



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Design e Comunicazione

A.a. 2022/2023

Sessione di Laurea Settembre 2022

THE MAGIC NUMBER TWO, PLUS MINUS ONE

TRA TATTO E OLOGRAFIA

Relatore:
Eleonora Buiatti

Candidato:
Riccardo Stevanato

Quest'opera è soggetta alla Creative Commons Public Licence versione 2.5 o posteriore.
L'enunciato integrale della Licenza in versione 2.5 è reperibile all'indirizzo internet
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/deed.it>.

- Si è liberi di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera alle seguenti condizioni:

Attribuzione Bisogna attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da colui al quale è stata data quest'opera in licenza.

Non commerciale Non si può usare quest'opera per fini commerciali.

Non opere derivate Non si può alterare o trasformare quest'opera, né usarla per crearne un'altra.

- Ogni volta che si usa o si distribuisce quest'opera, lo si deve fare secondo i termini di questa licenza, che va comunicata con chiarezza.
- In ogni caso si possono concordare con il titolare dei diritti d'autore utilizzi di quest'opera non consentiti da questa licenza.

Ringraziamenti

Quando, dopo un confronto insieme, la Professoressa Eleonora Buiatti mi ha proposto una ricerca riguardo la teoria dei chunks, mi è subito parso di aver intrapreso un percorso per me molto coinvolgente. Successivamente, sempre grazie a lei, sono entrato in contatto con l'Associazione Culturale Noesis, in cui ho avuto l'opportunità di svolgere il tirocinio di tesi che mi ha permesso di comprendere in modo sempre più approfondito il valore del contatto con le realtà territoriali arricchito dall'utilizzo delle nuove tecnologie.

Per questa ragione si dedicano particolari ringraziamenti alla Dottoressa Manuela Lamberti, Presidente dell'Associazione Culturale Noesis e mia tutor aziendale, per avermi aiutato a comprendere meglio il mio ruolo nell'esperienza di tirocinio.

Esprimo una particolare gratitudine al Professor Amedeo Manuello Bertetto, Vicepresidente dell'associazione, per avermi messo a disposizione le tecnologie olografiche e avermi supportato durante tutte le sperimentazioni.

Un grato ringraziamento, inoltre, è dedicato alla Dottoressa Yulia Shevchenko, esperta in marketing e comunicazione dell'associazione, per aver agevolato le mie relazioni con le realtà locali con cui ho collaborato.

Infine ringrazio i miei genitori, la mia famiglia e tutte le persone che in questo cammino di formazione e di vita, percorso sino ad ora, mi hanno supportato nella realizzazione dei miei obiettivi.

Indice

Prefazione.....	8
Capitolo 1: Definizione della Teoria dei Chunk.....	11
1.1: Ricerca di George A. Miller.....	14
1.2: Ricerca di Chase & Simon.....	18
1.3: Ricerca di Fernand Gobet.....	20
Capitolo 2: Contesti applicativi per i cinque sensi.....	24
2.1 Introduzione.....	28
2.2: Vista.....	28
2.3: Udito.....	32
2.4: Tatto.....	33
Capitolo 3: Come funziona il tatto	36
3.1 Introduzione.....	40
3.2 Funzionamento del senso tattile.....	40
3.3 Strategie per memorizzare applicabili al senso del tatto.....	47
3.4 Approfondimento riguardo la cross-modalità.....	52
3.5 Sottrazione di uno dei sensi dagli altri.....	55
3.6 Conclusione.....	57
Capitolo 4: il tatto nell'era del digitale.....	58
4.1 Introduzione.....	62
4.2 Tra neurologia ed informatica.....	62
4.3 Applicazioni per la Virtual Reality.....	65
4.4 Applicazioni per l'Augmented Reality (AR).....	70
4.5 Applicazioni per l'assistenza alla guida.....	71
4.6 Conclusione.....	71

Capitolo 5: Esperienza pratica nell'olografia	72
5.1 Introduzione.....	76
5.2 Associazione Culturale Noesis.....	76
5.3 Utilità del tirocinio curricolare per la ricerca di tesi.....	85
Capitolo 6: Conclusioni	88
6.1 Dialogo tra le sezioni rielaborate in precedenza.....	92
6.2 Il tatto nell'olografia.....	93
6.3 La sensorialità nell'olografia.....	96
6.4 Riflessioni sul futuro.....	97
Bibliografia:	102
Sitografia:	106

Prefazione

L'obiettivo della tesi è quello di trovare un metodo che permetta di applicare anche al senso tattile la Teoria dei Chunk (di G.A. Miller e ricercatori successivi), ad ora consolidata nella progettazione solamente per i sensi della vista e dell'udito. La ricerca si basa quindi su una prima osservazione nel campo applicativo dell'olografia per poi indagare tutti gli elementi che possano renderla applicabile a qualsiasi ambito virtuale o reale che richieda l'impiego del senso tattile.

Capitolo 1

Definizione

della

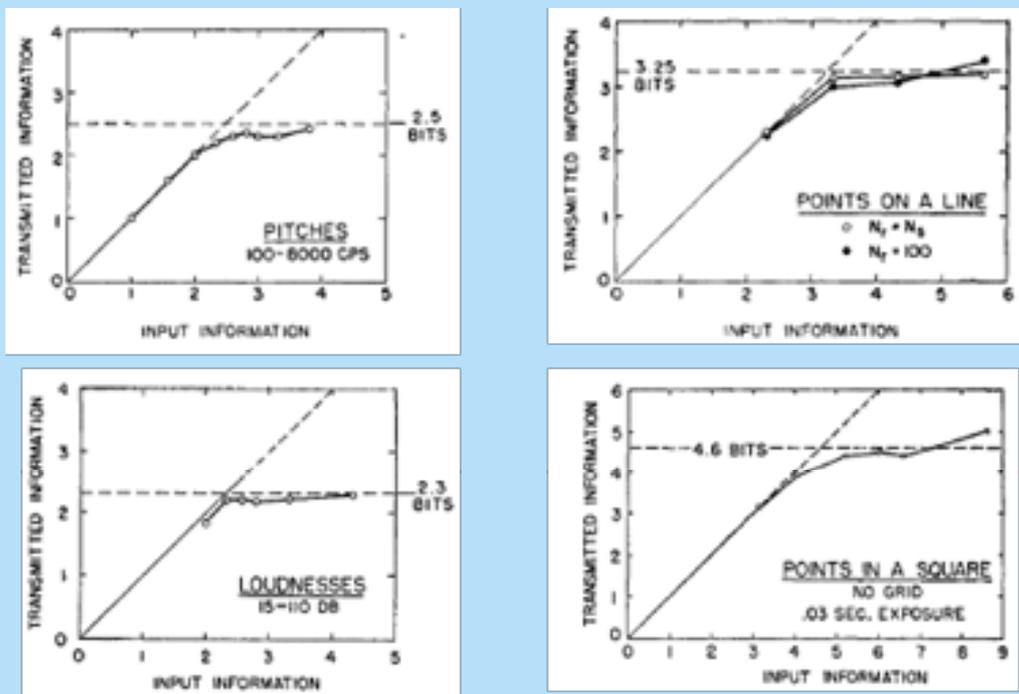
Teoria dei

Chunks

Keywords capitolo 1

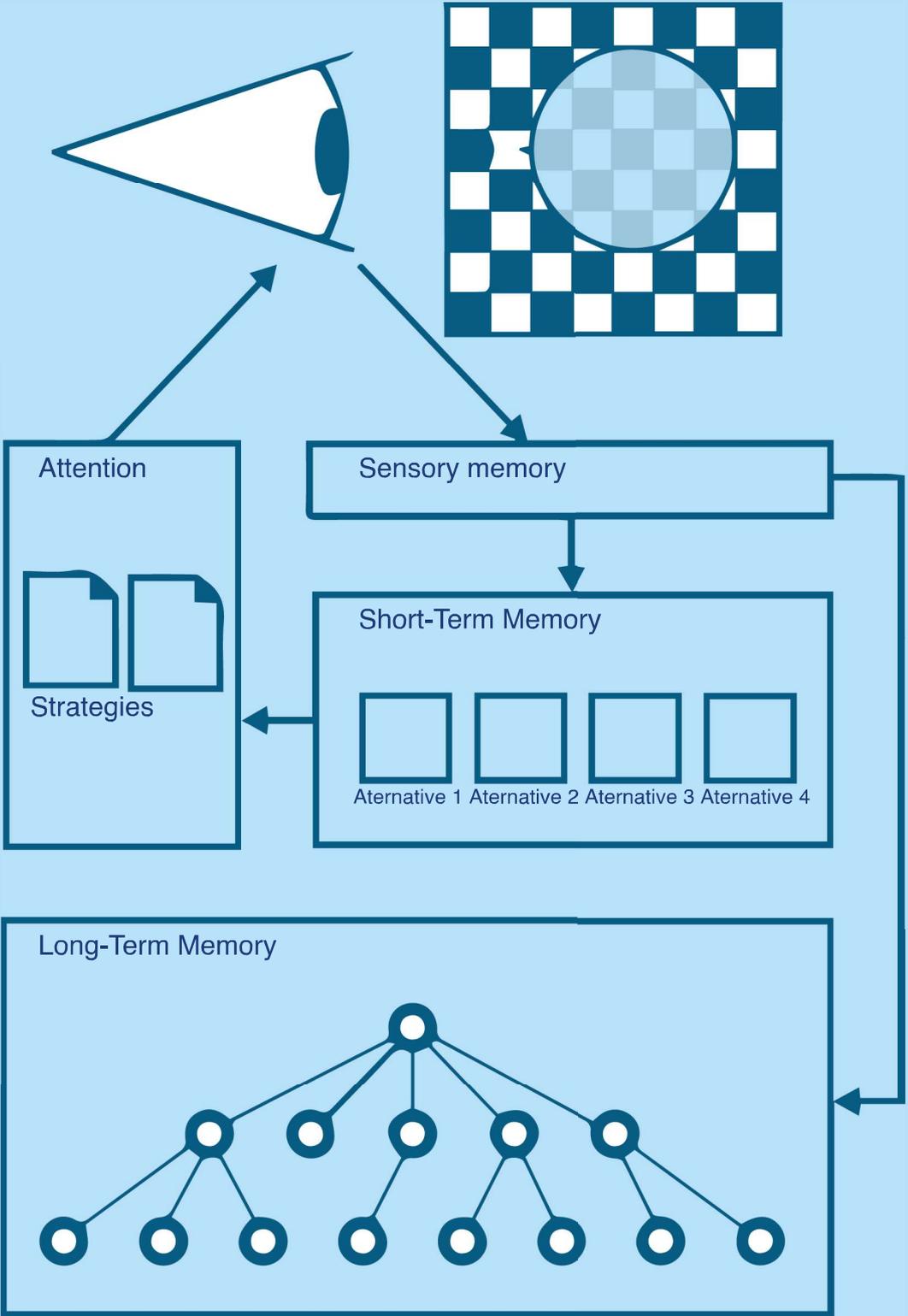
Sintesi del capitolo 1

Nel capitolo viene descritta la teoria dei chunks. In un primo momento viene analizzata la necessità di identificare tale teoria da parte di George A. Miller. Successivamente vengono esplicitate alcune sperimentazioni che hanno maggiormente arricchito tale teoria tramite gli studi compiuti da Chase & Simon per poi esplorare, nell'ultima parte del capitolo, in che modo la teoria dei chunks abbia contribuito alla nascita di una prima intelligenza artificiale.



Nella figura 1.0 sono illustrati quattro grafici che rappresentano sulla destra le variazioni in termini di intensità sonora, mentre sulla sinistra sono evidenziati spunti visivi offerti, permettendo quindi di comparare la capacità della memoria visiva e di quella uditiva (George. A Miller, 1956).

Nel grafico 1.0 è proposto un diagramma di flusso che illustra il funzionamento della memoria umana ed in che modo questa sia associabile al computer CHREST (Fernand Gobet, 2005).



1.1 Ricerca di George A. Miller

1.1.1: Nascita della teoria e descrizione del principio di funzionamento.

La Teoria dei Chunk è stata definita per la prima volta nell'articolo scientifico 'The magical number seven, plus or minus two' di George Miller (George A. Miller, The Magical Number Seven plus or minus two, 1956) in cui, in collaborazione con il dipartimento di psico-acustica di Harvard, è stata effettuata un'analisi su possibili soluzioni riguardo alla classificazione delle informazioni.

L'idea con la quale George Miller ha caratterizzato lo studio è nata riproponendo il concetto di varianza, usato nelle analisi statistiche per valori definiti, per la classificazione di informazioni a-dimensionali rappresentate sotto forma di pacchetti.

Infatti, nello scenario proposto le informazioni comparate sono i pacchetti informativi racchiusi in unità minime che una persona può acquisire prima di arrivare al suo limite di apprendimento. Una volta definita tale unità minima, si presenta un determinato numero di stimoli di base ai soggetti sottoposti all'esperimento sino a quando la loro memoria raggiunge il picco massimo.

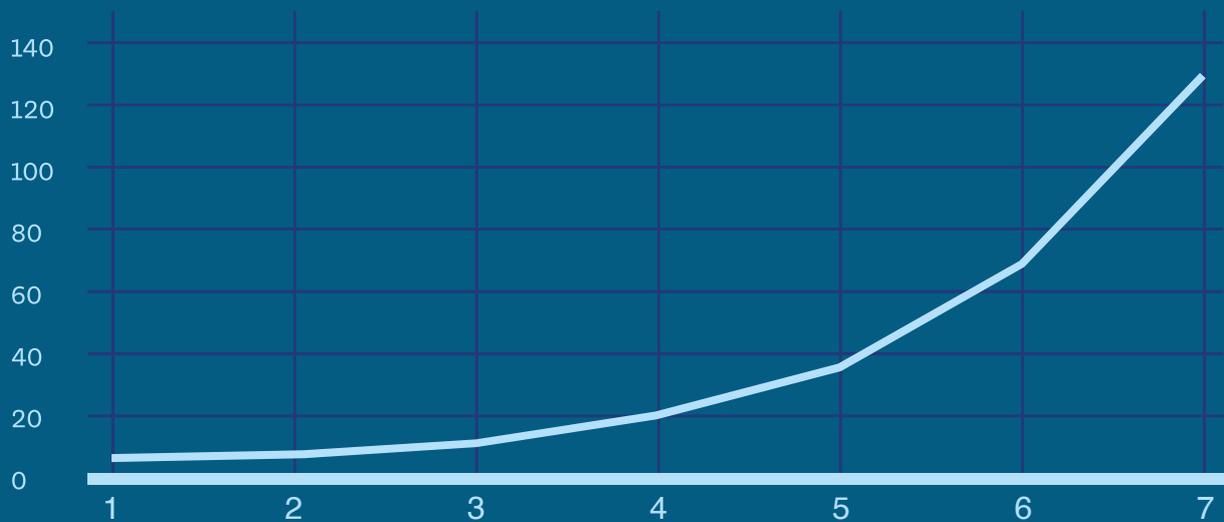
Si è poi visto, a seconda dei casi, che queste unità minime, comparate con informazioni più complesse, diventavano numeri grandi, ma non descrittivi del modo con il quale i dati vengono interpretati dal cervello. Per questa ragione si è proceduto a rappresentarli attraverso una scala logaritmica in cui i bits definiscono i pacchetti informativi. Di seguito è proposta una tabella (**tabella 1.1 e figura 1.1**) di comparazione tra unità minime e bits.

Definite le misure metriche essenziali, si è poi indagato come potessero essere percepite le informazioni. La soluzione che Miller ha trovato in tal senso si è basata sulla suddivisione in "communication channels", o, tradotti in italiano, "canali di comunicazione". Ognuno di questi canali trasferisce informazioni differenti e ha una differente capacità di metabolizzazione per riuscire a essere richiamata dalla memoria a breve e a lungo termine.

