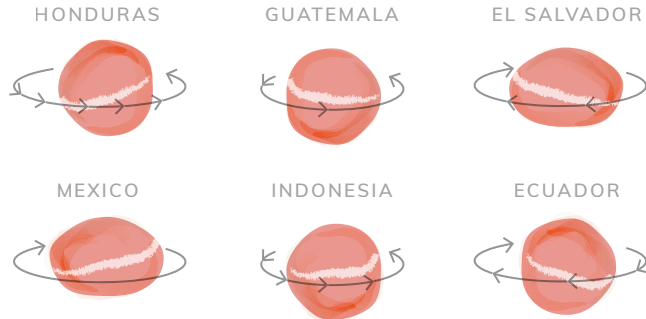
Il cambio di orientamento è stata una idea iniziale per implementare il valore di Google Trends negli oggetti. Il tentativo prevede l'utilizzo del movimento per modificare l'orientamento degli oggetti partendo da un asse orizzontale che viene inclinato in senso orario o antiorario conformemente a quanto il valore dei dati mostrasse incremento o decremento nel tempo. A livello di codifica, visivamente è una soluzione che funziona. Tuttavia, l'implementazione ha mostrato dei problemi in quanto la *forma* degli oggetti utilizzati non è regolare o non ne è facilmente individuabile l'orientamento con valore "zero." In aggiunta, il posizionamento degli oggetti, impilati uno sopra l'altro, avrebbe compromesso il funzionamento del modello visivo generando troppi casi limite di sovrapposizione. Ho deciso quindi di non procedere per questa strada e la variabile del cambio di orientamento non è stata utilizzata.

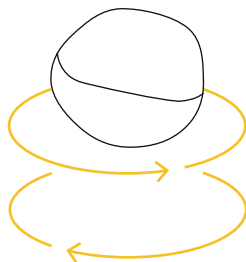
FIGURA 4.7 (PAGINA ACCANTO) - Design dell'implementazione della variabile cinetica Rotazione per visualizzare i dati dei Google Trend.

ROTAZIONE



La rotazione è la variabile cinetica più evidente tra tutte quelle utilizzate in Building Hopes. Attraverso la rotazione vengono codificati più valori. Per prima, la *velocità di rivoluzione* dell'oggetto rappresenta il valore di Google Trends dell'entità. Questo valore è sempre compreso tra 0 e 100, ed è mappato sulla velocità di rivoluzione con velocità nulla in corrispondenza di valore del dato 0 e velocità massima in corrispondenza del 100. Velocità di rivoluzione maggiore indica che l'interesse per l'entità nelle ricerche effettuate su Google è maggiore. L'utilizzo di questa variabile si è rivelato molto efficace nella comparazione quantitativa tra oggetti con rotazioni diverse.





Un altro valore è codificato con la *direzione di rotazione*: una rotazione in senso orario rappresenta una crescita del valore del trend, una rotazione in senso antiorario rappresenta una diminuzione del valore del trend nel tempo. La direzione di rotazione associata alla velocità di rivoluzione genera una varietà interessante nell'insieme della rappresentazione perché mantiene la capacità di raggruppamento degli oggetti su due livelli diversi: da una parte vengono raggruppati visivamente tutti gli oggetti che ruotano con velocità di rivoluzione simili, dall'altra vengono raggruppati in due insiemi separati gli oggetti con direzione di rotazione opposta.

L'implementazione della rotazione ha altri due benefici. Il primo riguarda l'utilizzo di una variabile cinetica in aggiunta alle altre variabili visive già implementate, posizione, colore e dimensione, senza oscurarle e senza aggiungere altri elementi visivi che aumenterebbero la complessità di decodifica. Il secondo riguarda l'introduzione del movimento in una rappresentazione che altrimenti risulterebbe asettica. La rotazione rappresenta l'interesse delle persone nelle entità di ricerca su Google

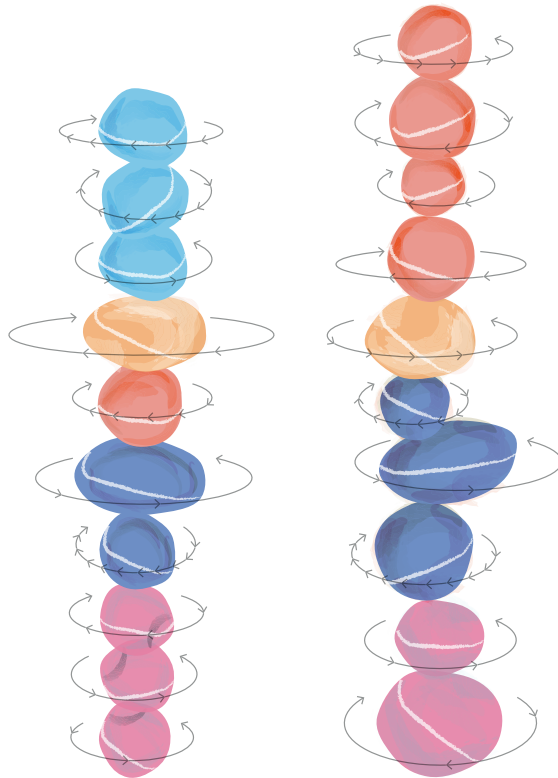


FIGURA 4.8 - Design dell'implementazione della variabile cinetica Rotazione per visualizzare i dati dei Google Trend nelle sculture.

e la varietà che questa genera rispecchia la diversità umana registrata nei dati visualizzati. La rotazione perciò si è rivelato un ottimo mezzo per implementare la componente empatica in questa rappresentazione di informazione.

OSCILLAZIONE



Con l'oscillazione ho esplorato il potenziamento di un grafico classico: il line graph. L'applicazione del movimento riguarda ogni punto dei dati visualizzati sul grafico secondo l'intervallo temporale. Nei miei tentativi, la linea del grafico che mostra l'andamento dei punti nel tempo viene rimossa a favore dell'oscillazione dei suddetti punti. L'intenzione è quella di rappresentare la quantità di interesse per l'entità mostrando più agitazione del punto in corrispondenza del momento temporale in cui l'interesse è più alto; viceversa, mostrare poco movimento sui punti in cui il valore delle ricerche è basso.

