

Master Degree in Computer Science

Scientific and Large Data Visualization

*Francesco Caprari:580154
Academic Year: 2023-2024*

Contents

1	Intro	3
1.1	Information Visualization	3
1.1.1	Perchè la visualizzazione?	4
1.2	Fundamentals of 3D Computer Graphics	5
1.3	Scientific Visualization	5
2	Information Visualization	7
2.1	Data	7
2.2	Tipi di attributi	7
2.3	Semantica degli attributi	8
2.4	Grafici Fondamentali (Bivariate data)	8
2.4.1	Bar Charts	8
2.4.2	Histograms	9
2.4.3	Pie Charts	9
2.4.4	Donut Charts	10
2.4.5	Scatter plots	11
2.4.6	Slope Charts	11
2.4.7	Line Charts	12
2.4.8	Area Charts	12
2.4.9	Chropleth maps	12
2.4.10	Symbol maps	13
2.5	Grafici Fondamentali (Attributi Multipli)	13
2.5.1	Stacked Bar Charts	13
2.5.2	Grouped Bar Charts	14
2.5.3	Stacked Line Charts	14
2.5.4	Line Charts Series	15
2.5.5	Bubble Charts	15
2.5.6	Small multiples	16
2.5.7	Symbol Maps	16
2.6	Grafici Fondamentali (Attributi Gerarchici)	17
2.6.1	Sunburst Charts	17
2.6.2	Treempas	17
3	Information Visualization II	19
3.1	Visual Encoding	19
3.2	Graphical Elements	19
3.3	Visual decoding	20
3.3.1	Quality Evaluation	20
3.3.2	Percentuale di Accuracy	21
3.4	Altri tipi di grafici	21
3.4.1	WordClouds	21
3.4.2	Calligrams	22
3.4.3	Flow Maps	22
3.4.4	Chernoff faces	23
3.4.5	Multidimensional Icons	23

3.4.6	Petal as a gliph	24
4	Applied perception	25
4.1	Illusions	25
4.1.1	Mach Banding	25
4.1.2	Hermann Grid illusions	25
4.1.3	Chevreul Illusion	26
4.1.4	Greyscale Maps	26
4.1.5	The Cornsweet Effect	26
4.2	Eye Movements	26
4.3	short	27
4.4	Gestalt Laws	27
4.5	Illusions	28
4.5.1	Muller-Lyer	28
4.5.2	Wundt	28
4.5.3	Hering	28
4.5.4	Horizontal–Vertical Illusion	29
4.5.5	Comparing Area	29
5	Applied Perception2	30
5.1	Color Vision	30
5.2	Trichromacy and Opponent process theories	30
5.2.1	Trichromacy theory	30
5.2.2	colour measurement and specifcation	31
5.2.3	CIE XYZ Color Space	31
5.2.4	Opponent process theory	32
5.3	Color Space	32
5.3.1	RGB Color Space	32
5.3.2	HSV/HSL color space	33
5.3.3	CIE Lab/Lch color space	33
5.3.4	Color differences	33
5.4	Color and visualization	34
5.4.1	Luminance and visualization	34
5.4.2	Saturation and visualization	34
5.4.3	Color for Labeling	34
5.4.4	Color and semantics	34

1 Intro

Information Visualization

- Quando la rappresentazione visiva non è ovvia...
- Percezione visiva, migliori pratiche, dati multidimensionali, grafi e reti

3D Computer Graphics

- Rappresentazione in 3D (mesh poligonali)
- Trasformazione dei dati 3D in immagini generate al computer: rendering, illuminazione, texturizzazione

Scientific Visualization

- Illustrazione grafica dei dati scientifici per estrarre informazioni sui fenomeni

1.1 Information Visualization

Consiste nella Trasformazione dei dati per estrarre informazioni utili, ci sono diverse definizioni:

- La visualizzazione delle informazioni è l'uso di rappresentazioni visive, computerizzate, interattive, di dati astratti per amplificare la cognizione [S. T. Card, 1999].
- Visualizzare significa rendere visibili e comprensibili certi fenomeni e parti della realtà; molti di questi fenomeni non sono naturalmente accessibili all'occhio nudo, e molti di essi non sono neanche di natura visiva [J. Costa, 1998].
- Visualizzazione delle informazioni vs visualizzazione scientifica: Nella visualizzazione scientifica esiste una relazione naturale tra ciò che viene rappresentato e la sua rappresentazione, mentre nella visualizzazione delle informazioni la relazione è convenzionale.

Ci sono due prospettive diverse nell'interpretare l'Information Visualization:

- **Visualizzazione come scienza applicata:** Il valore di una buona visualizzazione consiste nel permetterci di individuare pattern nei dati e quindi la scienza della percezione dei pattern può fornire una base per decisioni di design [C. Ware, Information Visualization. Perception for design, 2013].
- **Visualizzazione come tecnologia:** Gli infografici sono uno strumento visivo per la comunicazione, la comprensione e l'analisi [A. Cairo, The functional art, 2013]. Le limitazioni funzionali formano: come il design di un oggetto tecnologico deve dipendere dal compito che dovrebbe aiutare la forma grafica dovrebbe essere vincolata dalle funzioni della tua presentazione.



Figure 1: Visualizzazione dati di Netflix

1.1.1 Perchè la visualizzazione?

Le visualizzazioni esplicative sono strumenti per presentare informazioni, comunicare dati e messaggi, spiegare qualcosa a qualcun altro, ha tre scopi principali: Explanation, confirmation e exploration.

Siamo una specie visiva. Il sistema visivo umano è molto bravo nell'identificare e analizzare i pattern. Le visualizzazioni sono come artefatti cognitivi (strumenti che gli esseri umani hanno costruito per aiutare a pensare meglio, ad esempio l'abaco). La visualizzazione ha a che fare con la cognizione distribuita (il nostro sistema cognitivo non è esclusivamente composto dal nostro cervello, mente e sensori, ma anche dall'ambiente intorno a noi, che utilizziamo per memorizzare e manipolare informazioni). Le visualizzazioni permettono il trattamento parallelo delle informazioni, anziché sequenziale. Le visualizzazioni esplorative sono strumenti per i lettori per analizzare ciò che viene loro presentato. Molto spesso, l'esito dell'analisi esplorativa non è solo la risposta alle domande originali, ma la generazione di nuove domande.

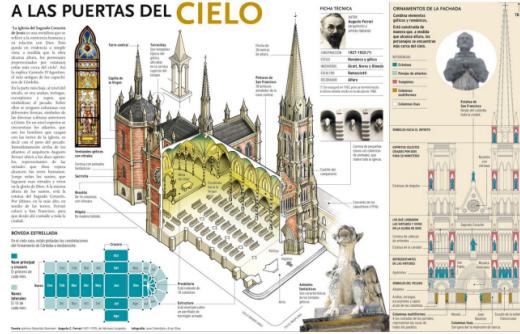


Figure 2: Juan Colombata & Enzo Oliva La Voz del Interior

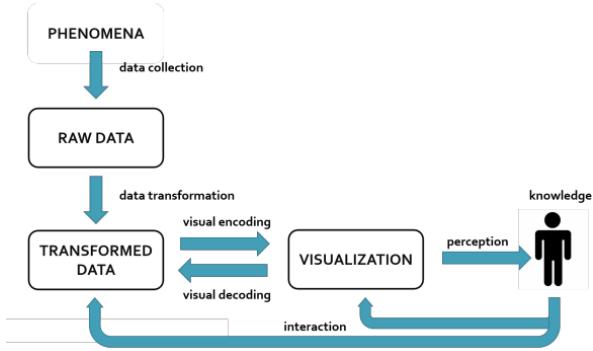


Figure 3: Visualization pipeline

1.2 Fundamentals of 3D Computer Graphics

Animazioni e serious gaming, Progettazione assistita da computer (CAD) e modellazione di prodotti, Patrimonio culturale, Archeologia, Architettura, Fabbricazione digitale e stampa 3D, Biologia e monitoraggio ambientale, Medicina e sistemi di eHealth, Moda del futuro, Sicurezza e difesa...



Figure 4: Esempi di utlizzo dei modelli 3D

1.3 Scientific Visualization

Tecniche informatiche per la generazione di rappresentazioni visuali interattive di dati spazio-temporali acquisiti o simulati (collegamento naturale con il mondo 3D+tempo in cui viviamo). Le illustrazioni a la comunicazione visuale della conoscenza è parte della nostra storia, anche oggi l'incremento della quantità dei dait da analizzare è necessario un approccio grafico per la visualizzazione. La Visualizzazione Scientifica si applica in diversi campi come l'Ingegneria, la medicina E la Scienza. La Visualizzazione Scientifica riguarda anche la definizione di algoritmi efficienti per la manipolazione interattiva ed esplorazione dei dati e delle loro caratteristiche.

