

Highlight sonoro in bubble plot animati

Progetto Multisensory Data Exploration

Cristina Zappata Giuseppe Marino

17 Settembre 2021

Introduzione

La **visualizzazione** è fondamentale per presentare dati: permette di comunicare relazioni **complesse** in modo **semplice**.

Hans Rosling fu un pioniere della data visualization, sono famosi i suoi **bubble plot animati**.

Bubble plot animati

I dati sono rappresentati da punti:

- dimensione e colore sono variabili,
- sono disposti su un piano cartesiano,
- evolvono nel tempo.

Essi rappresentano le variabili di un'osservazione.

Bubble plot animati

I bubble plot animati sono quindi delle rappresentazioni che:

- comunicano le **informazioni espresse nei dati**,
- contribuiscono ad una **visione di insieme**.

Problema: può risultare **difficile** seguire **un singolo punto** nel suo percorso sul piano, soprattutto se ci sono dei punti dal colore simile.

Soluzione: bisogna introdurre un **highlight** di qualche tipo.

Nostra proposta: impiego del suono per evidenziare un punto, facendo uso di **sonification**. Dobbiamo verificare se questa è una proposta valida.

Modo di operare

- 1 Realizzazione in Processing di un bubble plot animato.
- 2 Individuazione e sviluppo di tecniche di highlight sonoro.
- 3 Svolgimento di esperimenti con dei soggetti e raccolta dati.
- 4 Valutazione delle performance nel task di individuazione di un punto specifico in base a:
 - sonification,
 - taglia dei punti,
 - colore dei punti.

Rappresentazione visuale

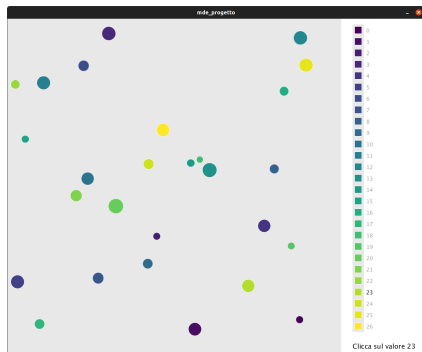


Figure 1: una scena

- Una scena consiste in una **simulazione** di punti.
- Il **moto** dei punti è casuale, ma plausibile.
- La **dimensione** di un punto è random dentro un intervallo.
- Ad un punto corrisponde uno specifico colore e viceversa, i colori sono ricavati dalla **Viridis**.

Il colore dei punti

Scegliamo la Viridis perché è una mappa di colore **robusta**, **uniforme** e **popolare**. Il numero dei punti è 27, da questo ne consegue che:

- la **distinzione** dei punti dal colore simile **non è immediata**;
- si introduce una certa **confusione** tra i colori;
- la discriminazione dell'obiettivo con il solo colore resta possibile.

Punto target

Si tratta del punto da ricercare e cliccare, estratto in maniera random ad ogni scena.

Sonification della velocità del target

- Il **suono** è generato a partire da un accordo il cui **pitch** sale al crescere della **velocità** del target.
- Ad un punto **fermo** corrisponde un accordo di **Do maggiore**, con fondamentale a 32.7 Hz.
- Ad una **bassa velocità** corrisponde un suono **poco brillante**, ad **un'alta velocità** corrisponde un suono **più brillante**.

Variante della sonification

Esattamente come prima per quanto riguarda la **velocità**, ma introduce un **bounce** in caso di **variazioni drastiche** della traiettoria del punto.

Esperimenti

Abbiamo eseguito diverse sessioni di esperimenti in circostanze ambientali confrontabili. Hanno preso parte agli esperimenti 21 partecipanti:

- 8 femmine e 13 maschi,
- un'età mediana di 23 anni (range 13-34),
- non è stato fornito alcun compenso per la partecipazione.

Hardware utilizzato

I nostri due computer portatili, entrambi con un monitor full hd da 14 pollici. Come dispositivo di puntamento un mouse esterno. Per la riproduzione sonora gli altoparlanti integrati nei portatili.

Esperimenti

Ogni **partecipante** ha svolto **13 tentativi** per ciascun **livello** di sonification (39 in totale), ciascuno in una **scena diversa**.

Task: individuare il **target** della scena corrente, cliccando sul **punto corrispondente** non appena fossero stati **abbastanza certi** di averlo trovato.

Sonification

Le scene differiscono per il livello di sonification, che può essere:

- nessuna sonification (**n**),
- sonification della velocità (**s**),
- sonification della velocità e bounce (**b**).