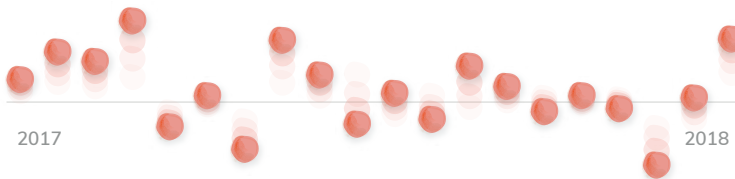
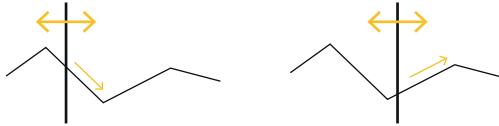


FIGURA 4.9 - Design dell'implementazione della variabile cinetica
Oscillazione per visualizzare i dati del Google Trend.

La sperimentazione ha prodotto dei casi studio interessanti e con diverse varianti. Tutte però falliscono per due motivi: il primo è che il grafico risultante è più difficile da leggere e meno immediato rispetto al modello con la linea statica; il secondo è che l'aggiunta del movimento ad un grafico che normalmente è molto semplice risulta prepotente e caotica, negando di fatto l'obiettivo di una lettura chiara del valore rappresentato. Per questi motivi, l'oscillazione non è stata utilizzata nel progetto ma la sua potenza visiva può sicuramente trovare applicazione appropriata in altri contesti.

DIREZIONE



In seguito al tentativo fallito di utilizzo dell'oscillazione, ho mantenuto il line graph nella sua forma canonica e vi ho aggiunto il movimento attraverso l'interazione. La navigazione del grafico infatti permette all'utente di visualizzare il cambiamento del valore dei dati di Google Trends con lo spostamento dell'indicatore temporale direttamente sul grafico. Spostando l'indicatore a destra o a sinistra, l'utente imposta il momento storico dei dati da visualizzare. Tale cambiamento è inoltre rappresentato dalla variazione della rotazione a cui esso è collegato:

di default, la rotazione dell'oggetto rappresenta il valore dell'indice di interesse dell'entità nel momento storico più recente; quando l'utente si sposta nel tempo, la rotazione dell'oggetto si adatta ai dati selezionati. In questo modo, l'oggetto varia direzione di rotazione e velocità di rivoluzione ogni volta che l'utente naviga il grafico trascinando il cursore.

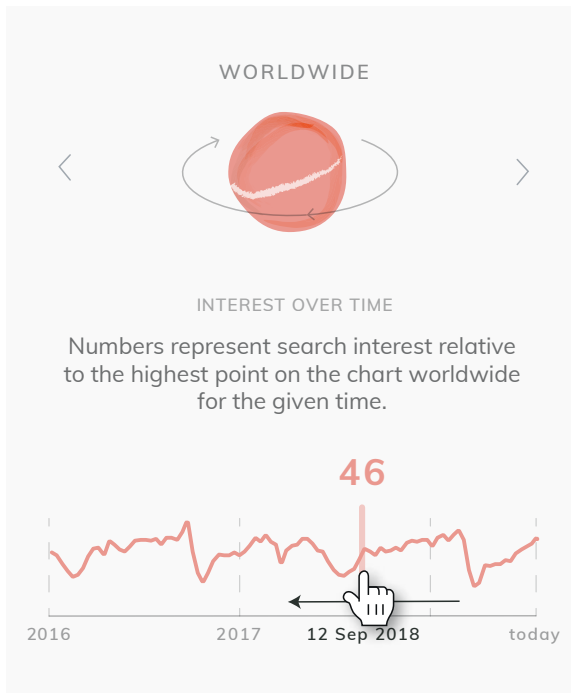


FIGURA 4.10 - Design dell'implementazione della variabile cinetica Direzione per interagire con i dati del Google Trend.

Punti di forza

Il collaudo della tassonomia ha rivelato che essa costituisce uno strumento utile alla progettazione di visualizzazioni di dati con il movimento. L'organizzazione delle variabili cinetiche per dimensioni di appartenenza (spaziale, temporale, legate all'aspetto) è risultata efficiente nella ricerca della variabile appropriata da utilizzare nel contesto del progetto. L'utilizzo delle variabili cinetiche ha anche agevolato l'implementazione della componente empatica, attraverso la concretizzazione del tema della speranza con il movimento delle forme utilizzate. Ho verificato che il movimento riesce a restituire i valori quantitativi in una maniera che considera l'espressione emotiva della rappresentazione, che in questo modo risulta coinvolgente e fa crescere l'interesse dell'utente. È stato possibile creare un'esperienza ricca e interessante nonostante i dati disponibili fossero non molto ricchi. In questo senso Building Hopes può rappresentare anche un esempio di spunto per altri progetti che si scontrano con limitazioni simili.

Debolezze

Le debolezze riscontrate sono proporzionali alla novità del linguaggio utilizzato. Il movimento non è comunemente usato per rappresentare dei dati e per questo motivo non siamo molto abituati ad aspettarci che ciò succeda quando osserviamo

una rappresentazione con elementi cinetici. La lettura del dato non è risultata né automatica né scontata, perciò vi è la necessità di esplicitare l'indicazione di leggere il movimento come dato quantitativo. La navigazione per gesture inoltre non è risultata molto intuitiva e si è resa necessaria l'implementazione di messaggi di aiuto per guidare l'utente nella fruizione del prodotto.