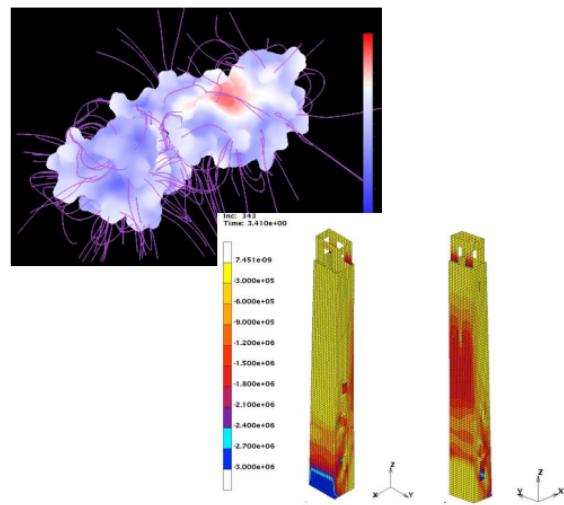


Figure 5: Esempi di Visualizzazione Scientifica

2 Information Visualization

La visualizzazione delle informazioni è un modo per comunicare significativamente i dati e aiutare le persone a dare un senso a grandi quantità di informazioni. Le visualizzazioni come artefatti cognitivi che consentono il trattamento parallelo delle informazioni. Tre scopi principali della visualizzazione:

- **Explanatory:** Le visualizzazioni esplicative sono strumenti per presentare informazioni, comunicare dati e messaggi, spiegare qualcosa a qualcun altro.
- **Exploratory:** Le visualizzazioni esplorative sono strumenti per i lettori per analizzare ciò che viene loro presentato. Molto spesso, l'esito dell'analisi esplorativa non è solo la risposta alle domande originali, ma la generazione di nuove domande.
- **Confirmatory:** Nell'analisi confermativa, le visualizzazioni sono destinate a testare ipotesi.

Bisogna decidere cosa visualizzare

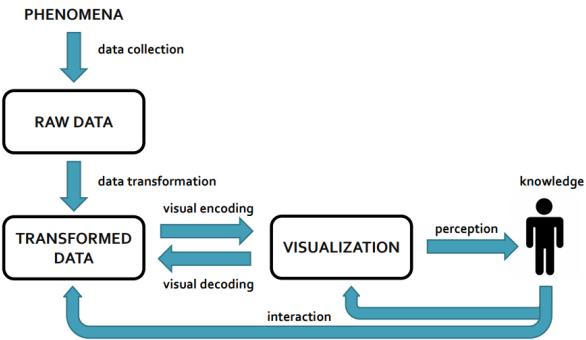


Figure 6: Visualization pipeline

2.1 Data

Informazioni fattuali come misurazioni o statistiche, utilizzate come base per il ragionamento, la discussione o il calcolo. I dati sono collezioni di *items* e *attributes* degli items. Gli *Items* sono gli oggetti/entità che vogliamo visualizzare. Gli *Attributi* sono le proprietà degli oggetti/entità.

Una *Tabella* è una griglia di colonne e righe, dove le righe rappresentano gli item e le colonne gli attributi. Un *network* è una collezione di nodi che rappresentano gli item, connessi tramite dei link; entrambi nodi e link possono avere attributi.

2.2 Tipi di attributi

- *Quantitativi*: sono gli attributi dove i valori rappresentano quantità misurate, questi valori possono essere ordinati, ma può essere calcolata anche la distanza tra i valori.
- *Categorici*: sono gli attributi dove i valori descrivono le categorie, possono essere di tre tipi, **Nominali** se non hanno un ordine particolare, **Ordinali** se possono essere ordinati, **Binary** se hanno solo due stati.

2.3 Semantica degli attributi

- **Spaziali e temporali:** Esempio la location, latitudine e longitudine o la data di assunzione come attributo temporale.
- **Sequnziali, ciclici divergenti:** Esempio: i mesi dell'anno sono ciclici, la temperatura è un attributo divergente.
- **Gerarchici:** Tipi di prodotto con sottocategorie, un esempio sono i vestiti.

Si deve selezionare la visualizzazione appropriata a seconda del tipo e dalla semantica dell'attributo. Esempio:

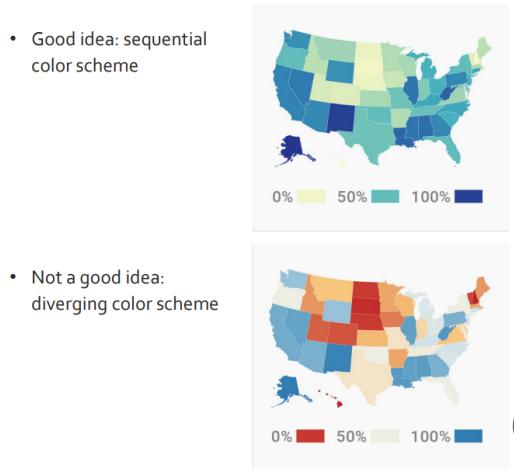


Figure 7: Differenza di Visualizzazione

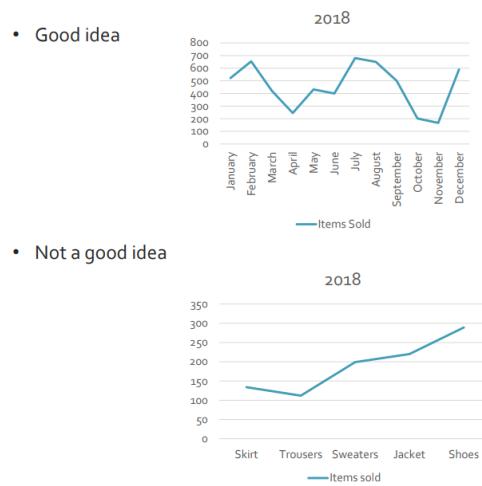


Figure 8: Differenza di Visualizzazione

2.4 Grafici Fondamentali (Bivariate data)

2.4.1 Bar Charts

Visualizza come una quantità misurata si distribuisce tra categorie. Ogni barra rappresenta una categoria e la lunghezza della barra è una quantità misurata in quella categoria. Dati bivariati: nominale/ordinale e quantitativo. Non confondere con gli istogrammi

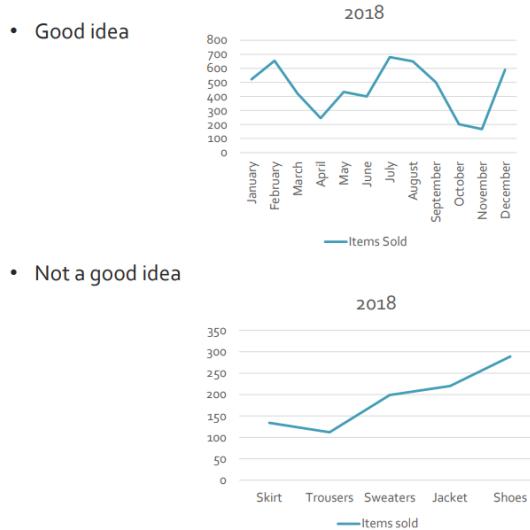


Figure 9: Bar Charts

2.4.2 Histograms

Frequenza degli elementi. Dati bivariati: una variabile indipendente quantizzata in intervalli (blocchi) e una variabile dipendente.