Problematiche

Effetti d'ordine

Problema: serve una strategia per compensare gli effetti d'ordine.

Soluzione: il livello di sonification presentato in ogni scena è casuale.

Learning

Problema: è molto probabile che i partecipanti facciano sensibilmente peggio nei primi tentativi.

Soluzione: i partecipanti effettuano una sessione di allenamento preliminare: i primi 9 tentativi vengono esclusi dalla raccolta dei dati (3 prove per ogni livello di sonification).

Esperimenti

Svolgiamo gli esperimenti al fine di rilevare:

- i possibili vantaggi della **sonificazione**,
- i possibili effetti dovuti alla **mappa di colore**,
- i possibili effetti dovuti alla **dimensione dei punti**.

Per fare ciò, per ogni ogni risposta raccogliamo:

- livello di sonificazione,
- errore e tempo di risposta,
- taglia e colore dei punti (target e selezionato).

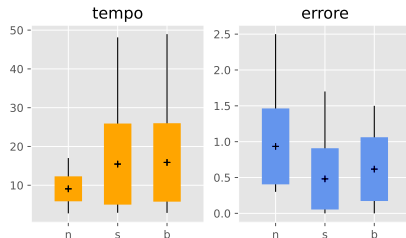
Misura di errore

Come **errore** consideriamo la **distanza** in step tra l'**obiettivo** e il **punto selezionato**, nella legenda.

Sonification

Per ciascun partecipante ricaviamo il **tempo medio** e l'**errore medio** sui 10 tentativi misurati per ogni livello di sonificazione.

Ricorrendo ai **box plot** si nota che **esistono delle differenze** tra le medie, ma non sappiamo se **significative**.



Sonification	tempi medi, CI 95%	errori medi, CI 95%
n	9.07 [7.61, 10.54]	0.93 [0.69, 1.17]
s	15.45 [10.70, 20.21]	0.48 [0.28, 0.67]
b	15.88 [11.28, 20.48]	0.61 [0.41, 0.81]

Risultati per il tempo

Ipotesi nulla nessuna differenza significativa tra le medie.

Verifica: test ANOVA a misure ripetute sul fattore sonification.

Esito: otteniamo un $p\text{-value} = 0.02$, **rigettiamo l'ipotesi nulla**.

Dai confronti post hoc (t-test corretto con Bonferroni) abbiamo:

- differenza **significativa** tra **b** e **n** con un $p\text{-value} = 0.0016$,
- differenza **significativa** tra **s** e **n** con un $p\text{-value} = 0.0045$,
- non è possibile rigettare l'ipotesi tra **s** e **b** ($p\text{-value} = 1.0$).

Risultati per gli errori

Ipotesi nulla nessuna differenza significativa tra le medie.

Verifica: test ANOVA a misure ripetute sul fattore sonification.

Esito: otteniamo un $p\text{-value} = 0.008$, **rigettiamo l'ipotesi nulla**.

Dai confronti post hoc (t-test corretto con Bonferroni) abbiamo:

- differenza **significativa** tra **b** e **n** con un $p\text{-value} = 0.043$,
- differenza **significativa** tra **s** e **n** con un $p\text{-value} = 0.0015$,
- non è possibile rigettare l'ipotesi tra **s** e **b** ($p\text{-value} = 0.2197$).

Considerazioni

Le **scene con la sonificazione** necessitano di **più tempo**. I partecipanti usano la sonificazione per **raffinare** la loro risposta, essa ha **aumentato l'accuratezza** ma non ha abbattuto del tutto gli errori.

Molti partecipanti ribadiscono l'efficacia della sonificazione, **credendo di commettere molti errori** nelle scene senza highlight.

Alla luce dei dati sperimentali, anche in assenza di sonificazione i partecipanti **fanno abbastanza bene** in termini di accuratezza.

Considerazioni

Ci aspettavamo che il bounce di **b** richiamasse l'attenzione sul punto obiettivo portando a **miglioramenti in accuratezza** con **tempi migliori** rispetto a **s**.

I dati **non consentono di dimostrare** questo effetto (o comunque **non è vantaggioso** come da noi sperato).

Inoltre, alcuni partecipanti trovano il bounce **controproducente**, vengono **distratti** dai rimbalzi.

Conclusioni: **b** non è da preferire ad **s**.