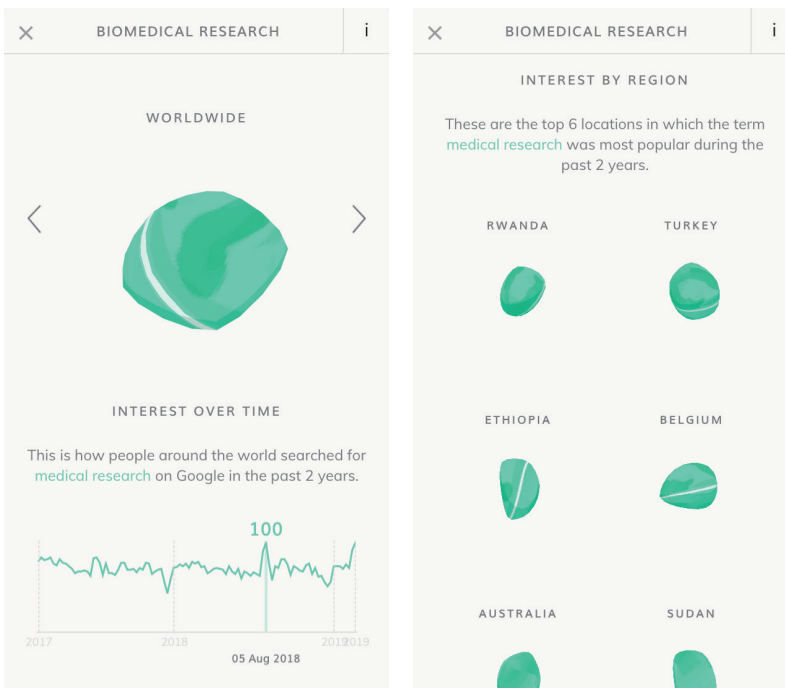


FIGURA 4.11 - Schermate di dettaglio di Building Hopes versione mobile.

Miglioramenti

L'applicazione della teoria ad un progetto reale mi ha permesso di constatare i punti di forza, le debolezze e di apportare in corso degli affinamenti alla tassonomia stessa. Ne è un esempio la variabile della rotazione che è stata introdotta nella tassonomia durante la fase di sperimentazione progettuale. Essa infatti combina altre variabili che sono utilizzate in concomitanza, ma l'effetto visivo generato è talmente distinguibile che ho deciso di renderla una variabile indipendente e a sé stante.

Per quanto riguarda la possibilità di miglioramento della tassonomia delle variabili cinetiche individuo l'aggiunta di casi specifici per ogni variabile in cui ne è sconsigliato l'utilizzo. Questa considerazione nasce in seguito all'esplorazione della variabile dell'oscillazione applicata al line graph. Lo spazio della ricerca di questa tesi si è concluso con la definizione della tassonomia. Un'espansione della stessa con queste indicazioni ne migliorerebbe indubbiamente la qualità e la completezza.

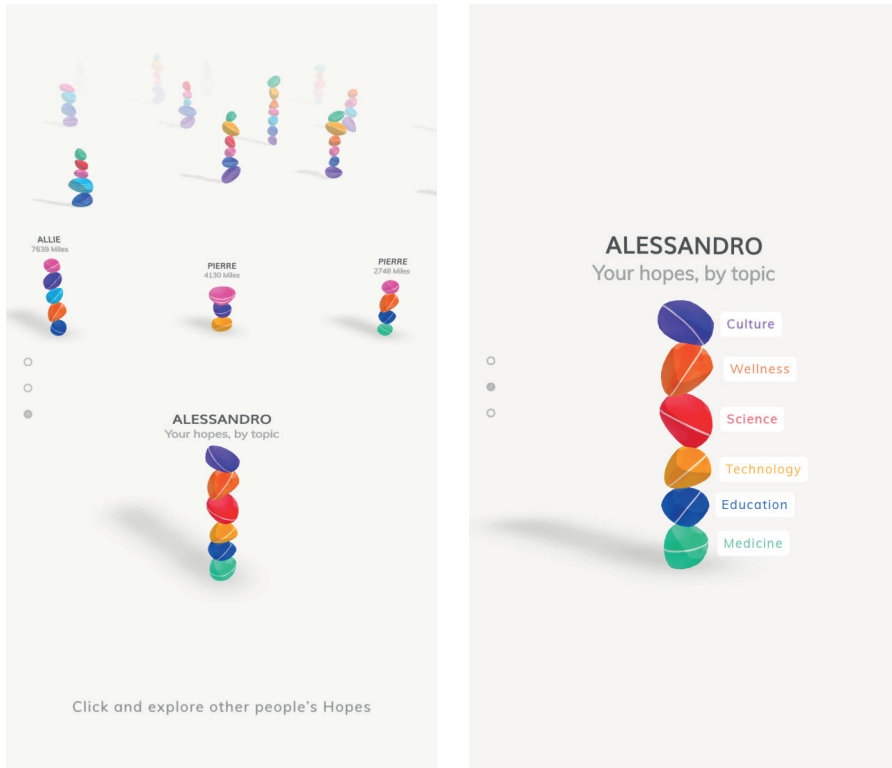


FIGURA 4.12 - Schermata della versione mobile di Building Hopes.

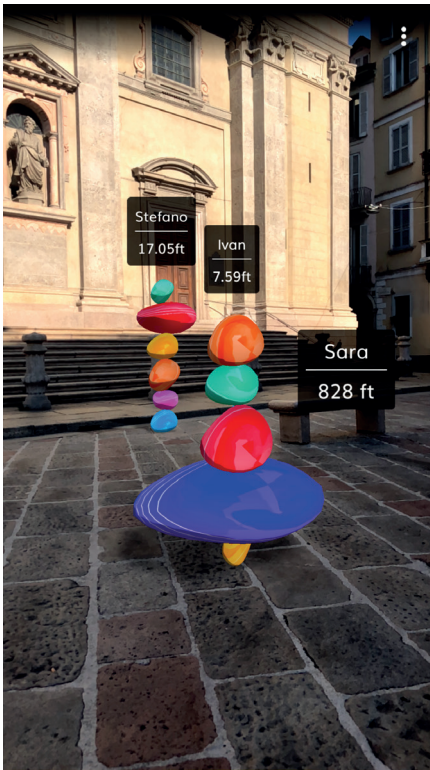


FIGURA 4.13 - Schermata della versione AR di Building Hopes.