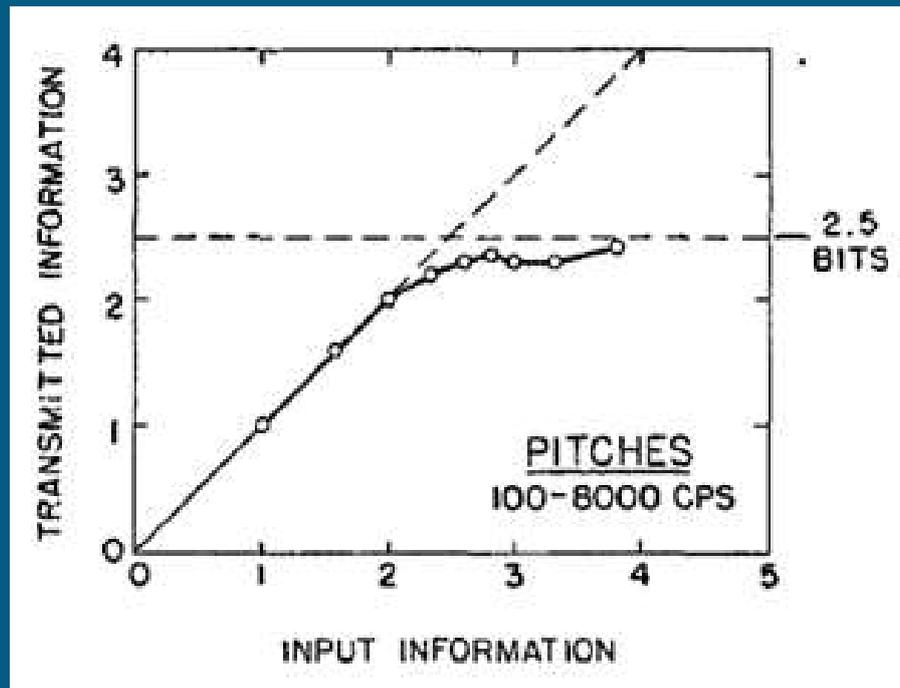
Tabella 1.1 esemplificativa del numero di collegamenti informativi per bit (George A. Miller,1956).

Numero di bits	Unità minime riconosciute
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256
9	512

Nella figura 1.1 è presentata una comparazione tra unità minime e bits di *chunks* di memoria.



Nella figura 1.2 è presentato l'esperimento di giudizio assoluto di stimoli uni-dimensionali in cui le persone sono state chiamate a riconoscere diversi tipi di frequenze sonore tra i 100-8.000cps (George A. Miller The Magical Number Seven plus or minus two, 1956).



1.1.2: Descrizione del processo di analisi eseguito da Miller.

Miller, definiti i caratteri di base con i quali ha potuto classificare le informazioni, ha poi eseguito i primi test. Durante l'osservazione sono stati presentati ai pazienti **stimoli uni-dimensionali** principalmente di carattere visivo, uditivo o tattile in cui si è verificato, a seconda dei tipi di stimoli o del canale di riferimento, quali erano le variazioni.

Come si può vedere in (**figura 1.2**), il primo esperimento è stato effettuato sulla differenza di frequenze sonore in cui le persone sono state chiamate a riconoscere un numero differente di stimoli. In un primo momento, ne sono state presentate poche, poi, in successione un numero sempre maggiore. I risultati della sperimentazione hanno dimostrato che è mediamente facile riconoscere fino a 2 bits, ovvero 4 frequenze sonore distinte, mentre sempre un minor numero di persone è riuscito ad arrivare a 2.5 bits.

Successivamente, nel progredire degli esperimenti, sono stati presi in considerazione altri casi: alcuni sempre riguardo l'udito, altri riguardo la vista e qualcuno in relazione al gusto. Nell'esecuzione di questi altri esperimenti si è osservata una variabilità nelle tendenze dei risultati comparati. Generalmente, tuttavia, i valori erano simili. Di seguito sono riportati degli esempi di valori medi che le persone hanno espresso in questi primi esperimenti con stimoli unidimensionali riguardo alla vista o all'udito.

Come si può vedere dalla comparazione dei grafici, riguardo alla vista i valori sono incrementati. Successive analisi hanno infatti mostrato come all'aumentare del numero di stimoli incrementasse anche la capacità di memoria nello stesso arco di tempo considerato.

Successivamente sono stati realizzati dei test in cui è stato aumentato il numero di variabili indipendenti ed in cui sono state presentate **6 distinte caratteristiche del suono**. Nello specifico esse erano: frequenza, intensità, tasso di interruzione, durata totale, ubicazione spaziale e frazione puntuale. Da questa indagine si è potuto notare che all'aumentare del numero di stimoli indipendenti è aumentata anche la capacità di memoria dell'ascoltatore, raggiungendo quindi il valore 7.2 suggerito dal titolo dell'articolo.

1.1.3: Conclusioni della ricerca di Miller.

Dalla ricerca compiuta da George Miller (1956) si è potuto quindi dedurre che più variabili indipendenti sono presenti, più i soggetti medi sono in grado di ricordare un maggior numero di informazioni. È da notare tuttavia che delle variabili irrilevanti rispetto al sistema possono sovraccaricare la capacità di elaborazione riducendo il numero di informazioni acquisite.

Il gioco degli
scacchi

1.2: Ricerca di Chase & Simon

1.2.1: Processo di ricerca.

Nei decenni successivi, dopo le prime teorie definite da Miller, altre ipotesi sono state avanzate. In particolare, basandosi sull'idea che un maggior numero di associazioni aumenti il numero di chunk, Chase & Simon hanno pubblicato nel 1973 il libro 'Perception in Chess'.

Il libro ha lo scopo di indagare come i **giocatori di scacchi** riescano a ricordare un grande numero di pezzi in posizioni differenti richiamando alla memoria scenari possibili, ma allo stesso tempo riescano a ricondurli sempre a quello reale. Secondo le regole del gioco, infatti, i giocatori non solo devono sempre tenere a mente la posizione attuale degli scacchi, ma devono anche immaginarsi scenari alternativi oppure ipotizzare eventuali strategie che l'avversario potrebbe mettere in atto. Il gioco degli scacchi quindi, per via delle sue stesse proprietà intrinseche, necessita di maggiore **capacità di memoria** per tenere a mente scenari presenti, alternativi e futuri. Questo tipo di esercizio richiede un grande sforzo di memoria rendendolo rappresentativo delle scelte che la mente umana può compiere in ambienti usuali. Allo stesso tempo, però, è **uni-dimensionale** (focalizzato solamente su stimoli di tipo visivo) come i test di Miller pertanto permette di determinare più facilmente quali sono i limiti.

Definita l'importanza che il gioco degli scacchi presenta per lo studio che si sta operando nell'ambito della psicologia cognitiva, si procede a presentare l'**esperimento** proposto da Chase & Simon. Durante l'osservazione i soggetti sono stati sottoposti a due tipi di task: la 'perception task' e la 'memory task'.

Perception task

Prima del test vengono posizionate due scacchiere: in una sono presenti i pezzi che il giocatore deve osservare, mentre sull'altra si devono copiare le posizioni della prima scacchiera. Come spunti di riferimento vengono lasciate 5 posizioni di metà gioco e 5 di fine gioco mentre il soggetto

sottoposto al test deve individuare due posizioni randomiche di metà gioco e due di fine gioco. Poiché viene lasciato un minor tempo per osservare, lo scopo del test è riuscire ad abbinare i pezzi alle corrette posizioni per i rapporti che hanno con le altre pedine. L'aspetto percettivo della prova consiste nel fatto che i pezzi della scacchiera vengono messi in successione a seconda degli abbinamenti che più converrebbe fare per cui, conoscendo le regole del gioco, un giocatore può dedurli dal punto di vista logico. In relazione al punto di vista prestazionale, giocatori novizi avranno più difficoltà ad abbinare alla corretta posizione i pezzi, mentre quelli esperti, possedendo un **archivio esperienziale maggiore**, potranno escogitare delle soluzioni per dedurre la risposta in minor tempo ed in maniera più pertinente.

Memory task

Come per la perception task, anche in questo caso sono presenti due scacchiere; il soggetto a cui viene proposto l'esperimento deve copiare da una all'altra le posizioni degli scacchi. In questo caso allo scacchista viene consentito di osservare la scacchiera solo per 5 secondi. Successivamente, se la prova è stata svolta correttamente, il giocatore potrà avanzare al prossimo passaggio della scacchiera. Se invece non ha collocato tutti i pezzi, gli è consentito di guardare per un tempo desiderato quella d'esempio per replicare l'esperimento in tanti tentativi quanti sono quelli necessari per completare la scacchiera.

La differenza tra i due esperimenti consiste nel fatto che il secondo analizza pedestremente il **comportamento mnemonico** del cervello dello scacchista, mentre il primo richiede un'analisi più logica. Attraverso la divergenza nei risultati si può quindi capire la correlazione tra i due elementi e quale sia quello preponderante riguardo alla memoria (Chase & Simon, 1973).

1.2.2 Conclusioni riguardo alla ricerca della percezione negli scacchi

Considerati i presupposti dei due tipi di esperimenti, si è poi proceduto alla loro analisi. Si è potuto osservare che le **persone sottoposte agli esperimenti riescono a ricordare 7+/-2 chunks** in cui la differenza tra chi riesce a ricordare più o meno informazioni è data dal maggior numero di relazioni all'interno dei chunks (più relazioni si costruiscono tra le unità singole, più il chunk può inglobare maggiori informazioni).

In conclusione, la differenza tra i giocatori novizi e quelli esperti è data da una maggiore abilità riguardo i chunks percettivi rispetto a quelli puramente mnemonici. È da sottolineare, tuttavia, che in vari punti gli studiosi di questa ricerca hanno minimizzato, ma non escluso, la possibilità di una sovrastima del numero di chunk, poiché sono state concesse pause da 5 secondi o più che potrebbero aver alterato i valori complessivi dedotti.

1.3 Ricerca di Fernand Gobet

1.3.1 Obiettivo della ricerca

Dopo il consolidamento della teoria dei chunks ad opera di Chase & Simon nel 1973, sono stati effettuati studi sempre più specifici riguardo alle dinamiche di analisi dell'informazione. Nel 2005 Fernand Gobet ha scritto un articolo scientifico dal titolo 'Chunking Models of Expertise: Implications for Education' in cui ha confrontato argomenti discussi in precedenza deducendone dei possibili spunti pratici nella contemporaneità.

Nell'articolo scientifico Gobet tratta la correlazione tra l'apprendimento, con quali modalità si sviluppa e quali sono gli elementi chiave che lo descrivono attraverso due teorie di suddivisione per 'pezzi' con caratteristiche simili. Queste due teorie sono da un lato la teoria dei chunks (Chase & Simon, 1973), già precedentemente trattata, e la Teoria dei templates (De Groot, 1978).

Nello specifico Gobet si è posto l'obiettivo di offrire nuovi spunti alla ricerca pedagogica, proporre metodi di insegnamento alternativi e supportare l'ambito del design attraverso una **progettazione più consapevole della percezione umana**.

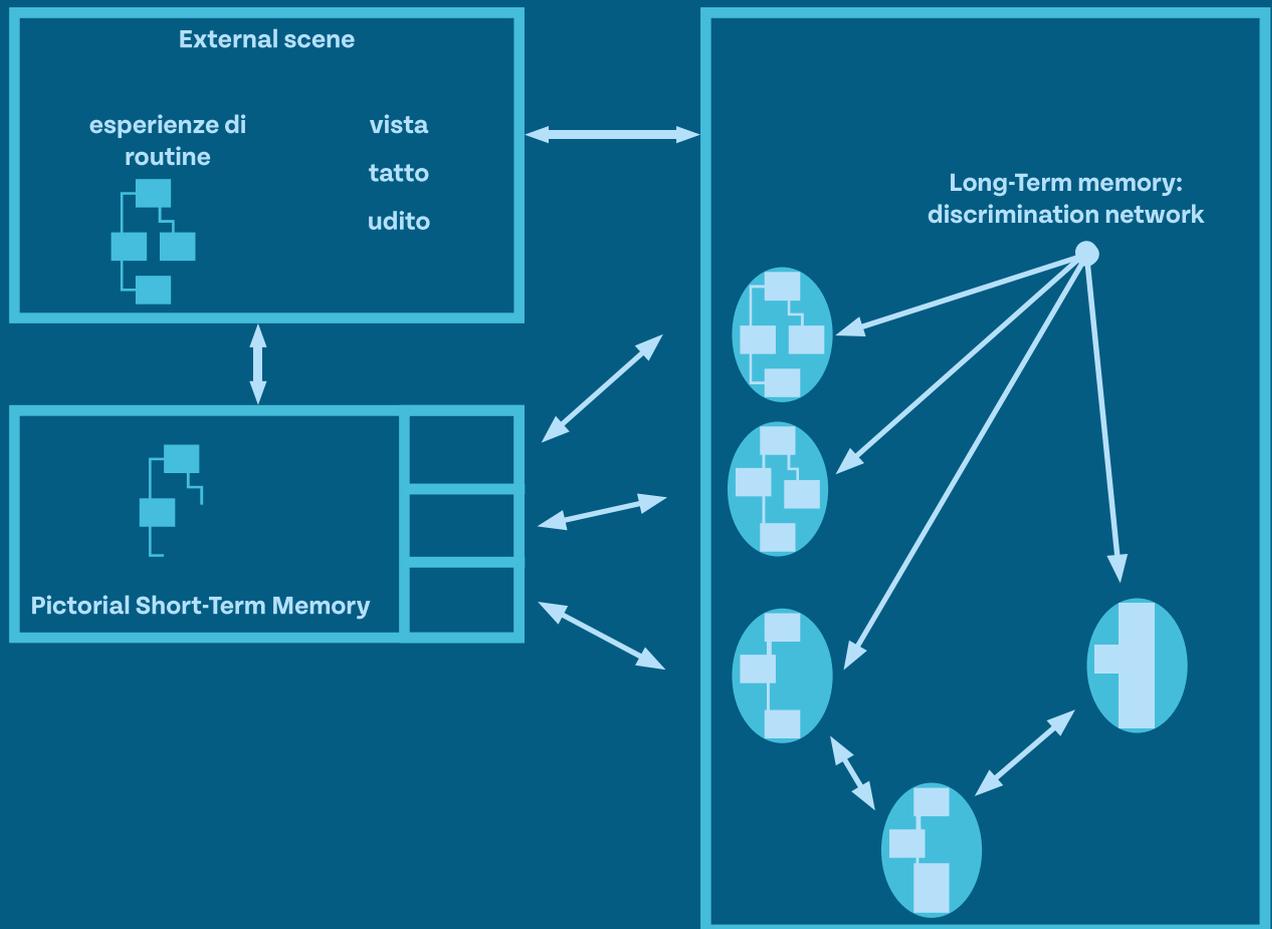
1.3.2 Caratteristiche generali dello studio di Gobet

Per la realizzazione degli obiettivi proposti è stato utilizzato un computer che permettesse di catalogare in maniera più precisa le informazioni raccolte.

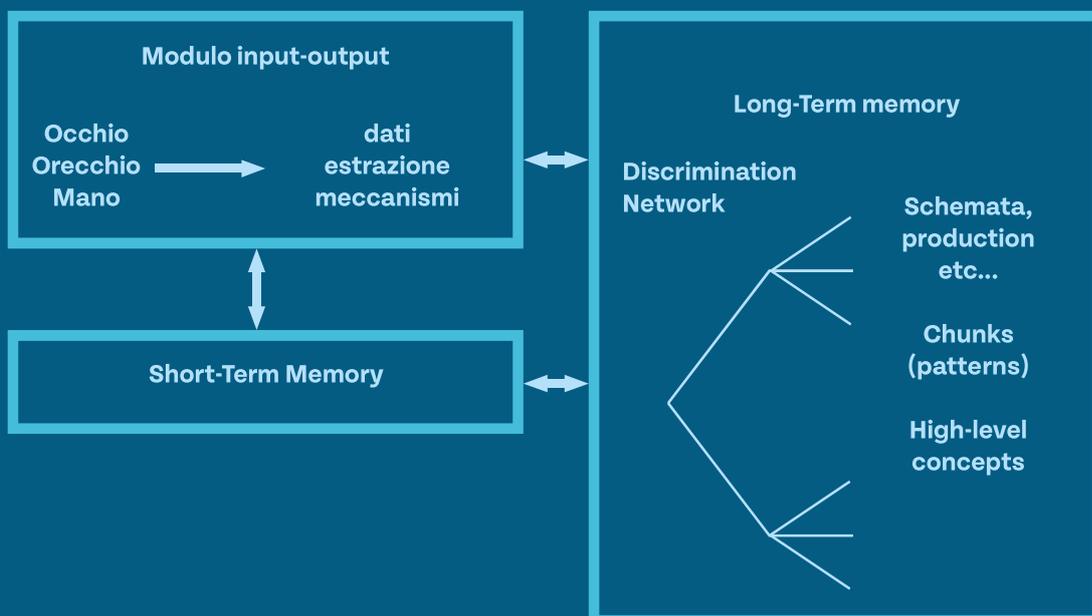
Come per Chase & Simon ed i ricercatori precedenti, infatti, anche il modello creato nel 1996 da Gobet e collaboratori ha impiegato una struttura gerarchica in cui i chunks acquisiti sono stati sommati in modo incrementale ai precedenti. Tuttavia, mentre i precedenti hanno avuto solo chunks percettivi, il **modello CHREST** (Chunk Hierarchy and REtrieval STructures; De Groot & Gobet, 1996; Gobet & Simon, 2000) ha permesso di avere anche chunks attivi.