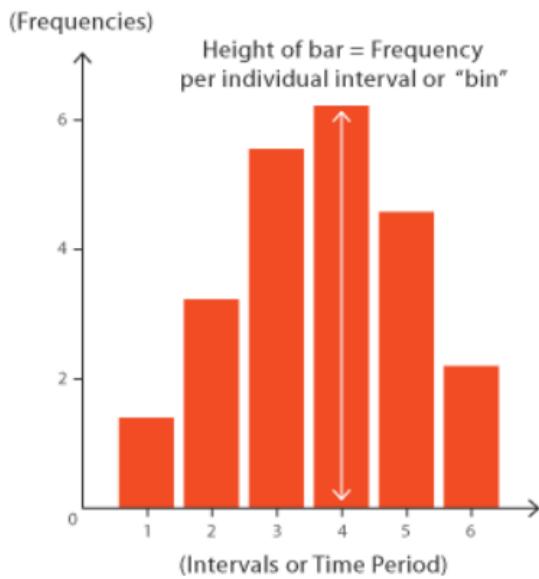
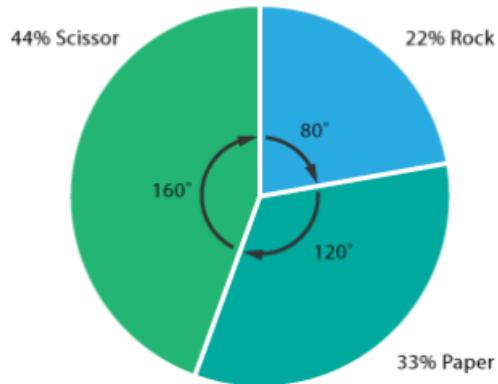


Figure 10: Histograms

2.4.3 Pie Charts

Mostrare proporzioni e percentuali tra le categorie. Utile per dare un'idea rapida e confrontare una fetta rispetto al totale, non adatto per confronti accurati. Altri svantaggi: numero limitato di valori, occupazione dello spazio.



Data			
Rock	Paper	Scissor	TOTAL
2	3	4	9
To calculate percentages			
$2/9=22\%$	$3/9=33\%$	$4/9=44\%$	100%
Degrees for each "pie slice"			
$(2/9) \times 360 = 80^\circ$	$(3/9) \times 360 = 120^\circ$	$(4/9) \times 360 = 160^\circ$	360°

Figure 11: Pie Charts

2.4.4 Donut Charts

Grafici a torta con l'area centrale tagliata. Maggiore enfasi sulla lunghezza dell'arco rispetto all'area. Più efficienti in termini di spazio.

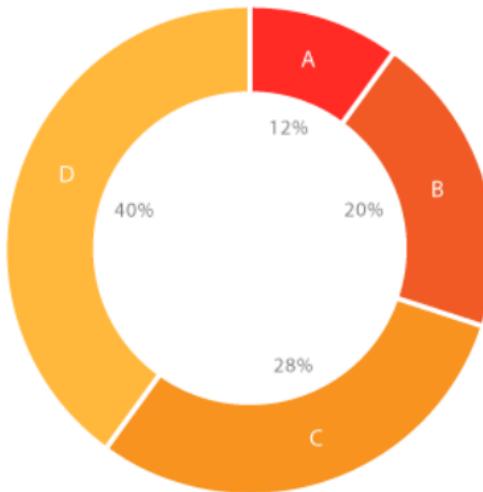


Figure 12: Donut Charts

2.4.5 Scatter plots

Relazione tra attributi: visualizzazione di come una quantità è correlata a un'altra (e analisi di cluster, valori anomali, ecc.). Dati bivariati: due attributi quantitativi indipendenti.

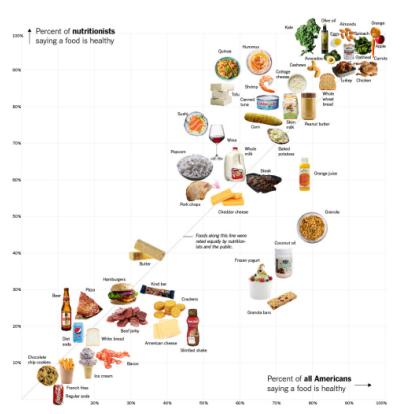


Figure 13: Scatter plots

2.4.6 Slope Charts

Alternativa ai Scatter plots: assi paralleli, ogni elemento è una linea che collega due quantità.

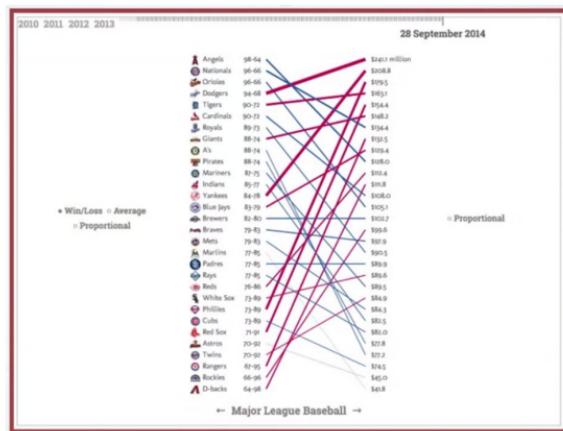


Figure 14: Slope Charts

2.4.7 Line Charts

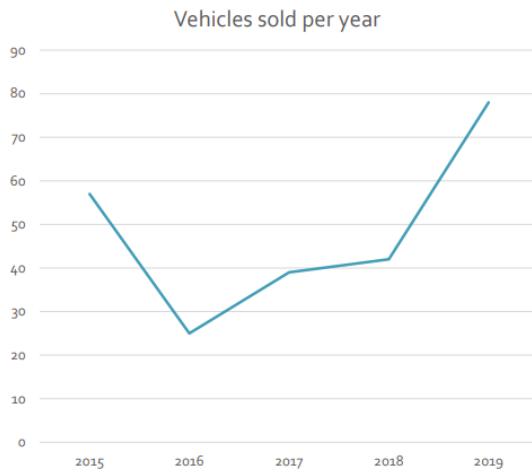


Figure 15: Line Charts

2.4.8 Area Charts

Line Charts dove l'area sotto alla linea è riempita.

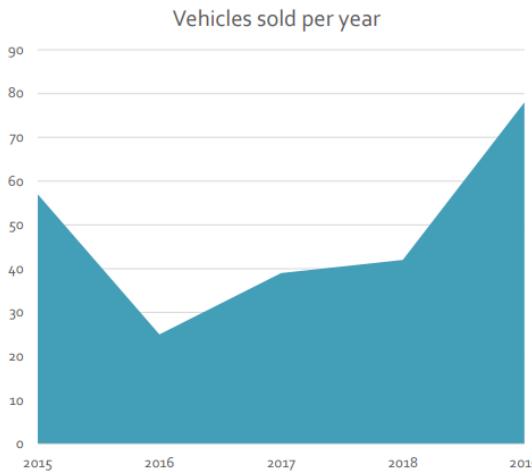


Figure 16: Area Charts

2.4.9 Chropleth maps

Come si distribuisce una quantità nelle diverse aree/geografiche/regioni. Colori, sfumature, pattern sono utilizzati per rappresentare la quantità associata alle aree/regioni. Buona panoramica (ma non confronto accurato). Rischio: confondere l'area geografica con i valori dei dati (prestare attenzione alla normalizzazione).

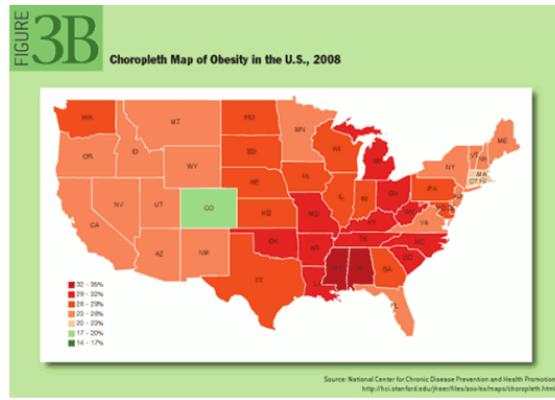


Figure 17: Choropleth maps

2.4.10 Symbol maps

Come si distribuisce una quantità lungo due coordinate spaziali. Un simbolo (spesso un disco o un quadrato) è posizionato in un punto e dimensionato in modo che la sua area sia proporzionale alla quantità associata al punto.