Intervista ad Alberto Cairo

Il testo riportato di seguito è la trascrizione di una conversazione avvenuta con Cairo. Dall'intervista emergono diversi punti di riflessione attorno al tema dell'implementazione di una componente empatica nella visualizzazione dati e all'uso di diversi linguaggi per rappresentare l'informazione. Il *machine learning* e il ruolo del designer per la progettazione di una comunicazione empatica dei dati è inoltre discussa. In coda al testo ho aggiunto una elaborazione delle tematiche sollevate e i riscontri riguardo a Building Hopes.

1. Building Hopes is a highly experimental data visualization project and it implements novel ways to represent information. Specifically, motion is used as a variable to encode data, breaking out of “classic” data visualization literature to explore new possibilities that we can use today—even though Bertin mentioned motion, he couldn’t explore this dimension for data display with the means available at the time of *Semiologie Graphique*. How would you describe the current state of the dataviz discipline and its evolution, starting from the printed page and now spreading to many different media and languages?

Well, basically you have answered your own question. So yeah, indeed and the times of Bertin, graphics were printed. Therefore we could use the traditional encodings, length, height, position and so on and so forth to encode data or to transform data into graphic forms.

Today we are not limited to that. We can use animation, as you mention. Things that move faster mean bigger numbers, things that go slower mean lower numbers. This has been done. For example, you remember the New York Times needle of the probability of someone winning the election. Motion over there is representing uncertainty. I think that motion animation can be used to represent data somehow. It is only that we are not very good at perceiving a slight changes in motion, speed. Therefore I don't think that it can be used that kind of encoding. Animation can't be used for details when we want to compare things very accurately and stuff. I still think that position, length, height, etc. are much better than any other way to enable accurate judgments but still, motion can be used.

And you're going to go beyond visual encodings. You can go to encodings in general. Recently we launched, through Google, the project called TwoTone that uses sound to encode data, but sound has many limitations. The human brain is not as well prepared to a differentiator between different pitches or sounds or as it is for distinguishing slight changes in the height or the length of an object or of several objects. Then again, traditional methods of encoding may be better to represent data when the purpose of the representation is accuracy. But certainly we are moving in that direction. We are moving in the direction of using other channels, other senses to represent the data not only visual but also as motion. It's possible also to represent data through physical objects, which is sort of something that I'm very excited about, new possibilities. Transforming data visualizations into physical objects that people, particularly

people who are visually impaired, can explore with their fingers or with their bodies. Things that we can experience with our bodies, that will be another way to explore or represent data through sense, through smells. There will be another frontier that we could explore in the future and it is all wishful thinking basically. There's a lot of experimentation that needs to be done.

2. Do you think that motion added value as an empathic component to the project Building Hopes? Also, I am wondering both whether using new channels to represent data and implementing empathy in data visualization are a trend. Do you see this happening in other research projects more recently at Google?

It added value for sure because it makes the project more interesting looking and more engaging, more fun to look at.

Does it really increase empathy? My answer will be no. I don't think that it makes you feel anybody else's feelings. And it also doesn't increase your concern or your worry about other people. So under my definitions of empathy, the answer is no.

If you want to use a much wider definition of empathy, which you basically equate empathy to interest or something like that or visual appeal then sure.

As for the second part of the question, as mentioned before, data sonification or data physicalization —if that is even a word— or data “smell-ification,” or “scent-ification.” So yeah, certainly it's possible. I don't know if it is a trend yet, but it's certainly something that is worth exploring now.

3. Now that machines seems to be replacing humans in many tasks, I think that they will not be able to reproduce human creativity and design choices specific to every project's context. The human component is what is reflected in the visualization through a point of view and through the language utilized. I considered using motion to create empathy and touch people's minds and emotions as a way to do so. If we are, as human beings, to eventually teach the machines how to implement different languages into the dataviz, such as motion, do you think that machines will be able to create empathy on their own, without the human input?

I have mixed feelings about it. I mean machines are getting better and better and better every day and doing stuff. So for me it's hard to say that in the long term a machine will not be able to make most of the design choices that we also make.

I don't know whether animation really makes me feel more empathic. If you think about the objects that were used to represent the data in Building Hopes, those objects are rocks. So it's hard to feel empathy for a rock, right? It's like are those rocks representing people? If they were representing people, perhaps it will be possible to rise empathy or concern for those people through the visual representation of the realities. As it is right now, I don't think that it is, but not because of the animation or not, but just because that's not the purpose of the project.

It may be possible that a machine will be able to try to increase empathy. Using Bloom's definitions of empathy, both feeling what other people feel and also rational compassion, it may be possible to raise empathy and it's possible, for example, I think for a machine to predict what it is that will make a person happier or increase that person's wellbeing in contrast with making that person's more miserable. So it may be possible for a machine to predict that and act in consequence.

4. I explored motion. Have you seen other research and are you interested in the development of other sensorial languages to encode data? Or do you think this is just a temporary deviation from the standard visual variables and will extinguish itself in the near future? Here we can also talk about AR, sound, haptic feedback, taste, smell, temperature...

Certainly I am interested. And I don't think that this is a deviation. I think that is a supplement. And not only a supplement—in the sense of saying that sound and touch and smell are not as sharp as we are not able to detect the same nuances that we can detect through our visual apparatus. But at the same time, I think that they are great supplements because they can really strengthen messages that are displayed visually on one hand. If you display your information visually and through sound, you will be reinforcing the message. But at the same time, it's not only that, it's also that they increase accessibility for people who are visually impaired. For example, a physical visualization may be something worth

exploring or, or as a data sonification, taste and smell as you mentioned over here, and the temperature. Yeah, that will be another, you know, there will be another form of data physicalization.