Mentre i modelli di computer precedenti erano solo dotati di chunks percettivi che consentivano di catalogare le informazioni nella memoria a lungo termine, il nuovo modello CHREST, attraverso la differenza tra componenti percettivi ed attivi, è riuscito a compiere la distinzione tra apprendimento pratico e rielaborazione successiva (**figure 1.3 e 1.4**). Questo ha reso più efficace la 'coesione' (facilità nel saper associare

Nella figura 1.3 è mostrato in maniera schematica come il computer CHREST risponde a dei pacchetti informativi prima che l'informazione venga impiegata nel network di classificazione (F. Gobet, 2005).



Nella figura 1.4 è mostrato in maniera schematica come il computer CHREST risponde a dei pacchetti informativi prima che l'informazione venga impiegata nel network di classificazione (F. Gobet, 2005).



La nascita della teoria

informazioni differenti tra di loro a seconda dello scenario presentato in base alla prossimità semantica) delle scelte effettuate dal computer CHREST. Dalla tecnologia CHREST, infatti, **si è ricavata un'intelligenza artificiale** in grado di definire le mosse come farebbe un giocatore umano e nella quale provare le teorie per chunks (pezzi) come teorie di apprendimento.

A livello informatico il sistema operativo è fondato su tre macro-componenti: il modulo output/input, la memoria a lungo termine (Long-Term Memory - LTM) e la memoria a breve termine (Short-Term Memory - STM).

Nel suo funzionamento CHREST rileva le informazioni simulando le condizioni del cervello umano in relazione alle informazioni ricevute e le rielabora nella relazione tra memoria a breve ed a lungo termine. In base al grado di complessità della rete neurale che si crea partendo dalle azioni richiamate dalla memoria a breve termine (Chase & Simon, 1973), i chunks vengono acquisiti anche dalla memoria a lungo termine. Quindi, **maggiore è la rete di collegamenti** che si crea associandosi alle unità indipendenti, **maggiore sarà la dimensione del chunk** e delle scelte potenzialmente più versatili.

Definito il software del computer, si è ipotizzato di osservare la macchina in specifici ambiti applicativi: il primo è stato quello degli scacchi. Nella tabella proposta di seguito si possono osservare dei valori prodotti da giocatori umani a vari livelli confrontati con il giocatore artificiale CHREST.

Nella **tabella 1.2** si può osservare come il computer sia stato in grado di osservare e rielaborare le mosse fatte arrivando talvolta a limiti non eseguibili dall'essere umano senza tuttavia riuscire ad avere la versatilità necessaria per crearne di nuove attraverso un più elevato tasso di variabilità sd.

Infatti, durante il gioco, mentre i giocatori umani e in particolare i master hanno avuto un tasso di randomicità tra il 70-75% (non apparentemente associabili a scelte precedenti e/o cambi di strategia che però si sono rilevate funzionali alla partita), le simulazioni virtuali fatte con CHREST sono state generalmente più lineari, ed hanno raggiunto solamente il 60%.

Nella tabella 1.2 è mostrato in maniera schematica come il computer CHREST risponde a dei pacchetti informativi prima che l'informazione venga impiegata nel network di classificazione (F. Gobet, 2005).

Tempi di reazione		
Giocatore principiante	310ms	140sd
Giocatore esperto	260ms	100sd
Giocatore CHREST esperto	272ms	97sd

Nell'ambito della formazione, invece, la modalità per permettere la lettura dei movimenti del corpo in base all'oggetto dell'attenzione ha permesso di raccogliere informazioni su tre elementi chiave:

- ▶ Costo dell'acquisizione di conoscenza
- ▶ Ruolo della pratica
- ▶ Ruolo della percezione nell'acquisizione della conoscenza

Costo dell'acquisizione della conoscenza

Secondo la Teoria dei chunks (George A. Miller, 1956), ogni nuovo concetto appreso (per chunk) richiede di creare una maggiore coesione tra gli elementi. Per creare collegamenti servono osservazioni e prove a confronto con la pratica. In sostanza, più si pratica, più si riescono a creare collegamenti; più collegamenti si creano, maggiori quantità di informazioni potranno essere contenute per chunk.

Ruolo della pratica

Come già analizzato in precedenza più pratica si fa maggiori collegamenti ed associazioni alla realtà osservata si riescono a creare. Nella sperimentazione effettuata in relazione al rapporto tra tempo e qualità dello studio degli studenti Cinesi, Giapponesi ed Americani la differenza principale è marcata dal tempo dedicato allo studio.

Il ruolo della percezione nell'acquisizione della conoscenza

La percezione è funzionale al livello di permeabilità nella LTM delle informazioni apprese. Infatti, come già esplicitato in precedenza, a livello percettivo più si creano collegamenti, più a lungo la conoscenza sarà ricordata.

1.3.3: Conclusione

In conclusione, la ricerca di Gobet (2005) ha fornito nuovi elementi alla teoria dei chunk, nata solo a livello teorico o con applicazioni prive di proprietà dinamiche. Tuttavia, secondo i dati analizzati, la teoria dei chunks potrebbe aver necessità di ulteriori ricerche per raggiungere più validità e funzionalità. In sostanza, come è stato esplicitato nelle deduzioni a livello pedagogico, più dati acquisisce più è in grado di fornire risposte definibili in maniera precisa.

Capitolo 2

**Contesti
applicativi
per i cinque
sensi**

Keywords capitolo 2

Sintesi del capitolo 2

Questo capitolo nasce dalla necessità di comprendere in quale modo siano **applicabili le teorie dei chunks ai vari sensi** e cosa cambia dal punto di vista applicativo nei diversi casi. Pertanto è stata prima analizzata la vista in quanto settore della disciplina maggiormente studiato (si veda il capitolo 3.3 per maggiori informazioni), successivamente sono stati esaminati alcuni esempi rispetto al senso dell'udito per poi concludere con il senso del tatto. Di seguito è proposta una tabella riassuntiva dei dati raccolti tra i vari tipi di sensi.

Nella tabella 2.0 è proposta una sintesi della capacità di memoria uni-modale stimata e/o ricercata per senso, comparata a quanto tempo questa può essere mantenuta nella memoria a breve termine (George A. Miller, 1956, Chase & Simon, 1973, Gallace & Spence, 2014, Jude T. Nicholas et. al., 2019, P. Liang, J. Jiang et. al., 2018).

Capacità di memoria in base alla Teoria dei Chunks				
	Vista	Udito	Tatto	Gusto/olfatto
Durata media dei chunk nella STM	0-30 sec	0.5-5 sec	0.1-4 sec	/
Numero medio di chunks prima del decadimento della memoria	6-9 chunks	3-5 chunks	2-3 chunks	2 chunks dolce 4 chunks salato
Rilevamento dello stimolo (5 molto distante, 1 contatto diretto)	5-1	4-1	3-1	1-1
Tipo di funzionamento	Istintivo e cognitivo	Istintivo e cognitivo	Prevalentemente istintivo	Prevalentemente istintivo



Politics	Science & Health	Tech
 <p>New Mexico governor directs \$10 million for new abortion clinic near Texas border</p> <p>Georgia investigators seek testimony from a leader of 'Black Voices for Trump' before special grand jury</p> <p>Trump-backed Pennsylvania gubernatorial candidate suing Jan. 6 committee</p> <p>Biden administration asks Congress for funding for 'critical needs': Ukraine, Covid-19, monkeypox and natural disasters</p>	 <p>Webb telescope captures its first direct image of an exoplanet</p> <p>Artemis I launch team is ready for another 'try' on Saturday</p> <p>How to help your kids be more independent and self-sufficient</p> <p>Ultraprocessed foods linked to cancer and early death</p> <p>What no one tells you when looking for a new home</p>	 <p>Here's what might drive up the prices on the newest iPhones</p> <p>Twitter is finally testing an edit button</p> <p>Why this company thinks music videos (and cowhats) can teach online security</p> <p>Royal Caribbean to offer internet service from SpaceX</p> <p>From WFH boom to RTO bust. Could a Zoom takeover be next?</p>
Watch It		

Nella figura 2.0 si possono osservare alcune immagini rappresentative dei campi applicativi indagati dal capitolo: un musicista che suona una tromba, il sito della CNN in quanto esempio di teoria dei chunks correttamente applicata per la vista e infine una mano in contatto con l'ambiente virtuale per il senso del tatto (A. Pai, 2020, 2021).

2.1 Introduzione

In base all'analisi effettuata nel capitolo precedente, appare evidente che la teoria dei chunks sviluppa i suoi fondamenti nelle informazioni percettive ricavate dai sensi del corpo umano. In quest'ottica, il secondo capitolo prende in considerazione gli elementi chiave delle teorie precedentemente analizzate (**figure 2.1 e 2.2**) per poi verificarne la funzionalità in applicazioni pratiche e in metodi applicativi sviluppati successivamente alla redazione della prima postulazione di George Miller (1956).

Applicazione alla
vista

2.2 Vista

2.2.1 Regole Generali per la Teoria dei Chunks nel senso della vista.

Tra i cinque sensi la vista è la più impiegata per rielaborare le informazioni, in particolare oggi nell'era del digitale (si veda il capitolo 4 per ulteriori informazioni riguardo la multi-sensorialità tra vista e tatto).

In relazione all'anatomia nell'uomo, il senso della vista ha un campo d'azione di 220 gradi totali (110 per occhio) (E.Buiatti, 2019) rispetto alla vista periferica ed un focus di 16 gradi nell'angolo mediano per poter rilevare sia da vicino (a contatto con il corpo) che a chilometri di distanza (dove gli altri sensi non riescono ad arrivare) eventuali elementi estranei. Questa caratteristica di percepire sia da molto vicino che da molto distante input esogeni al corpo ha come conseguenza che la vista sia l'elemento centrale per la memoria visuo-spaziale (J. T. Nicholas, A. M. Johannessen, 2019).

I campi applicativi più esemplificativi della Teoria dei Chunks sono la creazione di siti web o layouts. In generale, il principio che descrive la progettazione grafica è la **suddivisione dello spazio visivo nei 7 +/-2 chunks**. Qualora sia richiesta una classificazione per più parti collegate logicamente, è necessario che l'unità minima più rappresentativa sia posta in evidenza, mentre gli elementi di dettaglio restano in secondo piano (try my UI blog, Katie Mykleseth, 2018).



La figura 2.1 mostra la distinzione tra le tre fasi del processo di acquisizione della memoria secondo la teoria dei chunks.

Percezione istintiva

La prima fase è quella della percezione istintiva. È definibile tale poiché tutti i sensi lavorano innanzitutto attraverso i ricettori di cui il corpo umano è fornito e trasmettono informazioni al cervello sotto forma di segnali elettrici. Il ruolo della Teoria dei Chunks, pertanto, è quello di osservare quante e quali delle informazioni vengono trasmesse.

Percezione ponderata

La seconda fase, descrivibile anche come percezione ponderata, è quella centrale nella teoria dei chunks. In base alla rete di collegamenti che si costruisce, sono selezionate le informazioni (riconosciute come prioritarie) da mantenere nella LTM. Questa fase, a cicli successivi, si alternerà con la terza dell'encoding: per un principio di selezione gerarchico dell'informazione, saranno mantenuti nel cervello solo gli elementi ritenuti maggiormente rappresentativi del contesto.

Encoding

La terza fase, definibile 'encoding', nel confronto tra due informazioni gerarchizza come esse siano state presentate e le classifica in base alla loro centralità nel contesto (quella più rappresentativa è quella che la mente ricorda per prima).

La figura 2.2 presenta la descrizione più approfondita di ciascuna delle tre fasi (F. Gobet, 2005).

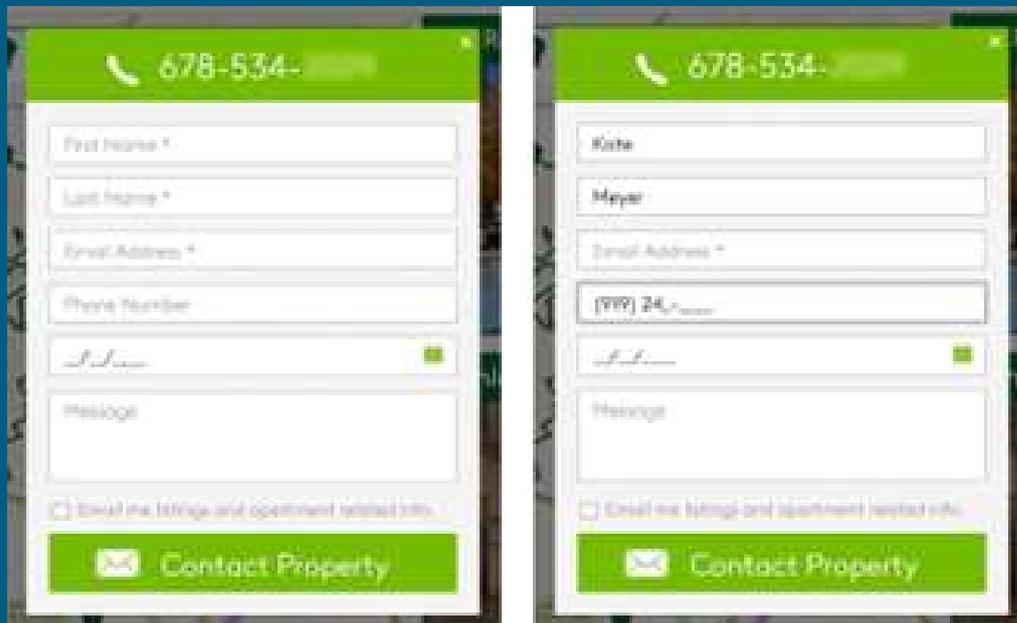
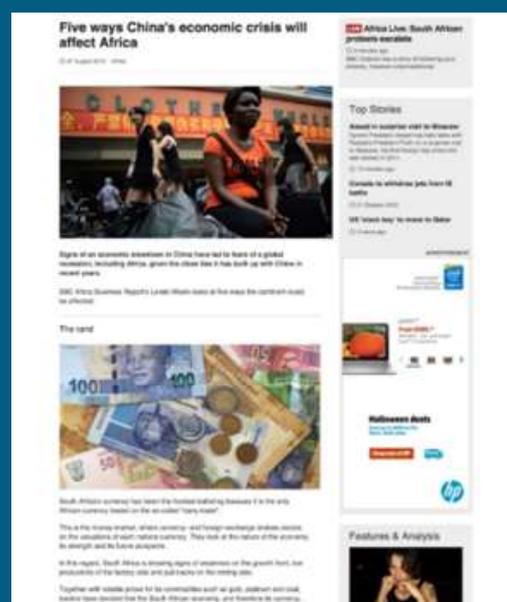


Figura 2.3 si presenta un esempio di sito web immobiliare in cui è stata applicata la teoria dei chunks per una macro divisione in 6 elementi distinti (chunks); per ognuna delle sequenze dei numeri inseriti è stato effettuato un raggruppamento per riuscire a discriminare dal punto di vista visuo-spaziale la loro posizione (A. Pai, 2020, 2021).