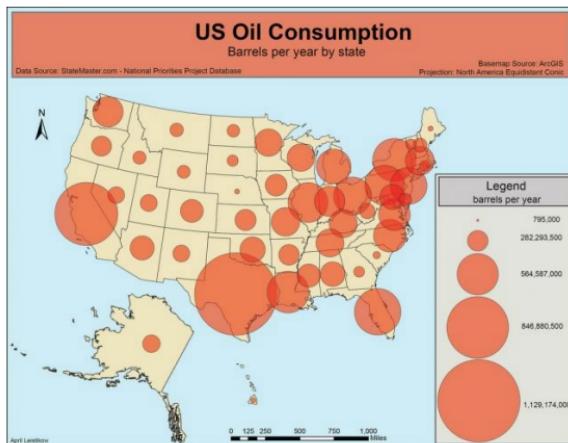


Figure 18: Symbol maps

2.5 Grafici Fondamentali (Attributi Multipli)

2.5.1 Stacked Bar Charts

Rappresentazione di attributi aggiuntivi. Tante barre quanti sono le categorie del primo attributo, e altrettanti segmenti all'interno di ciascuna barra quanti sono i valori dell'altro attributo categorico. Utile per comunicare la proporzione

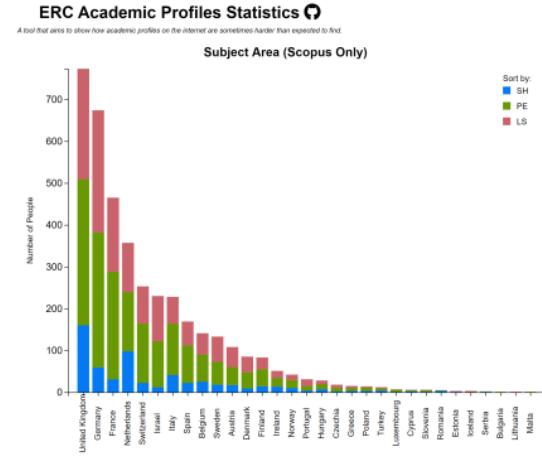


Figure 19: Stacked Bar Charts

2.5.2 Grouped Bar Charts

Rappresentazione di attributi aggiuntivi. Lo stesso grafico a barre viene ripetuto più volte per il numero di categorie nell’attributo aggiuntivo. Utile per confrontare i valori individuali

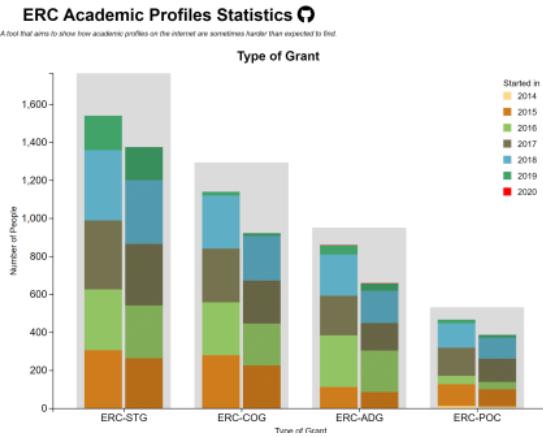
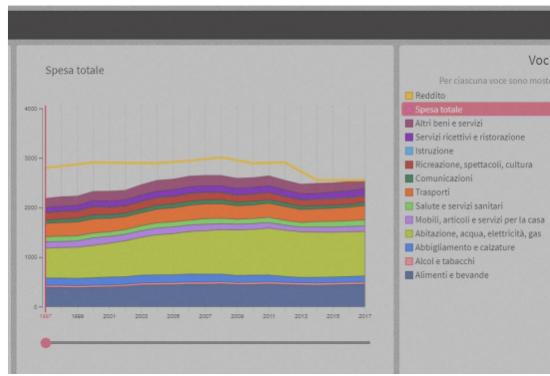


Figure 20: Grouped Bar Charts

2.5.3 Stacked Line Charts

I valori tra le categorie sono impilati uno sopra l’altro. Non è ideale per leggere e confrontare i valori individuali nel tempo: la forma delle linee è influenzata dalla forma delle linee sottostanti (interazione/filtraggio per compensare). Non è significativo per i numeri negativi e dati che non dovrebbero essere sommati (ad esempio, temperatura).



2.5.4 Line Charts Series

Raccolta di linee nello stesso grafico. Facile confrontare i valori, ma le curve sovrapposte possono rendere il grafico difficile da leggere

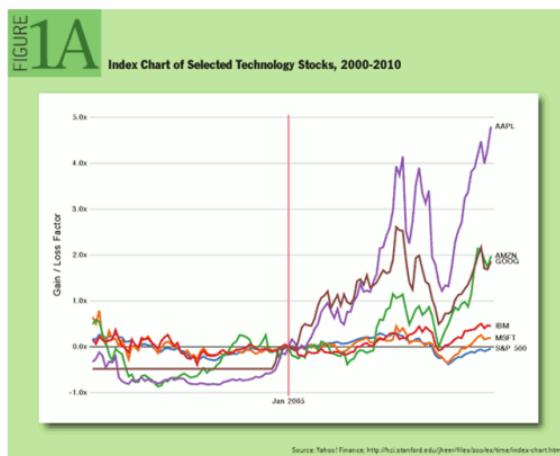


Figure 21: Line Charts Series

2.5.5 Bubble Charts

Variante degli scatterplot, adattata per rappresentare attributi aggiuntivi. Le aree dei cerchi rappresentano un attributo aggiuntivo (avviso: area, non raggio). I colori possono distinguere le categorie o rappresentare attributi aggiuntivi. Capacità limitata di dimensioni dei dati (interazione per compensare).

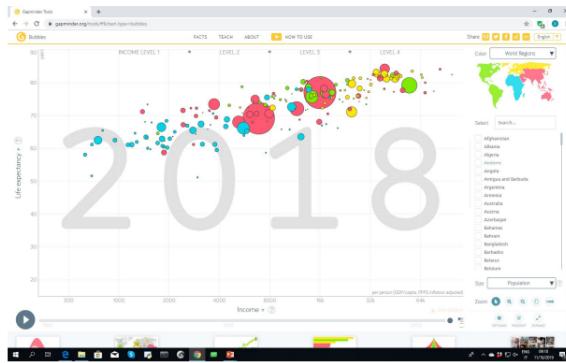


Figure 22: Bubble Charts

2.5.6 Small multiples

Valido per tutti i tipi di grafici.

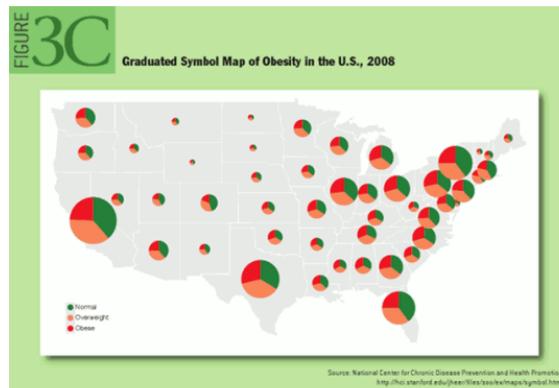


Figure 23: Small multiples

2.5.7 Symbol Maps

Questo tipo di mappa utilizza simboli, come icone o forme, per visualizzare informazioni diverse relative a diverse caratteristiche o attributi su una mappa geografica.

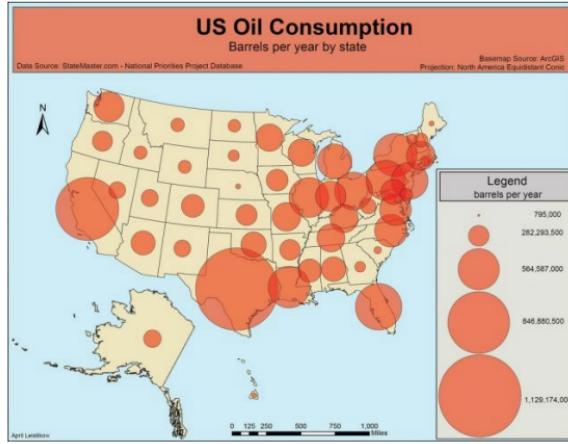


Figure 24: Symbol Maps

2.6 Grafici Fondamentali (Attributi Gerarchici)

2.6.1 Sunburst Charts

Per mostrare gerarchie, ogni anello rappresenta un livello nella gerarchia, muovendosi verso l'esterno.

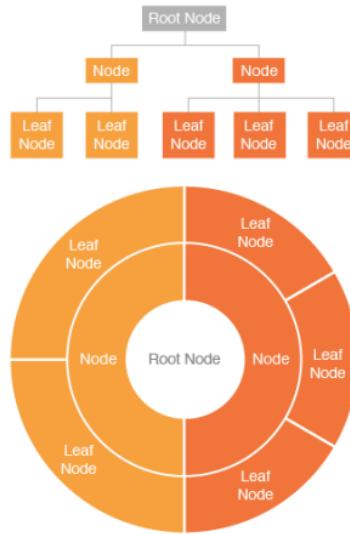


Figure 25: Sunburst Charts

2.6.2 Treempas

Un modo alternativo per visualizzare le gerarchie, utilizzando la dimensione dell'area. Ogni rettangolo rappresenta una categoria, con rettangoli sottocategorie nidificati. Quando una quantità è assegnata a una categoria, la sua dimensione dell'area viene visualizzata in proporzione a quella quantità e alle altre quantità all'interno della stessa categoria padre in una relazione parte-tutto. Diverse strategie di impaginazione (ad esempio, algoritmo squarified) Compatto e efficiente nello spazio, ottimo per avere una panoramica.

delle strutture, perfetto per confrontare proporzioni tramite la dimensione dell'area, ma meno efficace nel mostrare i livelli nella gerarchia rispetto, ad esempio, ai grafici a raggiera (sunburst charts).