—

Commenti e spunti dall'intervista

Il punto centrale della discussione con Cairo è il riscontro sul caso di studio Building Hopes. Durante la fase di progettazione ho potuto confrontarmi periodicamente per via diretta con lui e l'intervista rappresenta anche un modo, a distanza di tempo dal rilascio del prodotto applicativo, per sondare i suoi pensieri e commenti rispetto al risultato ottenuto.

Mi vorrei soffermare sulla seconda domanda che indaga il tema centrale della mia tesi. La risposta di Cairo offre più spunti di riflessione. Innanzitutto va precisato che la definizione che lui dà all'empatia nella visualizzazione dei dati è quella di Bloom citata in testa al primo capitolo (→ **vedi Definizioni di empatia, Cap. 1**). Tuttavia, dalle sue parole traspare un'associazione "pessimista" dell'empatia quando ricercata in una visualizzazione di dati, ovvero una visione della sfera emozionale legata ad emozioni negative, come preoccupazione e allarmismo. Building Hopes al contrario si propone di mostrare emozioni positive, di gioia e di speranza. In questo contrasto potrebbe risiedere la risposta di Cairo.

Inoltre, va precisato che ciò che viene mostrato non sono le persone in maniera diretta, in accordo con quello che dice Cairo nella risposta alla terza domanda, perciò non troviamo dei simboli antropomorfizzati. La rappresentazione invece si basa sulla concretizzazione della speranza in un oggetto concreto, con cui possiamo relazionarci fisicamente e a cui viene associato il valore delle nostre speranze. È proprio l'implementazione del movimento che dà vita a queste figure. Per mezzo della rotazione possiamo assimilare i dati quantitativi sulle attività delle persone online. Più è veloce la rotazione di una pietra, più si è verificato interesse nelle ricerche di un'idea.

Per concludere, dalla discussione con Cairo posso affermare che il progetto ha avuto successo nell'implementazione di una componente empatica capace di coinvolgere nella lettura dei dati:

“It added value for sure because it makes the project more interesting looking and more engaging, more fun to look at.”

— ALBERTO CAIRO

Ciò nonostante, emergono suggerimenti per ulteriori verifiche e sperimentazioni per indagare i modi in cui possiamo utilizzare il movimento per creare una comunicazione empatica dei dati per farci sentire più vicini alla storia raccontata.

Conclusioni

La ricerca effettuata conferma che il movimento può essere un canale efficace per la codifica dei dati grazie alle sue qualità visive che ne abilitano una percezione di tipo *pre-attentive*. Dall'applicazione sperimentale del caso di studio poi, così come dalla bibliografia, emerge che il suo utilizzo per la visualizzazione dei dati può inoltre aiutare nella comunicazione della componente empatica all'interno della rappresentazione. Il coinvolgimento emotivo del lettore può essere raggiunto insieme ad una conoscenza analitica del tema trattato, attraverso l'implementazione controllata delle variabili cinetiche.

Come emerge nel capitolo 3, le variabili cinetiche hanno dimostrato di possedere un potenziale molto alto per la comunicazione dei dati, arricchendo la visualizzazione della dimensione temporale, nella quale siamo immersi per nostra natura in quanto esseri viventi.

Il collaudo della teoria con Building Hopes, esposto nel capitolo 4, è stato fondamentale per affinare e completare la riorganizzazione e la razionalizzazione della letteratura. Dalla sperimentazione è emersa inoltre una variabile cinetica nuova, la rotazione, precedentemente non identificata come autonoma in bibliografia, che si è rivelata centrale nell'esplorazione del caso specifico analizzato. La progettazione sperimentale ha anche reso noti alcuni casi di applicazione in cui determinate variabili, il cambio di orientamento e l'oscillazione, non risultano appropriate perché rischiano di generare confusione visiva e distrarre il lettore.

La tassonomia prodotta è un primo passo verso una sistematizzazione di questo approccio alla visualizzazione dei dati. Ho concepito la tassonomia delle variabili cinetiche con l'intenzione di confezionare uno strumento utilizzabile dai designer della comunicazione per la progettazione di rappresentazioni empatiche dei dati attraverso il movimento. Nello studio di design dell'informazione dove lavoro, Accurat, stiamo iniziando ad impiegare gradualmente la tassonomia su nuovi progetti commerciali con successo, un risultato promettente a dimostrazione che questo lavoro di tesi potrà diventare un vero strumento di lavoro che viene utilizzato da professionisti del settore.

Sviluppi futuri

La mia ricerca rappresenta una prima esplorazione che cerca di mettere a sistema una bibliografia di settore che è molto frammentaria e ramificata, e di aggiornarla con tecniche e pratiche fondamentali per applicazioni in ambito digitale. Un primo sviluppo che suggerisco è quello di testare, affinare e validare il lavoro di questa tesi prima di utilizzare la tassonomia prodotta. La prima verifica che ho potuto indagare con un caso di studio può essere un esempio, insieme all'esplorazione che sto proseguendo in agenzia. Il confronto con altri professionisti potrebbe essere un'ottima occasione per migliorare il lavoro, individuare punti deboli e criticità e definire i confini e le possibilità di applicazione delle variabili cinetiche.

Altre traiettorie di ricerca possono partire da questa tesi. In particolare, sono necessari nuovi studi sulla percezione *quantitativa* dei dati codificati con le variabili cinetiche. La tassonomia ne trarrebbe beneficio importante

per consentire ai progettisti di considerare e valutare l'appropriatezza di ognuna delle variabili cinetiche nel momento dell'implementazione. Ulteriori ricerche sono inoltre necessarie per studiare il comportamento delle variabili di accelerazione e di moto non lineare, per ora escluse data la mancanza di supporto teorico. Un'indagine approfondita sul tema potrebbe rivelare se esse possano essere incluse nella tassonomia oppure no.