Nella figura 2.4 l'immagine mostra il sito web della BBC e l'applicazione delle regole della gerarchizzazione della teoria dei chunks (A. Pai, 2020, 2021).

2.2.2 Esempi applicativi per la vista

Numeri telefonici

Si è pensato di riassociare logicamente tra di loro dividendoli in pezzi i numeri di carte di credito o elementi che contengono più cifre di quanto le persone riescono a ricordare secondo gli studi (George A. Miller 1956).

Nel caso studio del sito immobiliare, per esempio (**figura 2.3**), è stata effettuata una suddivisione in 8 elementi principali evidenziando il primo numero e quello di invio (l'ultimo in basso). Per evitare confusioni nella lettura o nella trascrizione dei vari codici, per ogni unità considerata, sono state raggruppate le sequenze di numeri in chunks da tre elementi ciascuno. Durante la lettura o compilazione di lunghi codici l'utente è indotto a **collegare logicamente** il numero alla sua posizione nella sequenza in modo da non confondere involontariamente gli elementi tra di loro.

Nell'allestimento del layout in particolare sono stati presi i seguenti accorgimenti:

- ▶ Piccoli paragrafi con spazio di separazione tra di loro
- ▶ Linee di testo corte
- ▶ Chiara gerarchizzazione degli elementi correlati e raggruppamento di quelli simili quando possibile
- ▶ Suddivisione per gruppi di lettere o numeri quando possibile

Sito web BBC

Nel sito web preso in considerazione è mostrata una gerarchizzazione simile all'esempio precedente (**figura 2.4**), ma allo stesso tempo è utilizzata una maggiore quantità di informazioni. Si presenta quindi la necessità di ulteriori elementi di distinzione che permettano di avere uno sguardo di insieme prima di leggere la pagina paragrafo per paragrafo.

Le tecniche per mettere ulteriormente in evidenza i punti chiave della lettura del sito sono:

- ▶ Distinzione tra titoli, sottotitoli e paragrafi
- ▶ Sottolineatura delle parole chiave
- ▶ Presenza, quando possibile, di elenchi puntati o numerati
- ▶ Breve sommario per parti di testo più lunghe
- ▶ Inserimento, quando possibile, di immagini, grafici o altri elementi differenti dal testo rappresentativi per la lettura

2.3 Udito

2.3.1: Regole generali per la Teoria dei Chunks nel senso dell'udito

Udito e vista sono i due sensi che permettono al cervello un'efficiente encoding sia da vicino che da distante.

Generalmente la **distanza dallo stimolo percepito è inversamente proporzionale al grado di attenzione**: più il soggetto è lontano, minore sarà l'attenzione. Il rapporto tra distanza e grado di pericolosità dello stimolo determina il livello globale di attenzione.

In lontananza, infatti, le informazioni destano una minima attenzione, mentre da vicino, in base ai dati raccolti in precedenza, permettono di assistere gli altri sensi nella comprensione della pericolosità dell'oggetto. Riguardo più specificatamente l'acquisizione di informazioni uditive, il processo di funzionamento consta solitamente nella suddivisione delle note o degli elementi uditivi progettati in base alla similarità della frequenza o alla facilità di ascolto.

2.3.2: Esempi applicativi per l'udito

I principali casi individuati sono tre: il software Music21, l'apprendimento a livello musicale e la composizione della musica.

Prima dell'analisi dei casi di studio si fa però presente che la dimensione dell'udito potrebbe non essere riassociabile con quelle della vista e del tatto. Mentre il senso della vista e il senso del tatto si basano principalmente su una percezione visuo-spaziale, l'udito potrebbe creare stimoli di **natura differente** nella mente umana (per esempio, una pagina web è fatta di forme, colori e immagini, un brano musicale è composto da frequenze e intensità).

Si osserva quindi che la percezione del senso della vista e del tatto potrebbero essere difficilmente confrontabili con l'udito.

Gli esempi che seguono sono stati scelti perché dichiaratamente basati sulla teoria dei chunks riguardo l'udito.

Music21

Music21 è un software basato sulla generazione di musica partendo da un database di note singole caricate in precedenza.

Il funzionamento di Music21 trova le origini nel modello MAPP (Memory-aided Pattern Perceiver, Simon & Martin, 1973), a suo tempo usato per la creazione di un prototipo di intelligenza artificiale che fosse in grado di

giocare una partita di scacchi. Il modello MAPP, infatti, era dotato di un database a cui fare riferimento per capire quali mosse fare attraverso un archivio di 50.000 chunks di mosse realmente compiute da giocatori umani (F.Gobet, 2005).

Attualmente il funzionamento di Music 21 è lo stesso: è fornito di un database contenente migliaia di note che vengono accoppiate assieme secondo per secondo fino alla costruzione dell'intera canzone.

Il numero così alto di note è reso possibile dalla differenza di provenienza, dall'intensità o dalla frequenza con la quale queste vengono registrate.

La selezione delle note può essere effettuata in base alle seguenti due caratteristiche:

- ▶ Selezione a livello di programmazione di frequenze simili di modo da creare musica casuale, ma senza grandi variazioni che disturbino l'udito dell'utente.
- ▶ Autoapprendimento attraverso lo stesso principio di CHREST (si veda capitolo 1.3 per ulteriori informazioni) per la quale la macchina osserva e copia frequenze di altre canzoni sino alla generazione della frequenza desiderata.

Apprendimento a livello musicale

La suddivisione in chunks nell'apprendimento musicale è la divisione del brano in piccoli elementi solitamente descrittivi delle note o della parte della melodia che non viene eseguita nella maniera sperata.

La grandezza e la logica con la quale la melodia viene solitamente divisa in pezzi è in base alla comodità/abilità del musicista.

Per fare un esempio pratico, un musicista principiante potrebbe dedicarsi solo ad una battuta per capire qual è la sequenza, la velocità o posizione dei tasti di cui deve tenere conto. Un compositore, invece, possedendo un maggior numero di chunks (George A. Miller, 1956) potrebbe essere in grado di suddividere un'intera riga del pentagramma in un chunk per battuta.

2.4 Tatto

2.4.1: Il ruolo del tatto nella Teoria dei Chunk.

Sino a questo punto sono stati analizzati sensi che sono osservabili anche in modalità uni-dimensionale. Si fa riferimento, per esempio, alla possibilità di ascoltare una canzone solo con le cuffie (senza guardare i video correlati quando si tratta di musica commerciale) o guardare un video in televisione senza audio. Si comprenderebbe meno, ma si potrebbe almeno cogliere un significato parziale. Nel caso del senso

Applicazione al
tatto

tattile, tuttavia, a meno che non si consideri un fruitore sordo-cieco (Obretenova, et. al., 2010), questo non capita quasi mai. Nella maggior parte dei casi, infatti, quando un oggetto viene toccato, è entrato prima nel campo percettivo della vista o dell'udito. Questa situazione ha come conseguenza che il senso del tatto (e come si vedrà successivamente anche il gusto/olfatto) ha necessità di avere quasi sempre un'immagine correlata alla vista e/o all'udito per essere ricordato più facilmente (Tactile working Memory and Multimodal Loading, Peter Terrence, 2008). Le funzioni della memoria tattile sono molto varie, **possono percepire 5 maggiori tipi di stimoli sensoriali (tabella 2.2)** differenti ed hanno 4 tipi di funzioni (**tabella 2.1**) (J. T. Nicholas, A. M. Johannessen et al., 2019).

2.2.2 Esempi applicativi per il tatto

Di seguito sono proposti degli esempi applicativi per il tatto. È utile notare che in questo ambito le ricerche potrebbero ancora essere ad un livello più sperimentale rispetto ai sensi precedentemente analizzati poiché non si è ancora riusciti a definire un modello applicativo unico condiviso dalla comunità scientifica. L'obiettivo, pertanto, è quello di descrivere quali potrebbero essere i progetti di riferimento che sono basati sulla teoria dei chunks.

VRED Products

Recenti ricerche hanno reso la tecnologia VR (Virtual Reality) sempre più vicina alla realtà. Per questa ragione, è nata la necessità di comprendere come simulare le percezioni tattili all'interno del mondo virtuale (Conceptualising touch in VR, Carey Jewitt and Nikoleta Yiannoutsou, 2021).

Cogliendo questa necessità, l'azienda Autodesk® ha progettato un sistema di realtà virtuale dedicato ai progettisti in cui è possibile avere feedback visivi, uditivi, ormai consolidati da anni, e tattili. Attraverso i movimenti correlati alla mano, infatti, l'ideatore dell'elemento tridimensionale può avere differenti percezioni fisiche a seconda delle azioni compiute.

Questi movimenti, per esempio, possono essere: la percezione del grado di rugosità del materiale, la possibilità (quando applicate leggi di gravità allo spazio tridimensionale) di utilizzare la vibrazione per segnalare il contatto del corpo con altri oggetti 3D.

Queste sensazioni percepite dagli arti vengono trasmesse attraverso i joystick impugnabili, guanti con funzione di controller o tramite hand tracking. La loro attivazione avviene tramite specifiche gesture che forniscono feedbacks al sistema rispetto all'azione compiuta (**figura 2.5**). A tal riguardo ogni movimento delle mani corrisponde ad un feedback tattile differente; maggiori informazioni sui movimenti sono forniti dal sito dell'azienda Autodesk®.

Nella tabella 2.1 sono visibili le principali funzioni percettive del senso del tatto focallizzato compiere un azione (J. T. Nicholas, A. M. Johannessen et al., 2019).

Funzioni percettive del senso del tatto
Attenzione
Memoria
Funzioni esecutive
Processamento del linguaggio

Nella tabella 2.2 sono visibili le principali percezioni tattili utili a descrivere i tipi di percezione che il corpo umano può riceve (J. T. Nicholas, A. M. Johannessen et al., 2019).

Funzioni percettive del senso del tatto
Vibrazione
Percezione del dolore
Temperatura
Pressione
Sensazione tattile piacevole



Nella figura 2.5 è mostrata l'immagine illustrativa di alcune prove dimostrative una volta entrati all'interno dello spazio virtuale di Autodesk VRED.

Capitolo 3

Come

funziona il

tatto

Keywords capitolo 3

Sintesi del capitolo 3

In questo capitolo viene analizzato il **funzionamento** del senso tattile, quali sono gli elementi che ci permettono di capire il mondo circostante apticamente e quali sono le **strategie** che si sono sviluppate per distinguere le regole del suo funzionamento.

Principio della Gestalt	Regola alla base del principio	
Prossimità	Elementi che sono vicini saranno raggruppati assieme.	
Similarità	Elementi che appaiono simili saranno percepiti come parte della stessa forma.	
Buona forma	Stimolo informativo organizzato in una forma simmetrica, semplice e regolare per quanto possibile.	
Figura-sfondo	Uno stimolo viene separato dal suo contesto.	
Continuazione	L'uomo tende a percepire dei contorni tutte le volte che degli elementi di un pattern definito sono posti nella stessa direzione.	
Destino comune	Gli elementi che si muovono nella stessa direzione sono percepiti come un'entità unica.	
Chiusura	L'essere umano tende a chiudere gli spazi attraverso il completamento di parti mancanti e ad ignorare i buchi nei pattern.	

Nella tabella 3.0 si può osservare una descrizione di quali sono i principi della Gestalt e quali sono stati gli studi compiuti sino ad ora riguardo al senso tattile.

	Funzione rispetto agli studi svolti sino ad ora nel senso tattile
	Elementi che sono vicini saranno raggruppati assieme (Chang et. al. 2007).
	Gli stimoli tattili con la stessa texture sono raggruppati assieme (Chang et. al. 2007, HARRAR & HARRIS, 2007).
	Nessun apparente studio condotto sino ad ora dal punto di vista tattile.
	In genere le persone tendono a distinguere il primo piano dallo sfondo attraverso la separazione di una figura di riferimento dal contesto; questo nel senso tattile si applica dopo che il corpo è stato esplorato apticamente (Heller, Wilson et. al. 2003).
	Interpretazione di un pattern separato da spazi vuoti visto come se fosse una superficie unica con forme continue e lineari (Chang et. al., 2007, HARRAR & HARRIS 2007).
	Tramite le evidenze emerse dagli studi della TVSS (Tactile Vision Substitution System) condotti con persone cieche, degli elementi distinti che si muovono nella stessa direzione (separati quindi dallo sfondo), sono percepiti come uniti (HARRAR & HARRIS, 2007).
	Distinzione di un pattern percepito come un elemento unitario tra due sequenze di stimoli vibro-tattili separate e distanziate da un disturbo (Kitagawa et. al. 2009).

Ruolo del
senso tattile

3.1 Introduzione

Il tatto ci consente di orientarci nelle azioni quotidiane: permette all'uomo di avere il senso dell'equilibrio, ma anche la percezione del grado di pericolosità dell'oggetto percepito (troppo appuntito, troppo caldo, troppo freddo, troppo viscido etc...).

All'interno del capitolo è quindi trattata la tematica del funzionamento del senso del tatto, quali sono le implicazioni psicologiche conseguenti alle azioni e in che modo il senso del tatto è in relazione con il resto della percezione umana.

3.2 Funzionamento del senso tattile

Tramite i ricettori, l'uomo può percepire informazioni di tipo meccanico, termico, chimico o essere allertato in relazione a pericoli bio-chimici. Le terminazioni nervose sono presenti su tutto il corpo e permettono all'uomo di avere coscienza del contesto in cui esso è inserito.

Classi di
ricettori

3.2.1 Quali sono i principali recettori tattili

I segnali fisici che il nostro corpo riceve sono quelli che ci permettono di essere consapevoli dell'ambiente circostante e allo stesso tempo sapere se quello che tocchiamo può essere lesivo per il nostro corpo.

Il nostro corpo può ricevere **cinque tipi di segnali**, ognuno dei quali permette di avere un differente tipo di percezione (percezione meccanica, percezione termica, percezione del dolore, propriocezione o percezione di qualcosa che ci sfiora).

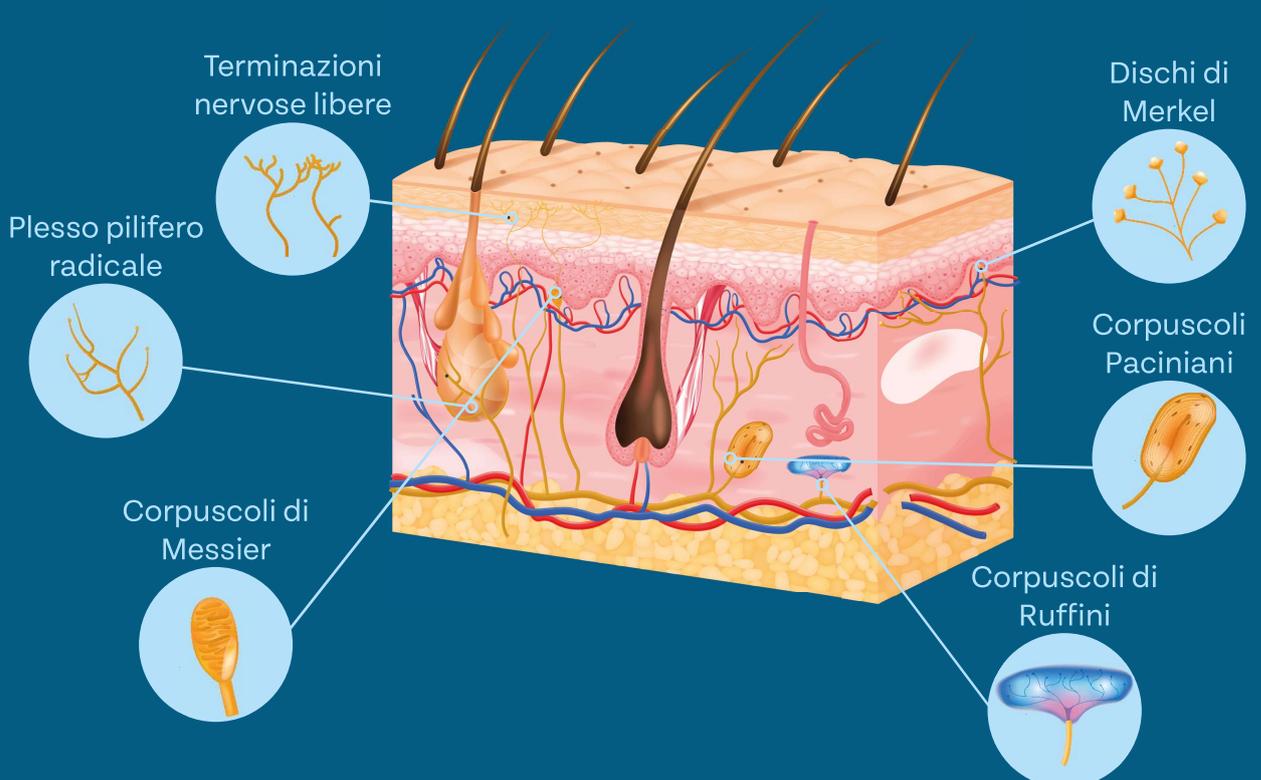
A lato è presentata la **tabella 3.1** dei recettori più importanti e le conseguenti funzionalità per ciascuno.