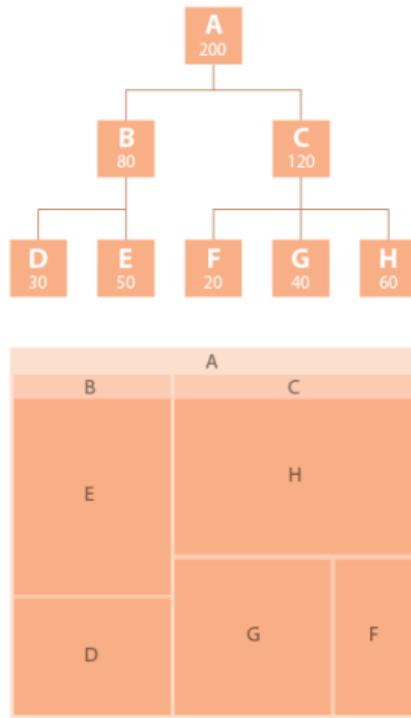


Figure 26: Treempas

3 Information Visualization II

3.1 Visual Encoding

Le visualizzazioni sono composte da **marks** (segnali) e **channels** (canali). I marks sono gli oggetti grafici che rappresentano gli elementi di dati (ad esempio, punti, linee, barre). I channels sono le proprietà grafiche che rappresentano gli attributi dei dati (ad esempio, colore, posizione, forma, dimensione).

La codifica visiva significa passare dai dati alle rappresentazioni visive. La codifica richiede non solo la scelta di un grafico appropriato per i dati in questione (tipo e semantica), ma anche la selezione degli elementi grafici individuali e delle loro proprietà.

3.2 Graphical Elements

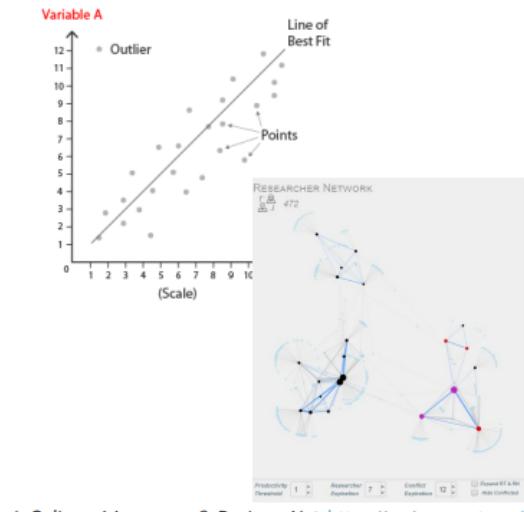


Figure 27: Esempio di Marks

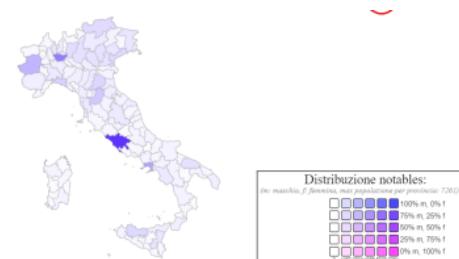


Figure 28: Esempio di Channels

Le componenti contestuali sono elementi che rendono più semplice interpretare le visualizzazioni. Un esempio sono: le labesls, annotazioni, legende, griglie, assi cartesiani.

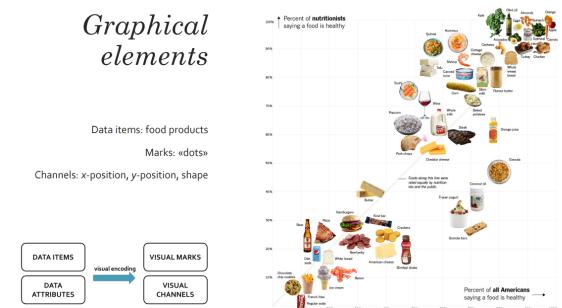


Figure 29: Esempio completo di Channels e Marks di un grafico

3.3 Visual decoding

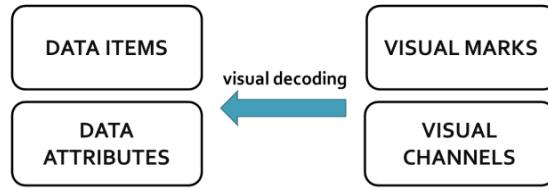


Figure 30: Visual Decoding

Per **Visual Decoding** si intende destrutturare una rappresentazione visiva nei suoi principali elementi e identificare:

- gli elementi grafici, quali sono i segnali visivi? Quali sono i canali visivi?
- le regole di mappatura (ossia, le informazioni che i singoli elementi grafici rappresentano) quali elementi di dati rappresentano i segnali? Quali attributi rappresentano i canali?

È utile per valutare e ridisegnare le visualizzazioni.

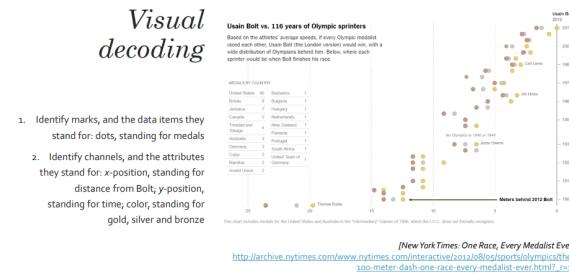


Figure 31: Esempio completo di Decoding

3.3.1 Quality Evaluation

La valutazione di una visualizzazione può basarsi su due principi guida principali: **Expressiveness** ed **Effectiveness**. **Expressiveness**: la Visual representation dovrebbe rappresentare tutte e solo le relazioni che esistono nei dati. Le informazioni rilevanti dovrebbero essere prioritarie e quindi codificate con i canali più efficaci/accurati.

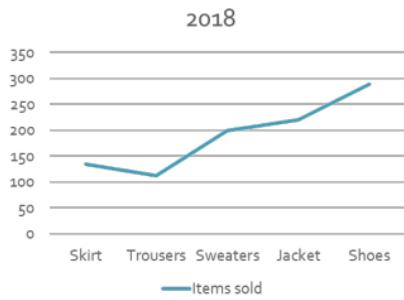


Figure 32: Dati non ordinati che sembrano ordinati (nell'esempio seguente, stiamo mostrando informazioni su un trend che non è nei dati: la forma della linea non ha significato).

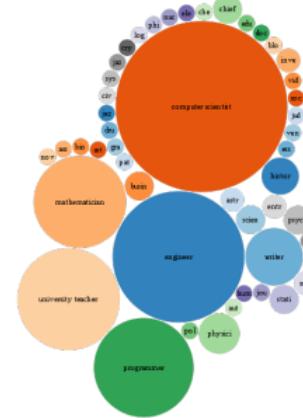


Figure 33: utilizzo dei colori quando non restituiscono alcuna informazione

3.3.2 Percentuale di Accuracy

Quanto sono efficaci i canali nel trasmettere diversi tipi di attributi? Uno dei (possibili) riassunti per attributi quantitativi.

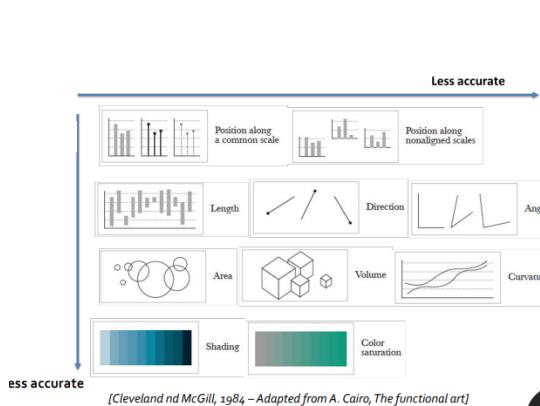


Figure 34: Riassunto dell'accuracy di ogni grafico.