Un'ultima prospettiva di sviluppo riguarda l'estensione e la reiterazione della mia ricerca ad altri linguaggi di codifica dei dati per creare empatia. Ne sono un esempio il canale sonoro, il feedback aptico, la realtà aumentata e la realtà virtuale e, per esempio, l'utilizzo di tecniche di rappresentazione che prendono forte ispirazione dal mondo dell'arte.

BIBLIOGRAFIA

A

Alvarez, A., Hoffman, D., & Banks, M. (2010). When are trajectories for motion-in-depth stimuli perceived accurately? *Journal of Vision*, 8(6), 30–30. <https://doi.org/10.1167/8.6.30>

B

Bartram, L. R. (2001). *Enhancing Information Visualization with Motion*. Ph.D. Dissertation. Simon Fraser University.

Bartram, L., & Nakatani, A. (2010). What Makes Motion Meaningful? Affective Properties of Abstract Motion. In *2010 Fourth Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology* (pp. 468–474). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PSIVT.2010.85>

Bartram, L., & Ware, C. (2002). Filtering and Brushing with Motion. *Information Visualization*, 1(1), 66–79. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500005>

Bartram, L., Ware, C., & Calvert, T. (2003). Moticons: detection, distraction and task. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58(5), 515–545. [https://doi.org/10.1016/S1071-5819\(03\)00021-1](https://doi.org/10.1016/S1071-5819(03)00021-1)

Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: diagrams, networks, maps*. CA: Esri Press, 2010.

Behrens, C. (2008). *The Form of Facts and Figures*. M.Sc. Dissertation. Postdam University.

Bloom, P. *Against Empathy: The Case for Rational Compassion*. HarperCollins, 2016.

Botta, M. *Design dell'informazione. Tassonomie per la progettazione di sistemi grafici auto-nomatici*. Trento: Artimedia, 2006.

Boy, J., Pandey, A. V., Emerson, J., Satterthwaite, M., Nov, O., & Bertini, E. (2017). Showing People Behind Data. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '17* (pp. 5462–5474). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3025453.3025512>

C

Cairo, A. *The functional art: an introduction to information graphics and visualization*. CA: New Riders, 2013.

BIBLIOGRAFIA

Cleveland, W. S., & McGill, R. (1984). Graphical Perception: Theory, Experimentation, and Application to the Development of Graphical Methods. *Journal of the American Statistical Association*, 79(387), 531.
<https://doi.org/10.2307/2288400>

Coffey, D., Korsakov, F., Ewert, M., Hagh-Shenas, H., Thorson, L., Ellingson, A., Nuckley, D., Keefe, D. (2012). Visualizing Motion Data in Virtual Reality: Understanding the Roles of Animation, Interaction, and Static Presentation. *Computer Graphics Forum*, 31(3pt3), 1215–1224.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2012.03114.x>

D

De la Torre - Arenas, I., & Cruz, P. (2017). A taxonomy of motion applications in data visualization. In *Proceedings of the symposium on Computational Aesthetics - CAE '17* (pp. 1–2). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3092912.3122798>

De la Torre – Arenas, I. (2017). *Movements and Transformations: How motion conveys messages, improves storytelling and captivates viewers*. M.Sc. Dissertation. Northeastern University.

DiBiase, D., MacEachren, A. M., Krygier, J. B., & Reeves, C. (1992). Animation and the Role of Map Design in Scientific Visualization. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19(4), 201–214.
<https://doi.org/10.1559/152304092783721295>

Dorfles, G. (1965). The Role of Motion in Our Visual Habits and Artistic Creation. In *The Nature and Art of Motion*, da G Kepes (Ed.). New York: G. Braziller.

Driver, J., McLeod, P., & Dienes, Z. (1992). Motion coherence and conjunction search. *Perception and Psychophysics*, 51(1), 79-85.

E

Ehlschlaeger, C. R., Shortridge, A. M., & Goodchild, M. F. (1997). Visualizing spatial data uncertainty using animation. *Computers & Geosciences*, 23(4), 387-395. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(97\)00005-8](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(97)00005-8)

F

Feigenbaum, A., Weissmann, D. (2015). Telling Data Stories Together. *Final Report of BU Datalab*.

Few, S. (2007). Visualizing Change. An Innovation in Time-Series Analysis. *Perceptual Edge, Visual Business Intelligence*. (September).

Few, S. (2016). The Visual Perception of Variation in Data Displays. *Perceptual Edge, Visual Business Intelligence*. (December).

Freeman, J., Wiggins, G., Starks, G., & Sandler, M. (2018). A Concise Taxonomy for Describing Data as an Art Material. *Leonardo*, 51(1), 75-79. https://doi.org/10.1162/LEON_a_01414

H

Healey, C. G., & Enns, J. T. (2012). Attention and Visual Memory in Visualization and Computer Graphics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(7), 1170-1188. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.127>

BIBLIOGRAFIA

Heider, F., & Simmel, M. (1944). An Experimental Study of Apparent Behavior. *The American Journal of Psychology*, 57(2), 243-259. <https://doi.org/10.2307/1416950>

Hsueh, C.-H., Chou, J.-K., & Ma, K.-L. (2016). A study of using motion for comparative visualization. In *2016 IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis)* (Vol. 2016–May, pp. 219–223). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PACIFICVIS.2016.7465274>

Huber, D. E., & Healey, C. G. (2005). Visualizing Data with Motion. In *IEEE Visualization 2005 - (VIS'05)* (pp. 67–67). IEEE. <https://doi.org/10.1109/VIS.2005.125>

Huang, L., & Pashler, H. (2007). A Boolean map theory of visual attention. *Psychological Review*, 114(3), 599–631. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.3.599>

J

Jesse, R., & Strothotte, T. (2001). Motion Enhanced Visualization in Support of Information Fusion. In Hamid R. Arabnia (Ed.), *Proceedings of International Conference on Imaging Science, Systems, and Technology* (pp. 492–497). CSREA Press.