I recettori, tuttavia, non sono distribuiti su tutto il corpo in modo uniforme. Essendo il nostro corpo un sistema efficiente, in genere sono più presenti dove più necessari. Poiché le **mani sono il punto in cui si rileva la maggiore densità di recettori**, questa parte del corpo offre una maggiore consapevolezza dal punto di vista tattile.

Di seguito è presentata un'immagine di una sezione della pelle che mette in evidenza i principali recettori precedentemente citati. I vari tipi di recettori hanno tempi di risposta differenti e di conseguenza alcuni invieranno al cervello un messaggio prima, mentre altri in un secondo

Nella tabella 3.1 sono presenti le maggiori classi di recettori, i tipi di terminazioni nervose che li distinguono e la funzione che essi adempiono (Jude T. Nicholas et. al., 2019).

Classe di ricettori	Tipo di ricettori	Funzione
Termorecettori	Bulbi terminali Krause, terminazioni di Ruffini, terminazioni nervose libere	Percezione della variazione di temperatura tra caldo e freddo
Nocicettori	Terminazioni nervose libere	Percezione di sensazioni di dolore
Meccanocettori	Corpuscoli di Messier, corpuscoli Paciniani, dischi di Merkel, corpuscoli di Ruffini	Tocco leggero, vibrazioni lente, vibrazioni rapide, pressione profonda, tocco prolungato, etc..
Propriocettori	Recettori articolari Organi tendinei Fusi muscolari	Posizione delle articolazioni Tensione delle articolazioni Lunghezza dei muscoli
C-tactile fibres	Fibre afferenti non mielizzate	Tocchi delicati che rispondono ad uno piacevole



Nella Figura 3.1 è possibile osservare la forma semplificata delle classi di ricettori e la loro posizione all'interno del tessuto cutaneo (Gallace & Spence, 2014).

Nella tabella 3.2 è possibile osservare le maggiori classi di terminazioni nervose che permettono di percepire le sensazioni tattili ed il modo con la quale ciò è possibile (Gallace & Spence, 2014).

Classe di ricettori	Risposta del pattern	Stimolo di attivazione	Ampiezza del campo percettivo	Sensazione percepita
Corpuscoli di Ruffini	Adattamento lento	Deformazione della pelle	Grande	Tensione in profondità nella pelle
Corpuscoli di Messier	Adattamento rapido di tipo 2	Vibrazioni attorno i 50Hz	Piccola	Cambiamento nella texture
Terminazioni nervose libere	Adattamento lento	Lesione del tessuto per contatto, grande cambiamento di temperatura	Grande	contatto, pressione e stiramento
Corpuscoli Paciniani	Adattamento rapido di tipo 1	Vibrazione tra i 200 ed i 300 Hz	Grande	Vibrazione tra i 200 ed i 300 Hz
Dischi di Merkel	Adattamento lento	Pressione	Piccola	Tocco sostenuto e pressione
Plesso pilifero radicale	Adattamento rapido di tipo 1	Cambiamento della posizione dei peli/capelli	Piccola	stroking

momento. A lato sono proposti la **tabella 3.2** la **figura 3.1** esplicativi del meccanismo. La trasmissione del messaggio avviene tramite dei canali neuronali che passano all'interno della colonna vertebrale: più il canale è grande, più l'informazione trasmessa avrà un grado di priorità maggiore. La priorità nei messaggi di solito viene data ad input di **sensazioni tattili piacevoli e di dolore**: maggiore è la loro intensità, più priorità avranno tali segnali rispetto a quelli di altra natura (Gallace & Spence 2014). Il livello di maggiore intensità potrebbe determinare, in conseguenza al contatto, la focalizzazione del pensiero cognitivo (anziché istintivo) del cervello sul punto in cui l'input è originato.

3.2.2 Elementi scatenanti l'input tattile

Gli elementi scatenanti l'input tattile possono essere di due tipi: il campo percettivo e il senso del tatto racchiuso nel mezzo (mani, gomito, piedi, etc...) con cui si sceglie di toccare qualcosa. (Gallace & Spence, 2014). L'analisi che sarà effettuata nei paragrafi e capitoli successivi si concentra sul secondo tipo di percezione nell'ottica di ottenere una strategia per facilitare l'acquisizione degli input tattili diminuendo gli errori percettivi.

3.2.2.1 Quali sono gli input tattili percepibili

Memoria
tattile

Gli elementi percepiti possono variare a seconda della parte del corpo su cui sono originati.

In genere gli studi tattili si concentrano sulla mano poiché è quella che permette di avere la più ampia consapevolezza dei recettori usati.

L'argomento sull'effettiva capacità di percepire del senso tattile potrebbe essere ancora privo di una bibliografia consolidata, come potrebbe essere contenuta nella ricerca in campo visivo o uditivo. I risultati ottenuti sino ad ora, tuttavia, sembrano mostrare dei riscontri che confermano le prime ricerche svolte da Jevons (1871), in cui è stato affermato che il senso tattile umano non può percepire più di **3-4 stimoli aptici contemporaneamente**.

Alcuni studi più contemporanei (**figura 3.2**) hanno dimostrato come, dovendo distinguere degli stimoli attraverso 8 dita (escludendo i pollici), i partecipanti ai test siano riusciti a discriminare 3,6 stimoli correttamente nella task completa, mentre 4,6 nella task parziale. Nella **tabella 3.3** sono proposti i risultati complessivi (Cowan, 1984, Gallace et al., 2008, sperling 1968).

Come si può vedere nella tabella, nella task completa, che richiede un uso più intensivo dell'intera corteccia celebrale anziché parti specifiche,

il valore per il senso tattile è generalmente superiore a quello della vista o dell'udito. Tuttavia, è paragonabile a quello dell'udito quando il test è stato focalizzato su aree più specifiche.

Ulteriori studi hanno poi dimostrato come all'aumentare della complessità dell'area in cui gli stimoli possono avvenire o delle ulteriori informazioni che possano essere presenti, generalmente c'è un decadimento nel risultato percettivo finale. In particolare in una serie di studi è stato verificato che l'attenzione tende a decadere quando non è più presente la percezione del solo stimolo, ma anche il processo ed il mantenimento dell'oggetto rilevato rispetto alla sua posizione nello spazio. (Dalton, Lavie & Spence 2009).

3.2.2.2 Elementi che influenzano l'identificazione degli stimoli aptici

In questo paragrafo viene spiegato quali sono i fattori che possono influenzare il processo di identificazione degli stimoli aptici.

I fattori che possono influenzare la percezione tattile sono molteplici. In generale, per semplificare il processo percettivo, sono stati sintetizzati in cinque macroaree da Kranz (1972) riportate nella **tabella 3.1**.

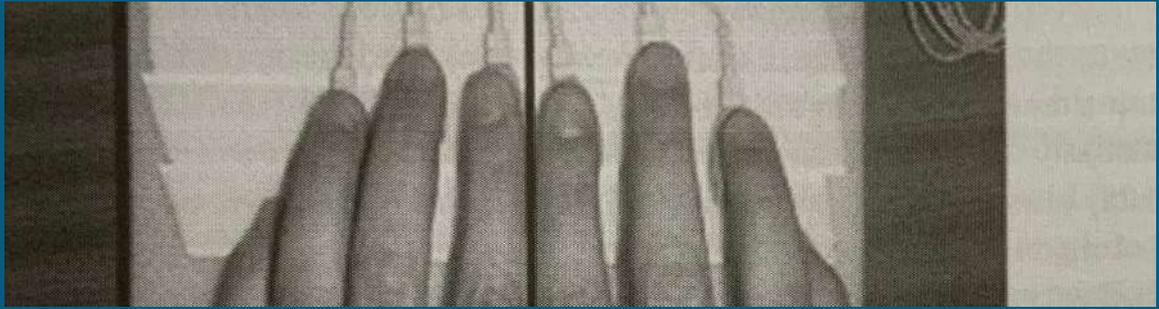
Queste sono:

1. Sforzo richiesto a percepire l'oggetto
2. Rugosità
3. Grandezza
4. Temperatura
5. Nitidezza della forma

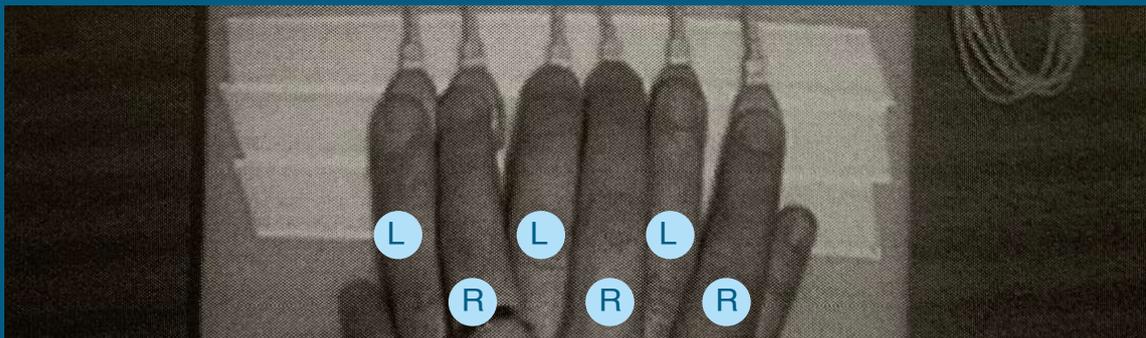
È però da sottolineare che, mentre all'aumentare dei soli input tattili ricevuti si verifica un generale decadimento degli stimoli percepiti, nel caso di una compresenza di un altro senso con il tatto nell'azione, gli stimoli percepiti aumentano notevolmente.

In conclusione, quindi, la quantità degli stimoli tattili ricevuti dipende da due fattori principali: la quantità degli stimoli ricevuti di diversa origine e la **compresenza di più sensi** che permetterebbe di 'scaricare' lo sforzo necessario alla percezione dello stimolo su più parti del cervello contemporaneamente (Kranz, 1972).

Posizione naturale



Posizione incrociata



Nella figura 3.2 si possono osservare le posizioni naturali o incrociate delle dita richieste dai test di percezione tattile in cui i pazienti hanno avuto il compito di identificare e rispondere a stimoli provenienti da 8 posizioni differenti (Zampini et. al, 2005).

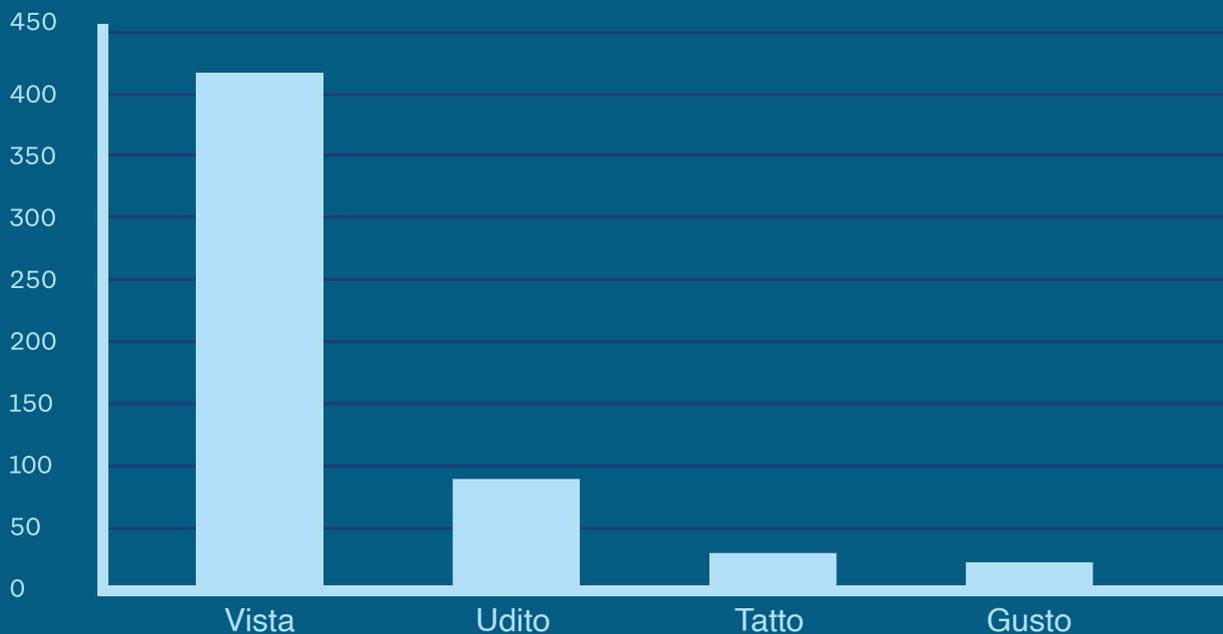
Nella tabella 3.3 sono proposti i risultati delle task complete e parziali che hanno posto a confronto il limite della memoria per i sensi della vista, dell'udito e del tatto (Cowan, 1984, Gallace et al., 2008, sperling 1968).

Vista		Udito		Tatto	
Completa	Parziale	Completa	Parziale	Completa	Parziale
2-3	12-15	2-3	5	2-3	5

Nella figura 3.3 vengono mostrati i principi della Gestalt secondo i principi delineati da Wertheimer nel secondo decennio del 900' (M. Wertheimer, 1912).



Nella figura 3.4 è visibile il numero totale di studi compiuti sino al 2012 riguardo la modalità sensoriale (Gallace & Spence, 2014)



3.3 Strategie per memorizzare applicabili al tatto

L'obiettivo della memoria è dare un significato alle sensazioni che il nostro corpo percepisce da un complesso ambiente multisensoriale. Comprendere le regole di codifica del nostro cervello relative alle informazioni trasmesse dal mondo aiuta ad interpretare quest'ultimo.

3.3.1 Principi della Gestalt

I principi della Gestalt (**figura 3.3**) suggeriscono un possibile metodo sul funzionamento della capacità di memorizzare informazioni.

Principi della Gestalt per il tatto

Le regole della Gestalt sono di seguito elencate:

- ▶ Legge della vicinanza,
- ▶ Legge della similarità,
- ▶ Legge della continuazione,
- ▶ Legge della figura-sfondo,
- ▶ Legge della chiusura,
- ▶ Legge del destino comune,
- ▶ Legge della buona forma.

Si sottolinea tuttavia la prevalenza degli studi dei principi della Gestalt applicati al senso della vista e una minore attenzione nei confronti degli altri sensi.

Nella **figura 3.4** sono indicati circa 400 studi per il senso della vista, mentre meno di 50 per i sensi minori. (aggiornati al 2012 secondo il libro *'In Touch With The Future'*, Gallace & Spence, 2014).

In relazione ai dati presentati sino a questo momento, si potrebbe pensare che le leggi della Gestalt siano valide solo per il senso della vista. Tuttavia, come dicono Gallace & Spence (2014): "Perché no?".

In questo paragrafo quindi si osservano i **punti di contatto tra il senso della vista e il senso del tatto**, sottolineando tuttavia che ulteriori studi potrebbero essere necessari in futuro per meglio argomentare i risultati dei test empirici osservati sino ad oggi.