QUANTITATIVE	ORDINAL	CATEGORICAL
Position	Position	Position
Length	Density	Hue
Angle	Saturation	Texture
Slope	Hue	Connection
Area	Texture	Containment
Volume	Connection	Density
Density	Containment	Saturation
Saturation	Length	Shape
Hue	Angle	Length
	Slope	Angle
	Area	Slope
	Volume	Area
		Volume

[Data Visualization Course by John C. Hart, for Coursera, 2015]

Figure 35: Riassunto dell'accuracy di ogni grafico

3.4 Altri tipi di grafici

3.4.1 WordClouds

Rappresentazione di quanto frequentemente le parole appaiono in un determinato corpo di testo attraverso la dimensione della parola. Variazioni nell'arrangiamento e nel colore. Principalmente utilizzato per motivi estetici.



Figure 36: WordClouds

3.4.2 Calligrams

Testi disposti in modo tale da formare un'immagine tematicamente correlata. L'immagine creata dalle parole illustra il testo esprimendo visivamente qualcosa associato (o in contrasto) a ciò che il testo dice.



Figure 37: Calligrams

3.4.3 Flow Maps

Raffigurare il movimento delle entità posizionando linee tracciate sopra delle mappe (spazio e tempo) Lo spessore, il colore, ecc. possono codificare informazioni aggiuntive In questa mappa: dimensioni delle truppe, distanza percorsa, temperatura, latitudine e longitudine, direzione del viaggio, tempo.

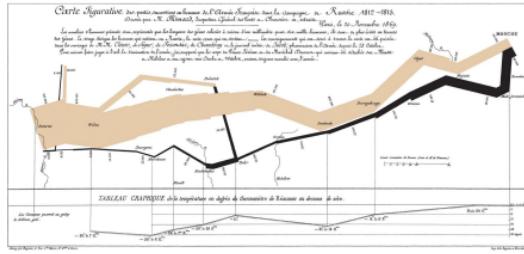


Figure 38: Flow Maps

3.4.4 Chernoff faces

Ragionamento: siamo molto bravi nel riconoscere i volti. Introdotto da Herman Chernoff nel 1973 Variabili sono mappate su tratti del viso (larghezza/curvatura della bocca, dimensione verticale del viso, dimensione/inclinazione/separazione degli occhi, dimensione delle sopracciglia, posizione verticale delle sopracciglia...)

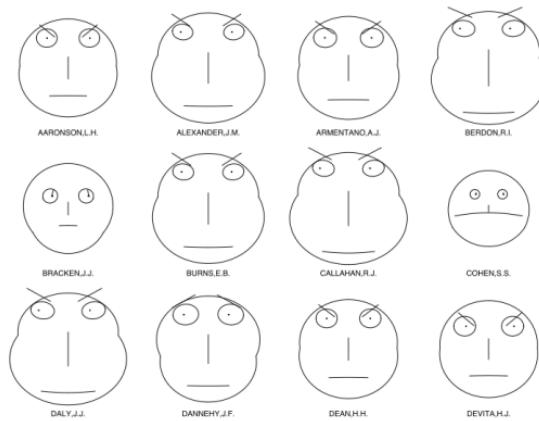


Figure 39: Chernoff faces

3.4.5 Multidimensional Icons

Spence e Parr (1991) proposero di codificare le proprietà di un oggetto in una semplice rappresentazione tramite icone. Hanno applicato questo approccio per verificare le offerte di permanenza.

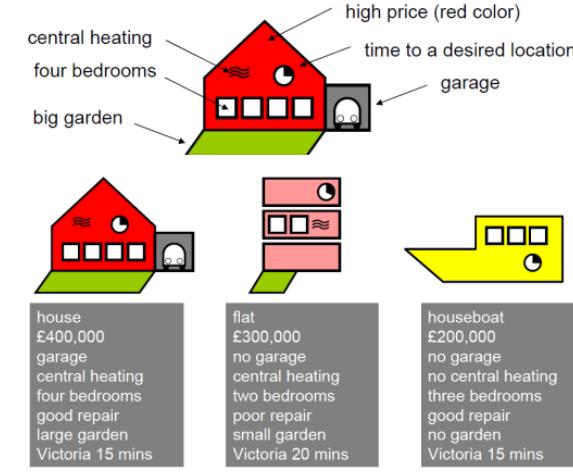


Figure 40: Multidimensional Icons

3.4.6 Petal as a gliph

L'idea di Moritz Stefaner per visualizzare un indice di vita consiste nel mappare diverse variabili (relative alle condizioni di vita materiale e alla qualità della vita) in petali di diverse dimensioni, per confrontare il benessere tra paesi.

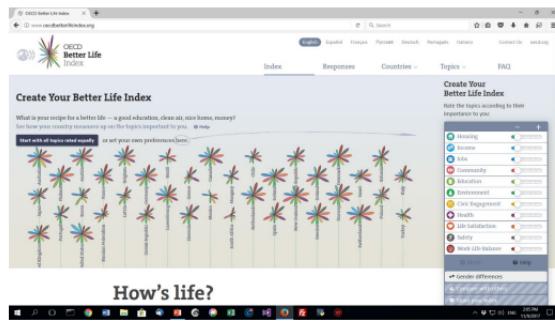


Figure 41: Petal as a gliph

4 Applied perception

Abbiamo visto che la visualizzazione delle informazioni consiste nel trasformare i dati in una rappresentazione visuale in modo che un essere umano possa estrarre informazioni utili da essi. L'**Effectiveness** di una rappresentazione visuale non è arbitraria: ma dipende fortemente su come funziona il cervello. Remind: l'efficacia si riferisce alla capacità di una rappresentazione visiva, come un grafico, una mappa o un diagramma, di comunicare in modo chiaro e comprensibile le informazioni desiderate. Capire come funziona la percezione può aiutare a prendere decisioni informate riguardo ai design delle visualizzazioni. L'occhio umano svolge un ruolo fondamentale nella percezione visiva, essendo il principale organo sensoriale che ci consente di interpretare il mondo circostante. L'**acuità visiva** è una misura della capacità dell'occhio di distinguere dettagli fini e di percepire chiaramente gli oggetti. Viene spesso misurata in termini di precisione nella lettura di lettere o simboli su una tavola ottotipica posta a una certa distanza. La nostra percezione è sensibile al contrasto di pattern, alla frequenza e all'orientamento. Inoltre, il colore influenza sulla funzione del sistema di contrasto spaziale (CSF). Il visual Cortex è una parte del cervello che gestisce l'elaborazione delle informazioni visive provenienti dagli occhi.

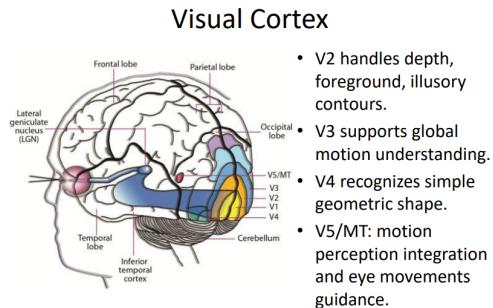


Figure 42: Divisione del cervello

4.1 Illusions

Il campo recettivo di una cellula è l'area visiva sulla quale una cellula risponde alla luce. Le cellule gangliari della retina sono organizzate con campi recettivi circolari. Quando vengono stimolate al centro, vengono eccitate; quando vengono stimolate al di fuori del centro, vengono inibite.

4.1.1 Mach Banding

Le "Mach bands" (bande di Mach) sono un fenomeno ottico che si verifica quando si osservano transizioni tra regioni di luce e ombra su una superficie, creando percezioni di contrasto accentuato lungo i confini.

4.1.2 Hermann Grid illusions

La griglia di Hermann è un'illusione ottica che mette in evidenza l'interazione tra le cellule retiniche e il modo in cui il cervello elabora le informazioni visive. Questa

illusione è composta da una griglia di linee grigie disposte a intervalli regolari, con dei punti neri posizionati strategicamente agli incroci delle linee. Si ritiene che l'illusione sia causata dalla percezione del contrasto e dall'inibizione laterale nel sistema visivo. Le cellule retiniche inviano segnali al cervello che possono essere interpretati in modo errato, facendo percepire punti ombrosi o grigi nei punti di intersezione delle linee.

4.1.3 Chevreul Illusion

L'illusione di Chevreul, chiamata anche illusione dei contrasti simultanei, è un fenomeno ottico che coinvolge la percezione del colore. Questa illusione è dovuta alla sensibilità del nostro sistema visivo ai contrasti e alla relativa interpretazione dei colori circostanti. Nell'illusione di Chevreul, se viene disegnata una serie di linee parallele in tonalità di grigio simile su uno sfondo bianco, la percezione visiva può far sembrare che i toni di grigio varino lungo le linee. Questo accade a causa dell'interazione tra i colori circostanti e la nostra percezione del contrasto. Se due tonalità di grigio simili sono separate da una riga più chiara, il grigio sembrerà più scuro del suo vero colore. Al contrario, se sono separate da una riga più scura, sembrerà più chiaro. Questo effetto può far sembrare che i toni di grigio cambino o che vi sia un gradiente lungo le linee parallele, quando in realtà la differenza di colore non esiste realmente.