Johansson, G. (1975). Visual Motion Perception. *Scientific American*, 232(6), 76–88. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0675-76>

L

LaBerge, D., & Samuels, S. J. (1974). Toward a theory of automatic information processing in reading. *Cognitive Psychology*, 6(2), 293–323.
[https://doi.org/10.1016/0010-0285\(74\)90015-2](https://doi.org/10.1016/0010-0285(74)90015-2)

Lima, M. *The Book of Trees: visualizing branches of knowledge*.
NY: Princeton Architectural Press, 2014.

Limoges, S., Ware, C., & Knight, W. (1989), Displaying correlation using position, motion, point size, or point color. In *Proceedings of UIST '91*, 19-25. <https://scholars.unh.edu/ccom/770>

M

MacEachren, A. M., Roth, R. E., O'Brien, J., Li, B., Swingle, D., & Gahegan, M. (2012). Visual Semiotics & Uncertainty Visualization: An Empirical Study. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(12), 2496–2505. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2012.279>

Masud, L., Valsecchi, F., Ciuccarelli, P., Ricci, D., & Caviglia, G. (2010). From Data to Knowledge - Visualizations as Transformation Processes within the Data-Information-Knowledge Continuum. In *2010 14th International Conference Information Visualisation* (pp. 445–449). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/IV.2010.68>

Matsuura, S. (2013). Usage of stereoscopic visualization in the learning contents of rotational motion. In *2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (Vol. 2013, pp. 7192–7195). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.6611217>

BIBLIOGRAFIA

Meirelles, I. (2005). Dynamic Visual Formation. In *The Language of Dynamic Media*. Works from the Dynamic Media Institute at the Massachusetts College of Art (1ra ed., pp. 80-85). Brockton, MA: Hanson Printing.

Meirelles, I. (2013). Design for Information: An Introduction to the Histories, Theories, and Best Practices behind Effective Information Visualizations. Rockport Publishers.

Michotte, A. (1963). *The perception of causality*. Methuen's manuals of modern psychology. University of Michigan: Basic Books.

N

Napoli, M. *Figure retoriche e visualizzazione dei dati: analisi e progetto dell'uso di figure retoriche nei campi dell'Information Visualization e Infografica*. Politecnico di Milano: M.Sc. Thesis, 2009.

R

Rendgen, S., Wiedemann, E. J. *Information Graphics*. Colonia: Taschen, 2012.

Rimé, B., Boulanger, B., Laubin, P., Richants, M., & Stroobants, K. (1985). The perception of interpersonal emotions originated by patterns of movements. *Motivation and Emotion*, 9, 241-260.
<https://doi.org/10.1007/BF00991830>

Robin, H. *The scientific image: From Cave to Computer*, NY: W. H. Freeman and Company, Publishers, 1993.

Ronchi, L., & Vogelin, M. (1998). *A proposito del tempo di reazione visuo-motore*. Firenze: Tip. L'arcobaleno.

Rosenberg, D., Grafton, A. *Cartographies of Time*. NY: Princeton Architectural Press, 2010.

Roth, R. E. (2017). Visual Variables. In *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology* (pp. 1–11). Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
<https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0761>

S

Samreen, A. (2013). Perception in visualization. In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*.

Sassi P., Dell'Acqua R. (2008). Il fenomeno "attentional blink." In *Giornale italiano di psicologia*, 541-562. <https://doi.org/10.1421/27931>

Scagnetti, G., Ricci, D., Baule, G., Ciuccarelli, P. (2007). RESHAPING COMMUNICATION DESIGN TOOLS: COMPLEX SYSTEMS STRUCTURAL FEATURES FOR DESIGN TOOLS. In *IASDR07 - Emerging Trends in Design Research*, (November), Hong Kong, Hong Kong SAR China.
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00264332>

T

Taimouri, V., & Jing Hua. (2013). Visualization of Shape Motions in Shape Space. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(12), 2644–2652. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2013.230>

BIBLIOGRAFIA

Taylor, M. C. *The Moment of Complexity: emerging network culture*. Chicago: University of Chicago Press, Second ed. 2009.

Tofolatti M. (2011). *Rilevamento delle salienze visuali per identificazione di oggetti con robot mobili autonomi*. Università di Padova: M.Sc. Thesis.

Tomasi, C. (2000). *Early Vision*. Stanford University.

Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97–136.
[https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5)

Tufte, E. R. *The Visual Display of Quantitative Information*. 2001. CO: Graphics Press, Second ed. 2011.

W

Wallach, H. (1965). Visual Perception of Motion. In G. Kepes (Ed.), *The Nature and Art of Motion*, 52–59. New York: G. Braziller.

Ware, C. (1996). Moving motion metaphors. In *Conference companion on Human factors in computing systems common ground - CHI '96* (pp. 225–226). New York, New York, USA: ACM Press.
<https://doi.org/10.1145/257089.257293>

Ware, C. *Information Visualization: Perception for Design*. Third ed., Waltham, MA: Elsevier, 2013.

Warrier, V., Toro, R., Chakrabarti, B., Børghlum, A. D., Grove, J., Hinds, D. A., ... Baron-Cohen, S. (2018). Genome-wide analyses of self-reported empathy: correlations with autism, schizophrenia, and anorexia nervosa. *Translational Psychiatry*, 8(1), 35.
<https://doi.org/10.1038/s41398-017-0082-6>

Wolfe, J. M., Cave, K. R., & Franzel, S. L. (1989). Guided search: An alternative to the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15(3), 419–433.
<https://doi.org/10.1037/0096-1523.15.3.419>

A Psychiatrist Explains Why the New York Times Election Needle Haunts Your Dreams, Washingtonian, H. Carefoot, 2018

<https://www.washingtonian.com/2018/11/05/a-psychiatrist-explains-why-the-new-york-times-election-needle-haunts-your-dreams/>