3.3.1.1 Principio di continuità

Se si presentano degli stimoli per un tempo di 500ms seguiti da disturbi fino a 100-500 ms, il risultato finale sarà percepito come una superficie unica continua (**figura 3.5**), in conseguenza ne risulterà un'illusione della percezione vibrotattile (Kitazawa et. Al, 2009).

Altri studi riguardo il principio di continuità applicati al tatto sono stati

realizzati da Chang et. Al (2007). Ai pazienti sono stati presentati vari tipi di patterns. Al termine dell'esperienza è stato chiesto in quali punti le textures hanno avuto continuità o si sono interrotte.

Nell'esperimento di Chang è stato fornito un pattern tramite stimoli visivi e tattili; da esso i pazienti hanno dovuto elaborarne una rappresentazione grafica a matita. È da notare come questa sia stata tramutata in forme e linee. Le forme derivanti dalla percezione di tipo aptico suggerirebbero pattern che seguono i principi di similarità, prossimità e di buona continuazione.

3.3.1.2 Principi di vicinanza e similarità

Secondo il principio di vicinanza, gli elementi simili accostati saranno percepiti come parte della stessa forma.

In una serie di esperimenti (Spence et. Al, 2009, Spence & Chen, 2012) è stato chiesto di riconoscere delle forme tramite percezione tattile mentre si era bendati e riportare verbalmente quello che si è percepito. I risultati hanno mostrato come i partecipanti abbiano usato le textures dei componenti (7 e 16 elementi di dimensioni $2,5 \times 2,5 \text{ cm}^2$) per raggrupparli quando sono stati percepiti spazi alla stessa distanza (**figura 3.6**).

3.3.1.3 Principio figura-sfondo

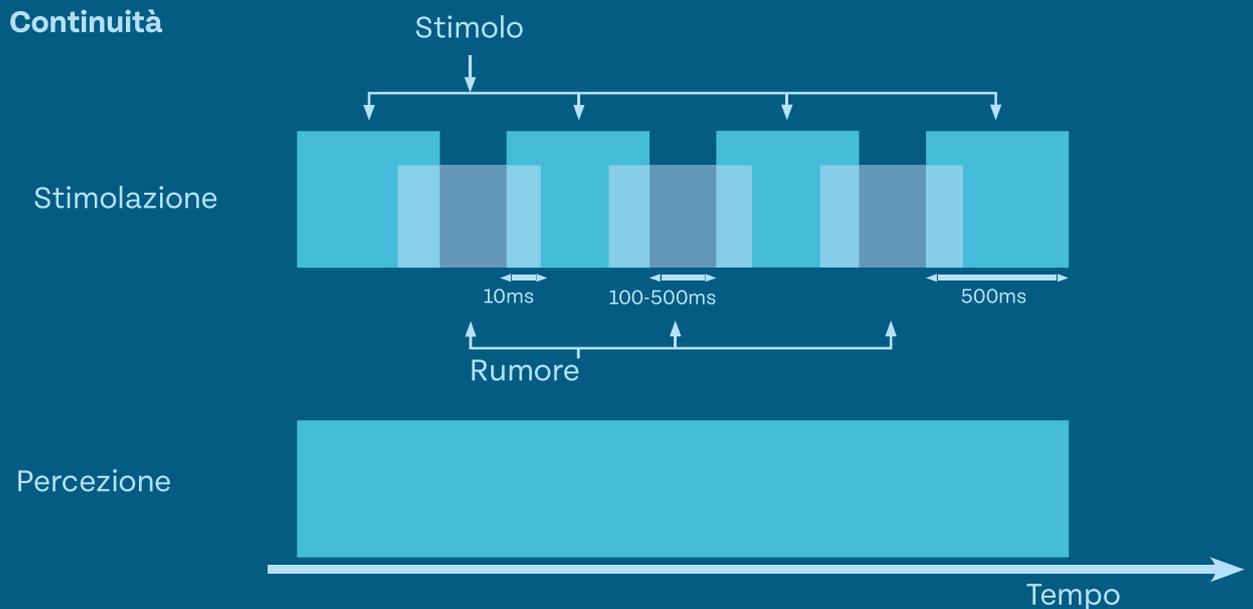
Secondo il principio figura-sfondo della Gestalt, quando uno stimolo entra nel campo percettivo umano, questo è separato dallo sfondo per facilitarne la comprensione (Peterson & Gibson, 1994, Rubin, 2001). Secondo questo principio, nel senso del tatto, quando il nostro corpo percepisce un oggetto estraneo, noi tendiamo a isolarlo dal mondo circostante.

Secondo alcuni studi, infatti, la capacità della nostra mente di isolare gli stimoli percepiti dal nuovo oggetto al centro dell'attenzione rispetto al suo 'sfondo' ha lo scopo di permettere di poter percepire ed usare più facilmente l'oggetto segregato.

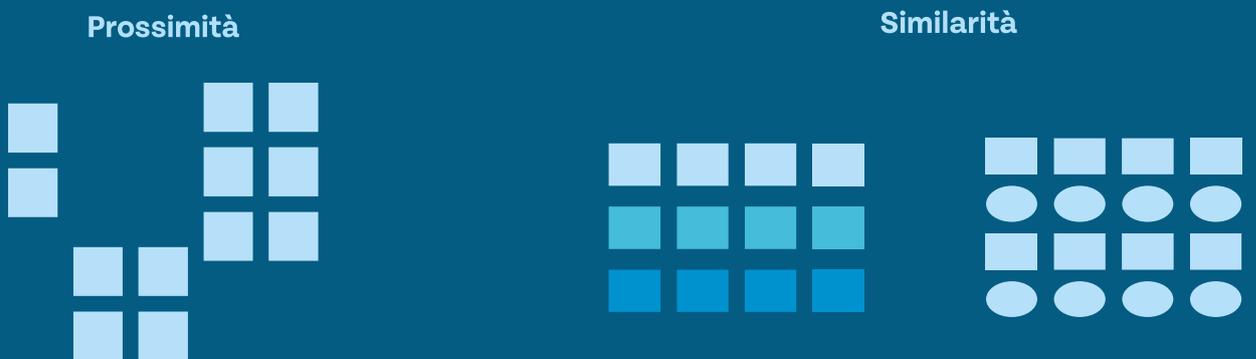
Con il tempo questo tipo di concetto non è stato più approfondito poiché studi di Revesz (1950), basandosi su sperimentazioni in diverse tipologie di pazienti, hanno suggerito che il tatto non permette di avere un campo di profondità come quello visivo o avere riferimenti tra l'orizzontalità e la verticalità dello stesso campo.

Recenti studi, tuttavia, potrebbero aver dimostrato che ci possono essere più collegamenti di quanto ci si potesse aspettare tra il concetto

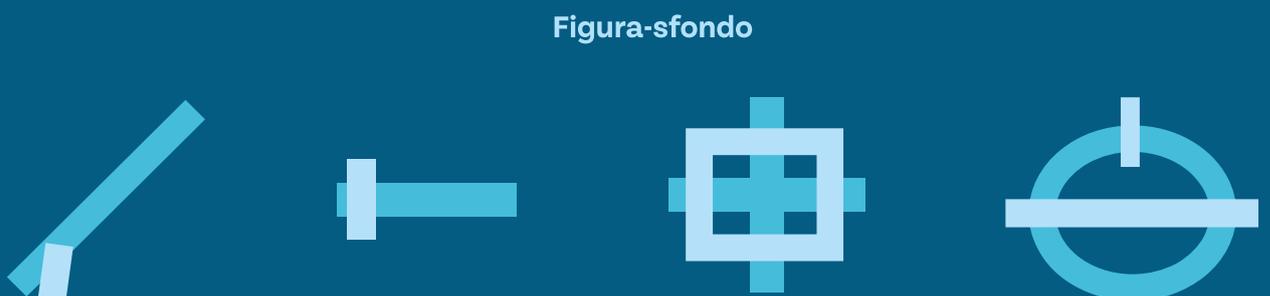
Nella figura 3.5 è riportato il risultato della sperimentazione di Kitazawa et. al (2009) in cui sono stati presentati ai partecipanti degli stimoli illusori.



Nella figura 3.6 sono visibili due tipi di principio di raggruppamento per similarità e per prossimità. In particolare nel caso della classificazione per similarità sono state create due distinzioni per forma o per colore (Spence et. Al, 2009, Spence & Chen, 2012).

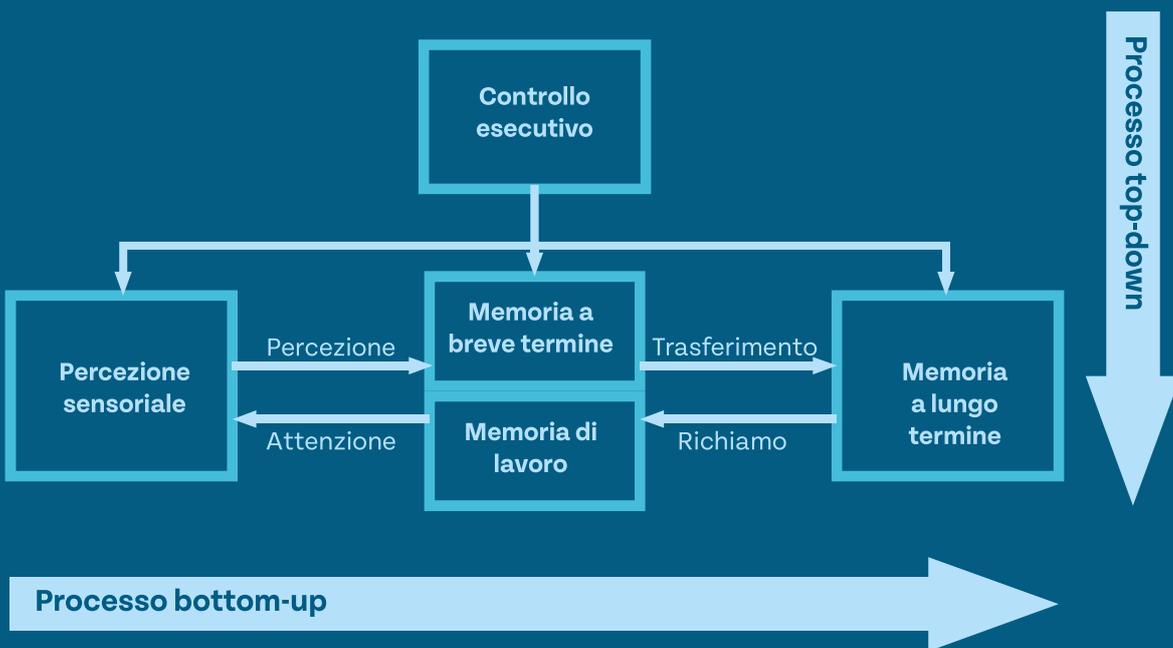


Nella figura 3.7 è riportato il risultato della sperimentazione di Heller, Wilson et. al. (2003) in cui è stato chiesto ai partecipanti di riconoscere tattilmente una figura dal suo sfondo, indagando quindi se anche il principio di figura-sfondo della Gestalt può essere applicabile al tatto.





Nella figura 3.8 è mostrato un'esempio del principio bottom-up e top-down relativamente al senso della vista (E. Buiatti, 2019)



Nella figura 3.9 è illustrato il processo bottom-up e top down applicato al senso del tatto ed ai sistemi di memoria che lo descrivono (Jude T. Nicholas et al, 2019).

di figura-sfondo del senso della vista e in quello del tatto.

In particolare quello di Heller, Wilson et al. (2003) potrebbe aver supportato la validità del principio della Gestalt nel senso del tatto (**figura 3.7**).

L'esperimento ha richiesto a persone cieche o bendate di definire dal punto di vista tattile delle figure collegate in un modo più o meno definito con lo sfondo. I risultati hanno evidenziato che sia le persone cieche che quelle bendate sono riuscite ad ottenere un risultato con un grado di accuratezza all'incirca simile, tuttavia, le persone cieche hanno compiuto tale azione più velocemente di quelle bendate. Gli studi, pertanto, hanno concluso che si può isolare la figura dallo sfondo con un significativo grado di precisione utilizzando un **solo canale informativo**.

Ne consegue che, data la recente riscoperta dei principi della Gestalt riguardo il senso tattile, ulteriori studi potrebbero mettere in evidenza criticità non considerate in passato. Per raggiungere tale obiettivo, tuttavia, potrebbe essere necessario porre ulteriormente in evidenza le distinzioni delle proprietà del senso della vista con il senso del tatto poiché la differenza nel funzionamento potrebbe implicare ulteriori proprietà non ancora analizzate.

3.3.1.2.1 Principio bottom-up e top-down

I processi bottom-up e top-down sono notoriamente conosciuti nel campo visivo (**figura 3.8**). Essi permettono al senso della vista, tramite le informazioni percepite dalla retina, di avere una rielaborazione di quanto osservato in una distinzione di profondità tra quello che è in primo piano e quello che è presente sullo sfondo.

Il principio di funzionamento dei processi bottom-up e top down è il seguente.

Bottom-up: è il processo in cui le informazioni visive raccolte dalla retina riguardo i pattern di luce sono raccolti e rielaborati in una prima figura.

Top-down: è quella parte del processo dell'attenzione adibita a gerarchizzare gli elementi visivi percepiti: più gli input saranno percepiti al centro del campo visivo e con un maggiore contrasto, più la loro priorità sarà elevata (E. Buiatti, 2019).

Recenti studi, però, come si può osservare in **figura 3.9**, hanno dimostrato come il principio del processo bottom-up e top-down possa essere applicabile anche al senso del tatto (Jude T. Nicholas et al, 2019).

Come si può vedere nell'immagine, infatti, il processo bottom-up, come nel senso della vista, prevede una prima fase di input sensoriali che vengono poi rielaborati dalla memoria di lavoro, dal sistema di controllo esecutivo e dalla memoria a breve termine. In questo secondo

momento il processo top-down inizia la sua operatività nel definire quali sono gli elementi più o meno prioritari. Definite le priorità attentive, se l'informazione è ritenuta effettivamente rilevante, è archiviata nella memoria a lungo termine (Jude T. Nicholas et al, 2019).

3.3.1.3 Principio del destino comune

La legge del destino comune definisce come le percezioni che sono rivolte nella stessa direzione potrebbero tendere ad essere percepite come un'oggetto unico. Perché questo avvenga dal punto di vista tattile, un sufficiente numero di ricettori deve essere attivato; è necessario avere, infatti, degli elementi che costituiscono lo sfondo mentre altri definiscono il primo piano.

Secondo tale principio, dal punto di vista tattile è necessario investigare quali sono gli stimoli in movimento e quale è l'intensità con la quale questi si manifestano.

3.3.1.3.1 Percezione del moto apparente

Secondo alcuni degli studi preliminari operati da Wertheimer (1912), il principio di moto apparente ha l'obiettivo di determinare i movimenti complessivi dell'oggetto.

Per determinare se un oggetto è in movimento o è fermo nel tatto è necessario correlare la posizione precedente con quella osservata. I **patterns simili** percepiti in una posizione differente da quella precedente saranno indentificati come in movimento.

Harrar & Harris, tuttavia, hanno dimostrato come gli stimoli vibrotattili siano simili, ma non identici agli stimoli visivi. La principale differenza è stata definita dal fattore temporale richiesto per riassociare le figure prima e dopo la percezione.

Nella comparazione dei tempi richiesti, infatti, è stato stimato che alla percezione tattile occorrono 195 ms mentre a quella visiva 160 ms.