4.1.4 Greyscale Maps

Questi effetti visivi possono portare a grandi errori quando si leggono informazioni quantitative visualizzate utilizzando una mappa in scala di grigi. Utilizzare mappe in scala di grigi per rappresentare pochi valori (!)

4.1.5 The Cornsweet Effect

Le illusioni di Cornsweet sono un tipo di illusione ottica che evidenzia la percezione umana del contrasto e dei confini tra diverse superfici o tonalità. Questo tipo di illusione si basa sul modo in cui il cervello elabora i cambiamenti graduali di luminosità o colore. Nell'illusione di Cornsweet, due aree contigue hanno un confine graduale tra loro e una transizione graduale di luminosità o colore. Nonostante la transizione sia graduale e non ci sia un cambiamento netto, la percezione visiva può far sembrare che ci sia un confine più netto o un cambiamento repentino.

L'effetto Cornsweet può essere utilizzato per evidenziare regioni delimitate.

Parlando dell'utilizzo delle scale di grigi, in sostanza ci sono delle regole da seguire:
Non utilizzare per mappe o per confrontare molti valori. Utilizzare per evidenziare:

- Regioni delimitate
- Elementi importanti (riducendo il contrasto luminoso degli elementi non importanti)
- Regolare la luminanza dello sfondo per ottenere una migliore leggibilità.

4.2 Eye Movements

Movimenti oculari:

- **Movimenti saccadici:** movimenti balistici degli occhi che cambiano il punto di fissazione. Possono essere volontari o scatenati da stimoli.
- **Movimenti di inseguimento lento:** movimenti lenti degli occhi per mantenere uno stimolo in movimento sulla fovea.
- **Movimenti di vergenza:** allineano la fovea di ciascun occhio a un bersaglio in base alla sua distanza.
- **Movimenti vestibolo-oculari:** stabilizzano gli occhi compensando i movimenti della testa.

4.3 Preattentive Processes

I processi preattentivi si riferiscono a quelle operazioni cognitive che avvengono automaticamente e istantaneamente nell'elaborazione delle informazioni sensoriali prima che una persona focalizzi la sua attenzione in modo consapevole su di esse. Questi processi avvengono in modo rapido e automatico, senza richiedere uno sforzo cosciente. Sono responsabili della capacità del cervello di elaborare estrarre informazioni visive, uditive o tattili in modo veloce ed efficiente. Questi processi sono fondamentali nell'organizzazione delle informazioni sensoriali e possono avvenire a livelli inconsci della percezione umana. Caratteristiche visive elaborate preattivamente:

- Orientamento ; Curvatura ; Forma ; Dimensione ; Colore ; Luce/Ombra ; Contenimento ; Concavità/Convessità ;
- Alcune di queste non sono simmetriche. Caratteristiche visive non elaborate preattivamente: Giunzione ; Parallelismo

Alcuni processi preattentivi non sono simmetrici: Aggiungere segni è più efficiente che rimuovere segni. Aumentare la nitidezza è più efficiente che diminuire la nitidezza. Un oggetto grande circondato da oggetti piccoli è più efficiente di un oggetto piccolo circondato da oggetti grandi.

4.4 Gestalt Laws

Le leggi della Gestalt sono principi fondamentali della psicologia della percezione che descrivono come il cervello umano organizza e interpreta le informazioni sensoriali per creare una percezione significativa e coerente del mondo che ci circonda.

1. **Legge della Prossimità:** Gli oggetti vicini tra loro tendono ad essere visti come parte di un insieme o di un gruppo.
2. **Legge della Similarità:** Gli elementi simili per forma, colore, dimensione o altre caratteristiche tendono ad essere raggruppati insieme nella percezione.
3. **Legge della Connessione:** Gli oggetti connessi sono percepiti come correlati. Collegare diversi oggetti con una linea è un modo efficace per esprimere che esiste una relazione tra di essi.

4. **Legge della Continuità:** Gli oggetti posti lungo una linea o una curva tendono ad essere visti come parte di un modello o di un flusso continuo.
5. **Legge della Simmetria:** Gli oggetti disposti simmetricamente sono percepiti come formare un insieme visivo anziché essere considerati entità separate. La simmetria è meglio percepita per gli assi orizzontali e verticali.
6. **Legge della Chiusura:** Le persone tendono a percepire le figure incomplete come forme complete riempiendo le parti mancanti.
7. **Legge della Simplicità o della Buona Forma:** La percezione tende a organizzare gli stimoli in modo da formare figure semplici e coerenti piuttosto che configurazioni disordinate o complesse.
8. **Legge della Destinzione Figure-Ground:** Gli oggetti possono essere percepiti come figure distinte rispetto al loro sfondo circostante.
9. **Legge del Movimento Comune:** Gli oggetti che si muovono nella stessa direzione o seguendo lo stesso modello di movimento possono essere percepiti come parte di un unico oggetto o gruppo.

4.5 Illusions

4.5.1 Muller-Lyer

Queste due linee hanno lunghezze uguali ma vengono percepite di lunghezze diverse.

- Due spiegazioni:
 1. Spiegazione prospettica
 2. Spiegazione del baricentro

4.5.2 Wundt

Queste illusioni coinvolgono principalmente la percezione delle dimensioni, delle proporzioni e delle distanze tra gli oggetti, portando a percezioni distorte o erronee della realtà visiva.

4.5.3 Hering

Un'altra illusione simile (effetto invertito dell'illusione di Wundt).

- Possibili spiegazioni:
 1. Inibizione laterale
 2. Effetto prospettico
 3. Ritardi temporali nell'elaborazione visiva

4.5.4 Horizontal–Vertical Illusion

Un'altra semplice illusione scoperta da Wundt. La linea verticale viene percepita come lunga al 30% in più rispetto alla linea orizzontale. Sono state osservate differenze (piccole) tra le culture. Questo vale anche per le linee che si intersecano.

4.5.5 Comparing Area

Confrontare le aree è difficile (ricordare le aree dei cerchi appena menzionate).

- Quando confrontiamo le aree, le proporzioni sono sottovalutate (peggio per i volumi).
- Flannery (1970) propose di compensare la percezione applicando un fattore di scala percettiva.
- Tufte, nel suo famoso libro "The Visual Display of Quantitative Information" (2001), si oppose a qualsiasi cosa tranne che l'uso di una scala assoluta, ovvero esclude la compensazione per le mancanze percettive umane.

La scalatura percettiva potrebbe essere insufficiente. Le cose sono più complesse da un punto di vista percettivo

5 Applied Perception2

5.1 Color Vision

La *Color Vision* può essere considerata come superflua nella vita moderna Ma il colore comunque è estremamente utile nella data visualization:

- Mostrare i patterns
- Labeling
- Mettere in evidenza



Figure 43: Effetti della color vision

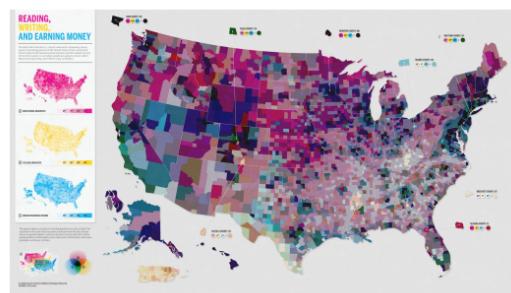


Figure 44: Effetti della color vision

Pensare al colore come un attributo di un oggetto invece che ad una caratteristica primaria(C.Ware).

5.2 Trichromacy and Opponent process theories

Abbiamo, sulla retina, tre distinti recettori per i colori:

- the **cones**: che sono attivi ai livelli normali di luce
- the **rods**: l'influenza dei rods sulla percezione può essere ignorata.

5.2.1 Trichromacy theory

I **cones** sono sensibili alle diverse onde di luce. Quindi, assorbono luce attorno lo spettro del colore blue, verde e rosso. La teoria dice che percepiamo il colore tramite un sistema a tre canali. Tutti gli spazi dei colori, anche se progettati per scopi diversi, sono tridimensionali.