Apparato visivo, Wikipedia page

https://it.wikipedia.org/wiki/Apparato_visivo

Beautiful Reasons. Engaging Aesthetics for Data Narratives, G. Lupi, 2016

<https://medium.com/accurat-studio/beautiful-reasons-c1c6926ab7d7>

Can Visualization Elicit Empathy? Our Experiments with "Anthropographics," E. Bertini, 2017

<https://medium.com/@FILWD/can-visualization-elicit-empathy-our-experiments-with-anthropographics-7e13590be204>

Dall'occhio al cervello, Università di Genova, M. T. Tuccio

<http://server1.fisica.unige.it/~tuccio/SSIS/visione.html>

Data Humanism, the Revolution will be Visualized, G. Lupi, 2017

<https://medium.com/@giorgialupi/data-humanism-the-revolution-will-be-visualized-31486a30dbfb>

Data Humanism, The Revolutionary Future of Data Visualization, G. Lupi, 2017

<http://www.printmag.com/information-design/data-humanism-future-of-data-visualization/>

Empathy through visualization, A. Cairo, 2019

<http://www.thefunctionalart.com/2019/03/empathy-through-visualization.html>

How we can find ourselves in data, TEDNYC, G. Lupi, 2017

https://www.ted.com/talks/giorgia_lupi_how_we_can_find_ourselves_in_data

I segreti dei neuroni specchio, Intervista a G. Rizzolatti, 2009

<https://www.youtube.com/watch?v=1G0GY0oQspE>

Inattentive blindness, Wikipedia page

https://en.wikipedia.org/wiki/Inattentive_blindness

Just-noticeable difference, Wikipedia Page

https://en.wikipedia.org/wiki/Just-noticeable_difference

SITOGRAFIA

Laws of Organization in Perceptual Forms. Classics in the History of Psychology, M. Wertheimer, 1923

<http://psychclassics.yorku.ca/Wertheimer/Forms/forms.htm>

Neuroni specchio: una questione di empatia, Intervista a P. Calissano, 2011

<https://www.youtube.com/watch?v=ASvNrfy-fTs>

New Aesthetics for Data Narratives, Presentazione di G. Lupi, 2014

<https://vimeo.com/88231201>

Optical flow, Wikipedia page

https://it.wikipedia.org/wiki/Optical_flow

Parallel Processing, Wikipedia page

[https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_processing_\(psychology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_processing_(psychology))

The New York Times has a wildly swinging forecast needle that's driving everyone insane, Business Insider, M. Abadi, 2016

<https://www.businessinsider.com/new-york-times-election-needle-2016-11>

The Needle's Back. Maybe This Time, It Will Really Be Wrong., The New York Times, N. Cohn, J. Katz, 2018

<https://www.nytimes.com/2018/03/13/upshot/needle-forecast-pennsylvania-special-election.html>

Weber's Law of Just Noticeable Differences. USD Internet Sensation & Perception Laboratory.

<http://apps.usd.edu/coglab/WebersLaw.html>

Weber Law, Wikipedia Page

https://en.wikipedia.org/wiki/Weber%E2%80%93Fechner_law

What Is the Needle?, The New York Times, The Upshot Staff, 2018

<https://www.nytimes.com/2018/11/05/upshot/needle-election-night-2018-midterms.html>

63 Fascinating Google Searches Statistics, Seotribunal.

<https://seotribunal.com/blog/google-stats-and-facts/>

INDICE DELLE FIGURE

30	Fig. 1.1	Il needle the New York Times
50	Fig. 2.1	Due metodi grafici per mostrare le stesse relazioni tra gli elementi
53	Fig. 2.2	La percezione dei pattern visivi
58	Fig. 2.3	Schema delle feature map oggetto della Teoria di Feature Integration
59	Fig. 2.4	Schema dei texton oggetto della Teoria dei Texton
61	Fig. 2.5	Esempio per la Teoria della Similarità
64	Fig. 2.6	Schema di esempio per la Teoria della Ricerca Guidata
66	Fig. 2.7	Schema della Teoria della Mappa Booleana
69	Fig. 2.8	Esempio di differenza appena percettibile
74	Fig. 2.9	Illustrazione dell'occhio umano
79	Fig. 2.10	Schema dell'esperimento di Johansson sui vettori percettivi
82	Fig. 2.11.A	Illustrazione dell'esperimento di Johansson
83	Fig. 2.11.B	Esperimento di Johansson con attori
84	Fig. 2.12	Un fotogramma dall'animazione di Heider e Simmel
101	Fig. 3.1	Schema delle variabili visive di Bertin
102	Fig. 3.2	Schema delle tassonomie di variabili visive
104	Fig. 3.3	Schema delle variabili visive di Roth

116	Fig. 3.4	L'angolo visivo
122	Fig. 3.5	Schema delle tassonomie di variabili legate al movimento
124	Fig. 3.6	Schema del processo di tesi
126	Fig. 3.7	Timeline delle tassonomie studiate
139	Fig. 3.8	Relazioni tra le variabili dinamiche di Blok
141	Fig. 3.9	Schema delle domande di Blok
147	Fig. 3.10	Matrice della tassonomia di Coffey et al.
158	Fig. 3.11	Schema delle variabili dinamiche
177	Fig. 4.1	Schermata di Building Hopes
178	Fig. 4.2	Google Trends
179	Fig. 4.3	Schermata di Building Hopes
182	Fig. 4.4	Vista di Building Hopes in realtà aumentata
183	Fig. 4.5	Scultura estratta da Building Hopes
185	Fig. 4.6	Implementazione della variabile della forma del moto
187	Fig. 4.7	Implementazione della variabile della rotazione
189	Fig. 4.8	Implementazione della variabile della rotazione
190	Fig. 4.9	Implementazione della variabile dell'oscillazione
192	Fig. 4.10	Implementazione della variabile della direzione
194	Fig. 4.11	Schermata di Building Hopes
196	Fig. 4.12	Schermata di Building Hopes in versione web
197	Fig. 4.13	Schermata di Building Hopes in versione AR