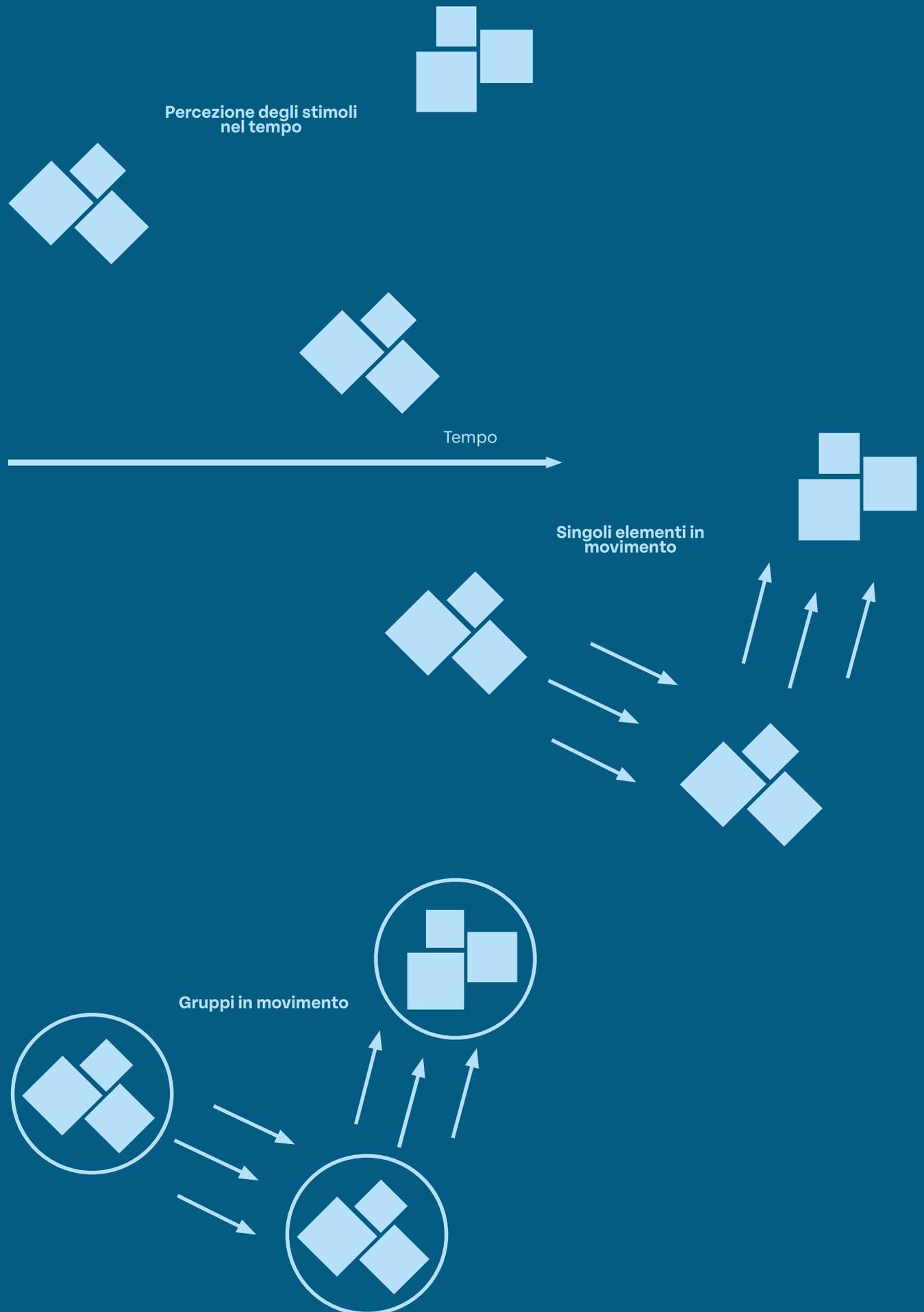
A lato (**figura 3.10**) è mostrato il fenomeno di Harrar & Harris (2007).

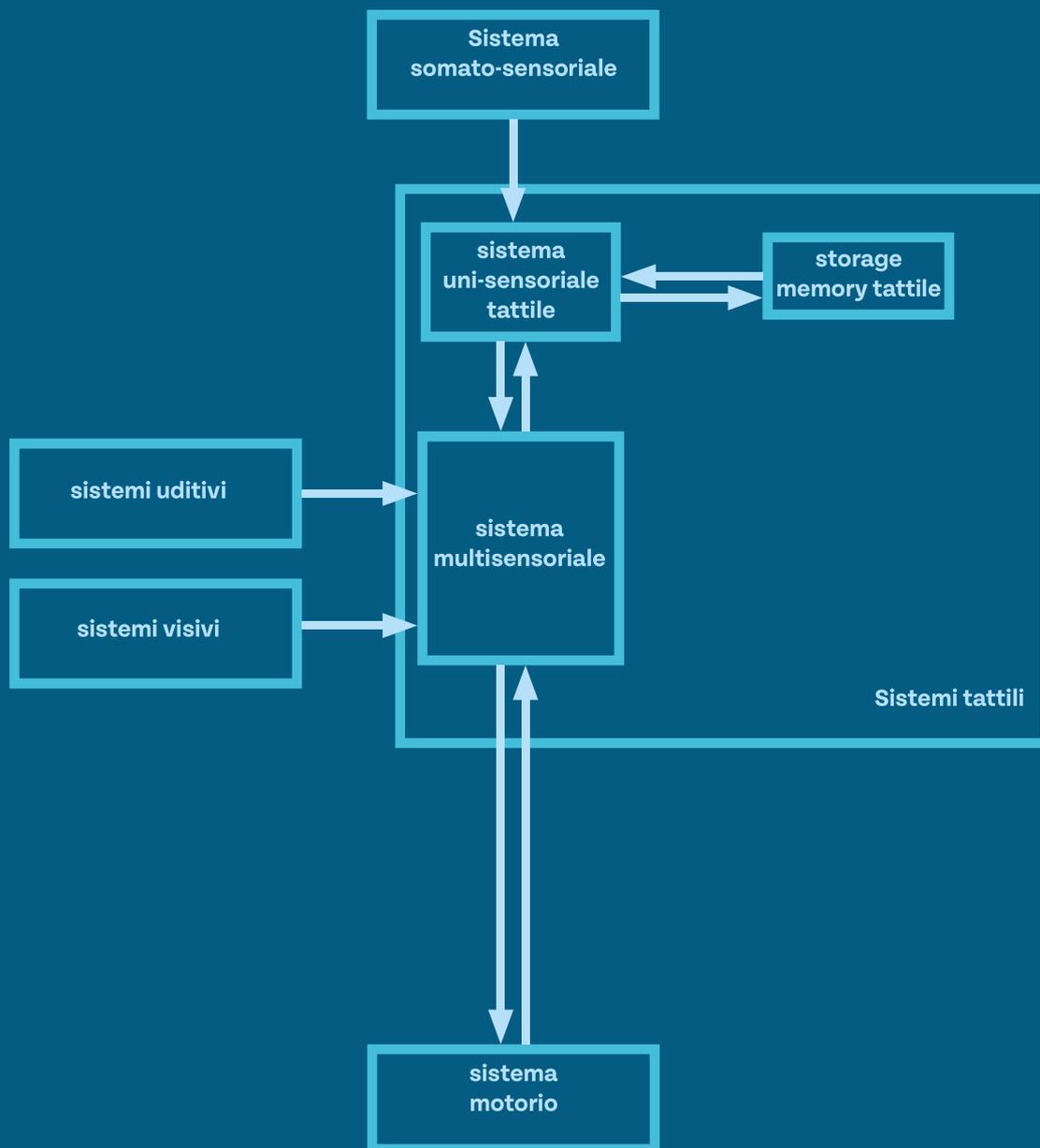
3.4 Approfondimento riguardo la cross-modalità

Per “cross-modalità” si intende la capacità di acquisire ed elaborare informazioni **tramite sensi differenti**.

I ricordi legati alla cross-modalità, in genere, sono originati da differenti tipi di memoria (in base alla modalità uni-dimensionale del senso). Essi sono poi rielaborati all'interno della working memory in un secondo momento (**figura 3.11**). In base a quanto divergono o collimano i singoli

Nella figura 3.10 è presentata l'organizzazione di come gli stimoli sono percepiti dal senso tattile in una modalità uni-sensoriale (Harrar & Harris, 2007).





Nella figura 3.11 è illustrato il processo bottom-up e top down applicato al senso del tatto ed ai sistemi di memoria che lo descrivono (Gallance & Spence, 2014).

ricordi delle singole modalità sensoriali si determina la facilità di permeazione del ricordo all'interno della LTM (Si veda il capitolo 1.3 per maggiori informazioni).

La cross-modalità permette di richiamare all'attenzione più facilmente ricordi associati ad altri sensi, compreso quello scelto volontariamente: nel caso del tatto, richiamare immagini o suoni collegati alla sensazione tattile percepita. Nello specifico, più l'informazione relativa ad un senso è intensa o precisa, più potrebbe esserlo anche relativamente agli altri sensi (Gallace & Spence, 2006).

La cross-modalità, inoltre, permette di avere un comportamento adattivo nei confronti delle varie situazioni consentendo di avere un richiamo più immediato dei ricordi tra i sensi coinvolti.

Come si può osservare nel grafico riassuntivo (Gallace & Spence, 2014), il senso del tatto (ed in conseguenza anche gli altri sensi), ha un **proprio sistema sensoriale** che riceve i segnali percepiti.

All'interno del sistema somato-sensoriale viene operata una prima classificazione dei segnali ricevuti per determinare quali sono quelli prioritari (per esempio, sarebbe preferibile che il cervello dia priorità ad un segnale meccanico o termico?). Acquisita questa prima serie di informazioni, essa viene trasmessa al sistema di elaborazione centrale in cui sono presenti la memoria di lavoro (Working Memory) e la LTM. Contemporaneamente il sistema somato-sensoriale e la memoria a lungo termine contestualizzano la validità dell'informazione ricevuta dal sistema somato-sensoriale tramite le informazioni ricevute a sua volta dai recettori di propriocezione distribuiti in tutto il nostro corpo.

Più le informazioni del sistema di elaborazione centrale, del sistema somato-sensoriale e della memoria spaziale condividono informazioni simili, più il dato sarà persistente nella memoria.

3.5 Sottrazione di uno dei sensi dalla percezione umana

Nei paragrafi precedenti di questo capitolo sono state trattate le caratteristiche del senso tattile e di come il tatto possa interagire con gli altri sensi.

In questo capitolo si analizzano le conseguenze sul cervello della privazione di uno di o più sensi osservando quindi come i rimanenti rispondano.

Alterazione
del sistema

3.5.1 Cross-modalità neuroplastica: cos'è e perché avviene?

La cross-modalità neuroplastica è la riorganizzazione adattiva dei neuroni per trasferire le funzioni svolte dal senso perduto a quelli rimanenti ancora attivi.

Questo tipo di riadattamento neuroplastico è la ragione per cui gli individui sordo-ciechi hanno abilità tattili più sviluppate rispetto alla norma in casi specifici. (Jude T. Nicholas, 2019)

Un caso d'esempio può essere quello in cui le persone affette da una graduale perdita della percezione del senso tattile, vedono contemporaneamente svilupparsi il sistema somato-sensoriale (Halligan et al. 1996, 1997, Newport, Hindle & Jackson, 2001).

3.5.2 Persone sordo-cieche alla nascita e diventate tali dopo

Di seguito sono confrontate le proprietà individuate nelle persone sordo-cieche dalla nascita rispetto a quelle che nel corso della vita sono diventate tali o a quelle che sono diventate tali di recente.

Nel test condotto da J. Pallaird et. al. (1983) è stato chiesto ad alcuni pazienti di riconoscere degli stimoli tattili e successivamente esplicitarne la posizione tramite una descrizione verbale.

I risultati della ricerca hanno mostrato che la propriocezione e la capacità di elaborazione spaziale sono necessari ma potrebbero essere non sufficienti da soli per avere l'accesso alle informazioni derivanti dal senso tattile. (Harris & Karlov & Clifford, 2006)

I dati suggeriscono tuttavia che l'**elaborazione del sistema spaziale** potrebbe essere l'elemento chiave per una maggiore consapevolezza delle sensazioni tattili. (e.s. Peru, Moro et. al., 2006).

Si fa presente che i test in cui è stato chiesto di svolgere il riconoscimento degli input tattili a mani incrociate hanno dato risultati migliori del 30% per i pazienti privati della vista di recente (**figura 3.2**).

In conclusione, successivi studi riguardo le neuroimmagini che i pazienti creano quando viene chiesto di riconoscere uno stimolo tattile potrebbero contribuire ad ampliare la consapevolezza delle possibili strategie mnemoniche nell'ambito del riconoscimento delle percezioni tattili (Gallace & Spence, 2014).

3.6 Conclusione

La ricerca nell'ambito del senso tattile, come mostra l'immagine, non è ancora abbastanza sviluppata rispetto a quelle dei sensi della vista e dell'udito. Tuttavia, si suggeriscono alcuni punti che potrebbero essere utili nella costituzione di strategie per il riconoscimento delle percezioni tattili.

Nello specifico si può osservare che il senso tattile ricopre due macrofunzioni nel corpo umano: da un lato l'**elaborazione spaziale** che permette al nostro corpo di avere consapevolezza dello spazio che ci circonda; da un altro punto di vista, il tatto può anche essere dedicato ad **azioni più specifiche** (Gallace & Spence, 2014).

Queste azioni permettono una ricezione massima degli stimoli tattili di 3-4 stimoli distinti (Jevons, 1871, Cowan, 1984, Gallace et al., 2008, Sperling 1968) riconoscibili attraverso 5 macroaree di classificazione (Kranz, 1972).

È da sottolineare che, in particolare nel senso tattile, la cross-modalità tra i sensi sembra essere l'elemento principale che permette di essere più efficienti e versatili rispetto agli stimoli ricevuti. All'interno della cross-modalità l'elaborazione spaziale sembra il tipo di processamento più facilmente condivisibile tra i sensi (Gallace & Spence, 2014).