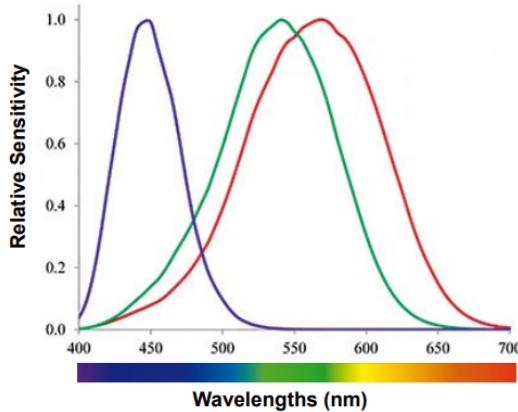


Figure 45: Trichromacy theory

5.2.2 colour measurement and specification

Dato che solo tre diversi recettori sono coinvolti nella colori vision, è possibile fare il match dei colori usando un mix di tre colori, chiamati primari. Dato uno standard di colori primari, si può usare una trasformazione per creare lo stesso colore in output in device diversi

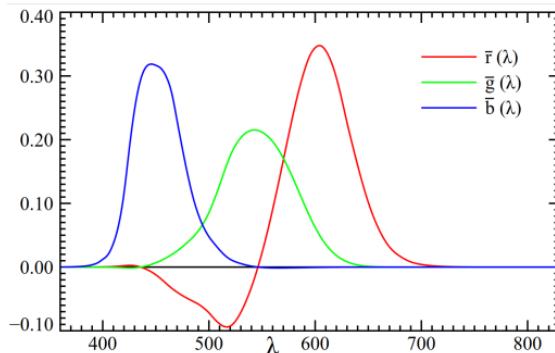


Figure 46: RGB color Matching Function

5.2.3 CIE XYZ Color Space

Lo spazio colore CIE XYZ è uno spazio colore standardizzato sviluppato dalla Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). È un modello matematico che rappresenta tutti i colori visibili agli esseri umani attraverso tre valori numerici: X, Y e Z. Questi valori sono definiti in base alle risposte dei tre tipi di coni presenti nell'occhio umano (sensibili alle lunghezze d'onda dei colori rosso, verde e blu). Il valore Y rappresenta la luminosità, mentre X e Z descrivono la posizione orizzontale e verticale del colore nello spazio XYZ.

Il diagramma di cromaticità è uno strumento visivo utilizzato per rappresentare i colori visibili senza tener conto della luminosità. Questo diagramma rappresenta le proprietà del colore in termini di tonalità e saturazione, ignorando la luminanza.

5.2.4 Opponent process theory

Alla fine del XIX secolo, il psicologo tedesco Hering propose la teoria (successivamente supportata da prove sperimentali) secondo cui i coni della retina combinano il loro stimolo formando tre coppie di colori che competono tra loro per formare quello finale. Queste coppie, chiamate coppie antagoniste, sono: nero-bianco, giallo-verde e giallo-blu

Evidenze a supporto della teoria:

- Nomenclatura
- Tonalità uniche
- Neurofisiologia

Proprietà dei canali di colore antagonisti:

- Risoluzione spaziale
- Percezione della forma
- Contrasto cromatico

La teoria della tricromia e la teoria dei colori antagonisti operano a livelli differenti.

La teoria della tricromia spiega ciò che accade a livello dei fotorecettori. La teoria dei colori antagonisti spiega ciò che accade a livello neurale.

5.3 Color Space

5.3.1 RGB Color Space

Lo spazio dei colori **RGB** (Red, Green, Blue) è un modello di colore utilizzato comunemente nel contesto digitale e dell'informatica per rappresentare i colori. Questo spazio dei colori si basa sulla combinazione di tre colori primari: rosso (Red), verde (Green) e blu (Blue). Nel modello RGB, ogni colore può essere rappresentato come una combinazione di intensità di questi tre colori primari. Ogni colore è rappresentato da un punto in uno spazio tridimensionale dove i tre assi corrispondono a rosso, verde e blu. La combinazione di diverse intensità di rosso, verde e blu consente di ottenere una vasta gamma di colori. Ad esempio, il nero si ottiene quando tutte e tre le componenti (R, G, B) sono al minimo, mentre il bianco si ottiene quando tutte e tre sono al massimo. I colori primari (rosso, verde e blu) sono usati come base per creare tutti gli altri colori nel modello RGB.

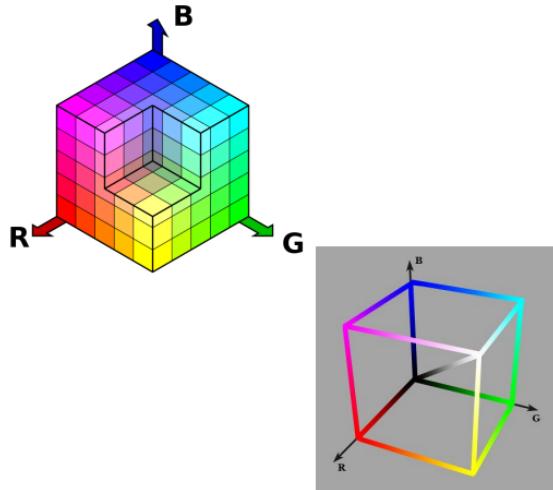


Figure 47: RGB color

5.3.2 HSV/HSL color space

HSV (Hue, Saturation, Value) e **HSL** (Hue, Saturation, Lightness) sono due modelli di spazio dei colori correlati che rappresentano i colori in termini di tre componenti principali: tonalità (Hue), saturazione (Saturation) e valore o luminosità (Value per HSV, Lightness per HSL). La specifica del colore risulta essere più intuitiva con HSV/HSL rispetto a RGB. Tuttavia, questi spazi di colore non sono uniformi dal punto di vista percettivo, il che implica che le distanze calcolate all'interno dello spazio colore non corrispondono alle distanze percettive.

5.3.3 CIE Lab/Lch color space

Lo spazio colore CIE Lab/Lch è un sistema di colore sviluppato dalla Commissione Internazionale dell'Illuminazione (CIE). Questo spazio colore è progettato per rappresentare i colori in modo più uniforme e vicino alla percezione umana rispetto ad altri spazi colore come RGB, HSV o HSL.

5.3.4 Color differences

Avere uno space color in cui le distanze percettive uguali corrispondono a distanze uguali è utile per specificare tolleranze del colore, codici colore, pseudocolore (utilizzando sequenze di colori per rappresentare valori dei dati, possibilmente con passaggi percettivamente uguali). Anche se gli space color uniformi forniscono solo un'approssimazione iniziale approssimativa di come saranno percepiti le differenze di colore, un fattore influente importante è la dimensione (siamo molto più sensibili alle differenze tra grandi campi). Suggerimento: utilizzare colori saturi quando si codifica piccoli simboli o linee sottili e colori meno saturi per aree grandi.



Figure 48: Color differences

5.4 Color and visualization

5.4.1 Luminance and visualization

I canali cromatici rosso-verde e giallo-blu sono in grado ciascuno di trasportare solo circa un terzo della quantità di dettagli trasportati dal canale in bianco e nero (Mullen, 1985). Le differenze puramente cromatiche non sono sufficienti per visualizzare dettagli fini. Assicurare un adeguato contrasto di luminanza con lo sfondo (anche se vengono utilizzati colori con differente cromaticità). Un confine di contrasto può migliorare la leggibilità dei simboli colorati.

5.4.2 Saturation and visualization

Utilizzare colori saturi per codificare piccoli simboli/dettagli fini e colori meno saturi per codificare aree grandi.

5.4.3 Color for Labeling

Post e Greene (1986) hanno condotto un esperimento sulla denominazione dei colori (sono stati mostrati 210 colori diversi su uno sfondo nero in una stanza oscurata). Solo otto colori più il bianco vengono denominati in modo coerente. Anche se non è generalmente applicabile, ciò suggerisce che solo pochi colori possono essere utilizzati come etichette di categoria.

5.4.4 Color and semantics

Fai attenzione alle convenzioni dei colori e alle associazioni semantiche (rosso per caldo/cattivo/pericolo, blu per freddo, verde per vita/vai, ecc.), poiché le convenzioni non sono universali. L'associazione semantica con il grigio è quella di appartenenza a una categoria non specificata (utile per evidenziare) Evita colori problematici per le persone daltoniche. Utilizza una scala di colori basata sullo spettro solo quando il suo utilizzo è profondamente radicato nella cultura degli utenti. Per rivelare dettagli fini, utilizza sequenze di pseudocolori che variano nella luminosità, non solo nella cromaticità.