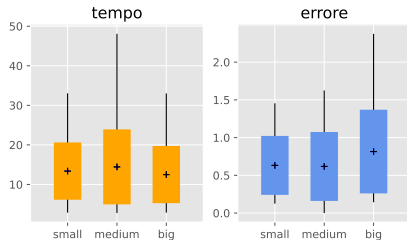
Dimensione

La taglia dei cerchi impatta nella capacità di discriminare i colori?

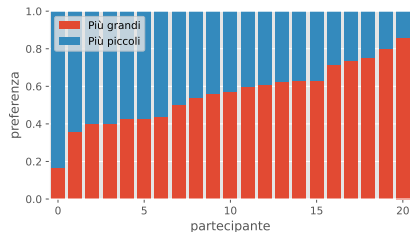
- Suddivisione dei punti in **small**, **medium** e **big**.
- Ricaviamo i **tempi** e gli **errori** medi di ciascun partecipante in funzione di ciò.
- **Non possiamo rigettare l'ipotesi nulla** di nessuna differenza tra le medie (tempi p-value = 0.736, errori p-value = 0.325.)
- I dati sperimentali sembrano non mostrare differenze di medie significative.

In caso di errore è più frequente la predilezione di punti grandi su punti piccoli o viceversa?

Dimensione



Plot di minimo, massimo, media e deviazione standard per le distribuzioni di tempo ed errore medi rispetto alle tre classi di dimensioni.



Percentuali di preferenza di taglia in caso di errore per ogni partecipante, disposti in ordine crescente di preferenza per taglia più grande.

Dimensione

Su un totale di 263 errori:

- 142 volte è stato prediletto un punto **più grande**,
- 109 volte è stato prediletto un punto **più piccolo**,
- nei restanti errori la taglia era **uguale**.

Si nota la **tendenza** a selezionare dei punti **più grandi**, tuttavia **non sappiamo** se questa sia **significativa**.

Sarebbe il caso di realizzare un **esperimento specifico**.

Colore

Esiste qualche effetto in funzione del colore dei punti?

I partecipanti, spesso, ammettono di trovare una **maggiore difficoltà** nel distinguere i punti **blu** o **verdi**.

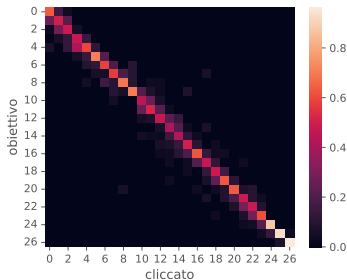


Figure 2: Matrice di confusione

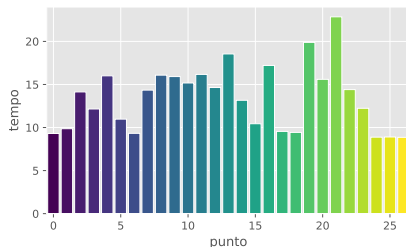


Figure 3: Tempi in sec. per colore

Considerazioni

La **maggiore difficoltà percepita** si può quantificare in termini di accuratezza e tempo di esecuzione. Assumiamo che ai più difficili da distinguere corrisponda:

- un maggior **grado di confusione**,
- un maggior **tempo medio di individuazione**.

Nelle regioni corrispondenti ai **blu** e ai **verdi** troviamo dei **tempi maggiori** ed un **grado di confusione** generalmente **maggiore**.

Non è il caso di giungere a delle conclusioni, per fare ciò sarebbe il caso di fare un **esperimento specifico**.

Conclusioni

- La sonificazione è **valida** per realizzare un **highlight** nei bubble plot animati, dato che porta ad un effettivo **miglioramento nell'accuratezza**.
- Rappresentare l'highlight mediante dei **canali visuali** resta una strategia da preferire.
- Pensiamo che in **contesti particolari**, la sonification potrebbe risultare **interessante**.

Esempio

Nelle **analisi collaborative** ogni partecipante potrebbe mettere in evidenza un suo punto di interesse mantenendo la scena inalterata ai suoi collaboratori.

- [1] Davide Rocchesso - Materiale didattico del corso Multisensory and Data Exploration - A.A. 20/21
- [2] Niklas Rönnerberg - “Musical sonification supports visual discrimination of color intensity”, Behaviour & Information Technology (2019) 38:10, 1028-1037
- [3] Niklas Rönnerberg - “Sonification supports perception of brightness contrast”, Journal on Multimodal User Interfaces (2019) 13:373–381
- [4] Hans Rosling - TED Talk ([link](#))