Capitolo 4

**Il tatto
nell'era del
digitale**

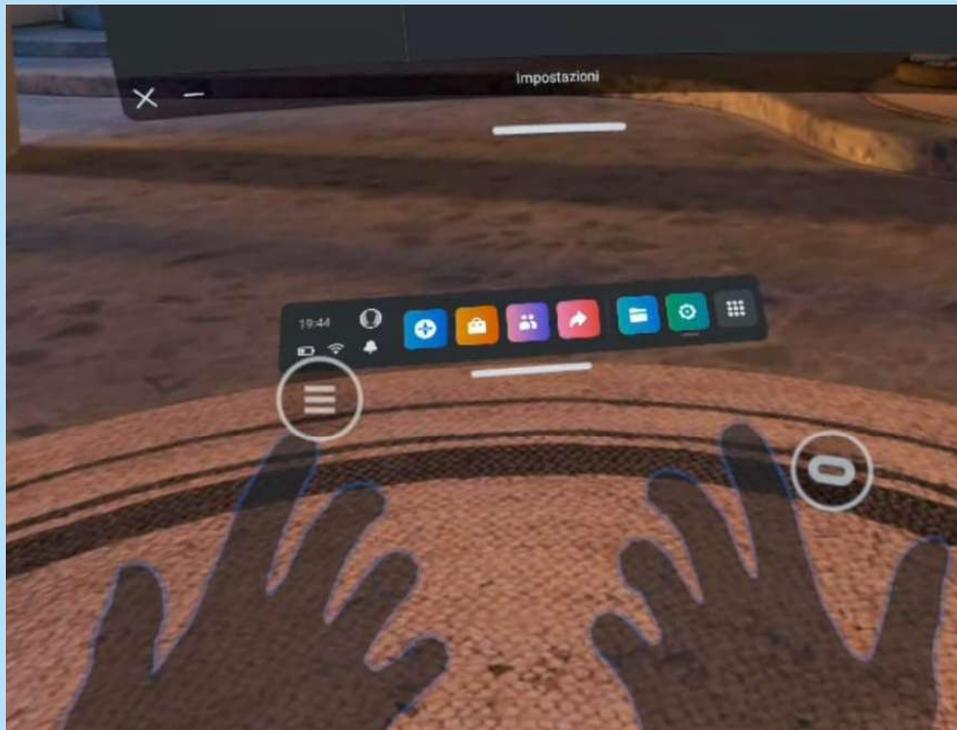
Keywords capitolo 4

Sintesi del capitolo 4

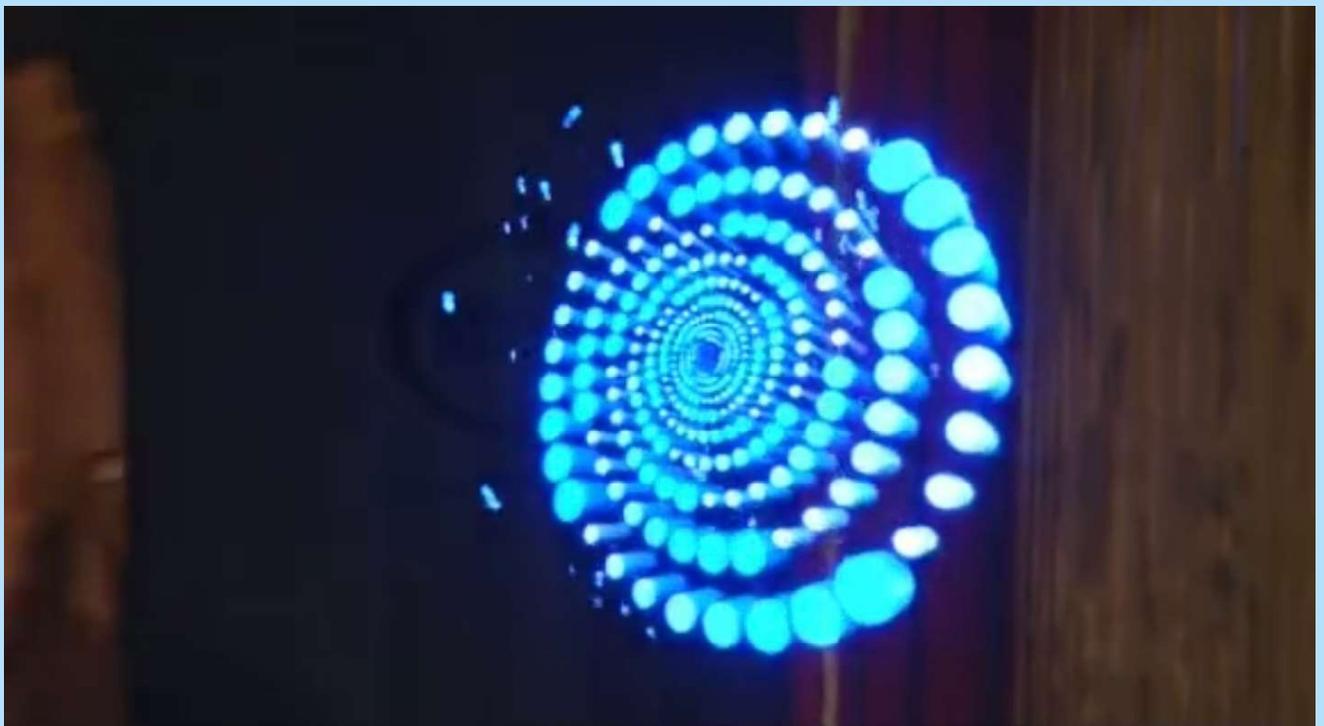
Nei capitoli precedenti sono stati analizzati i fondamenti del funzionamento della memoria e del sistema percettivo. Questo ed i capitoli successivi nascono dalla necessità di mostrare come tali principi teorici sono applicati o potrebbero essere applicabili alla **quotidianità contemporanea del digitale**. In particolare è stato discusso in un primo momento come il senso del tatto è impegnato nel digitale (ad esempio la vibrazione fantasma con il telefono). Successivamente si è osservato quali sono state le applicazioni più o meno immersive per il senso tattile riguardo alla virtual reality per poi analizzare quali teorie in futuro potrebbero essere applicabili alla realtà aumentata ed all'assistenza alla guida.



Nella figura 5.0.0 si può osservare un'applicazione degli strumenti complementari al solo visore per potenziare l'immersività dell'esperienza.



Nella figura 5.0.2 si può osservare l'interfaccia della 'home' del visore Oculus Quest 2 mentre si utilizzano i comandi di hand tracking.



Nella figura 5.0.3 si può osservare un'immagine olografica dell'Associazione Culturale Noesis proiettata durante lo spettacolo "Omicidi all'Autogrill".

4.1 Introduzione

Gli sviluppi dal punto di vista tecnologico hanno avuto un ruolo fondamentale nell'evoluzione umana. Questi sviluppi sono dall'invenzione della ruota all'ultimo modello di microprocessore (Taylor 2010).

Nell'epoca del digitale e del virtuale il senso del tatto sta cambiando ruolo. Al giorno d'oggi gli usi che se ne possono fare spaziano in vari ambiti professionali, ludici e della vita quotidiana.

Le vibrazioni percepite dallo smartphone, per esempio, possono avvisare che sono arrivati messaggi o chiamate (Rothberg, Arora et al., 2010), possono essere usate per avvisare il conducente di eventuali pericoli, oppure essere usate in VR con altri tipi di stimoli per rendere l'esperienza più immersiva e realistica.

In generale, le ricerche del senso del tatto, a prescindere da quale possa essere la sua funzione specifica, sembrano principalmente essere focalizzate sulla facilità di interazione dell'uomo nell'era del digitale e sulle parti della realtà parzialmente inesistenti (l'argomento nello specifico sarà trattato in dettaglio nel capitolo 5). Questo capitolo, quindi, ha l'obiettivo di individuare delle applicazioni del senso tattile focalizzate su elementi caratterizzanti il senso stesso. Tali applicazioni potrebbero permettere di comprendere da un lato qual è il livello tecnologico attualmente raggiunto rispetto alle prospettive future, dall'altro lato il ruolo che il tatto potrebbe acquisire in questo nuovo mondo virtuale.

Adattamento
del tatto al
contesto

4.2 Tra neurologia ed informatica

Il senso tattile, rispetto alla vista o all'udito, è un senso **meno adatto ad esperienze extracorporee** poiché le informazioni del mondo circostante sono trasmesse dalle vibrazioni. Queste vibrazioni, come discusso nel capitolo 3, sono date dai nervi recettori distribuiti sul nostro corpo che ci avvisano quando una parte di esso è toccata da oggetti estranei.

4.2.1 La vibrazione fantasma

Uno dei modi con la quale si è compreso come applicare questa tecnica è stata la vibrazione dello smartphone quando si ricevono messaggi (**Figura 4.1**), chiamate o altre informazioni per la quale si è abilitata tale funzione di avviso (Rothberg, Arora et al., 2010).

Negli studi effettuati è stato rilevato che talvolta capita di sentire la vibrazione del telefono cellulare; prendendolo in mano per vedere se sono arrivate delle informazioni, ci si accorge però che non è arrivato nulla.



Nella figura 4.1 è mostrata una descrizione visiva di quello che il senso tattile potrebbe percepire tramite la vibrazione fantasma; in questo scenario il telefono è quello che gode dell'immagine più nitida mentre il contesto è presente, ma sfuma in un livello di attenzione minore.



Nella figura 4.2 è presente un'esempio di utilizzo della tecnologia virtuale a supporto dell'ambito della chirurgia.

Questo tipo di percezione è definito “sindrome della vibrazione fantasma” ed è il fraintendimento del cervello rispetto ai segnali che esso ha ricevuto (Rothberg et al., 2010).

4.2.2 I robot nella chirurgia virtuale

L'uso della robotica nella chirurgia è un ambito ormai consolidato e si basa sul principio di un robot controllato dal medico (**figura 4.2**) o operante tramite intelligenza artificiale mentre il paziente viene operato da remoto (Murray, 2012).

La necessità di questo sistema è nata per **pazienti che non potevano essere operati** in altre condizioni. Si definiscono però un aspetto positivo ed uno negativo correlati all'uso di questa tecnologia. L'aspetto positivo rilevato è che i robot hanno una maggiore facilità nell'identificare la zona in cui l'operazione deve avvenire; l'aspetto negativo riguarda il fatto che, se i robot dovessero avere dei guasti al sistema di sensori per qualsiasi ragione, rischierebbero di causare danni alla salute del paziente.

Da un altro punto di vista, tuttavia, va evidenziato anche il **limite umano del chirurgo** che potrebbe operare il paziente: infatti, la macchina ha un maggiore controllo degli strumenti che permettono di operare un paziente. Un esempio è la laparotomia in cui sono richieste larghe incisioni: in tale operazione il chirurgo non potrebbe percepire quale è la zona coinvolta dall'operazione mentre la macchina è in grado di farlo (Clarke, 1972).

4.3 Applicazioni per la virtual reality

Chi ha provato un'esperienza virtuale conosce molto bene la sensazione che essa produce: in un primo momento viene suscitata una sensazione di sorpresa venendo proiettati in un mondo completamente diverso da quello reale; in un secondo momento questa sorpresa viene sostituita da una sensazione di frustrazione poiché non ci si può né muovere, né si possono percepire le sensazioni simili a quelle della realtà (ad esempio la sensazione della sabbia tra le dita sulla spiaggia oppure immergere la mano nel fiume e percepire l'acqua che scorre).

Di conseguenza, perché a livello virtuale non sono ancora diffuse delle tecnologie che permettono di avere un sufficiente grado di realismo anche a livello tattile? In questo paragrafo si tratta nello specifico prima l'evoluzione del senso del tatto e successivamente quali sono le applicazioni ad oggi più diffuse per il settore VR.

Applicazioni
del tatto al
digitale

4.3.1 Sensorama e la nascita della virtual reality

È il 1957 quando Morton Heilig, conosciuto come il padre del VR (Heilig, 1962, 1992), crea una macchina in grado di riprodurre le sensazioni visuo-spaziali, gli odori e le percezioni per simulare di essere in un altro luogo, creando pertanto il primo ambiente virtuale simulato (**figura 4.3**).

L'esperimento, tuttavia, non riesce poiché le persone si sentono intrappolate al suo interno. La macchina, infatti, circondava quasi completamente la testa per poter trasmettere **sensazioni immersive**. Imponeva così al fruitore di non potersi muovere, né assumere una postura naturale (Gallace & Spence, 2014).

Questo esperimento ha permesso di capire l'importanza non solo del realismo dei sensi ma anche della visuo-spazialità (si veda il capitolo 4.3.2.1 per ulteriori dettagli).

Applicazioni
del tatto nel
digitale

4.3.2 Tecnologie attualmente diffuse

Attualmente il grado di presenza del fruitore all'interno della realtà virtuale è pari ad un fantasma che può passare attraverso gli oggetti. Questo, tuttavia, genera una sensazione di delusione nell'utente che potrebbe essere superata creando un maggiore grado di **'credibilità'** da parte del sistema in cui l'utente è immerso.

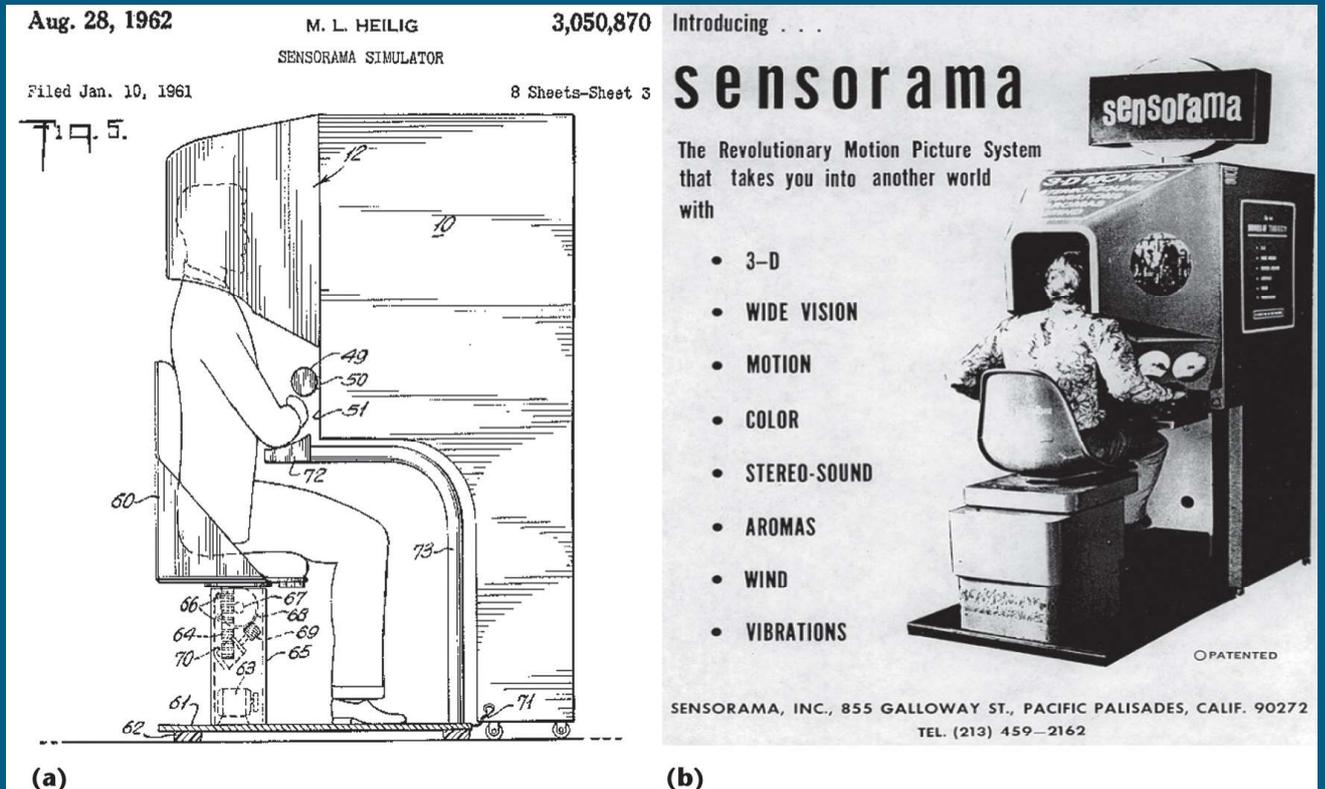
Per realizzare questo obiettivo si è compreso che un maggiore coinvolgimento da parte dell'utente potrebbe essere dato da un sistema aptico più vicino alla realtà che si simula.

4.3.2.1 Guanti aptici

Una delle principali risposte alla ricerca di realismo è stata creare dispositivi controllabili tramite l'uso delle mani o delle dita in quanto principali parti del corpo con il maggior numero di ricettori (Demain, Metcaf et al., 2013, Iwata, 2008).

Questi dispositivi possono andare da elementi di supporto del joystick tradizionale a sensori che consentono l'uso delle sole mani.

Non tutti però hanno dimostrato lo stesso grado di efficacia: per i giochi dell'azienda Wii, per esempio, si è notato che non sarebbe utile ricreare una differenza termica o meccanica, ma piuttosto una sensazione propriocettiva riguardo alla posizione della racchetta per una maggiore consapevolezza nella manipolazione durante l'uso (**figura 4.4**).



Nella figura 4.3 è presente un disegno tecnico del “visore” virtuale accostata ad una locandina pubblicitaria; per gli utenti interessati alle sperimentazioni, quello che avrebbero potuto percepire al suo interno.



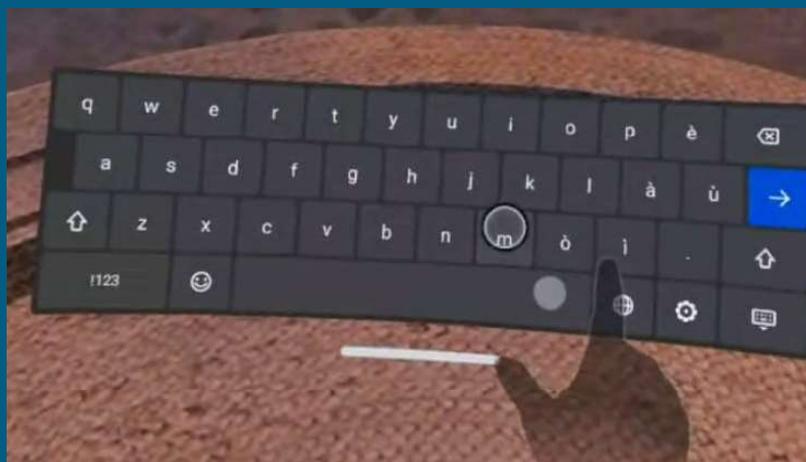
Nella figura 4.4 si può osservare uno strumento integrativo all’interfaccia della Wii che permette di avere una maggiore consapevolezza del peso che lo strumento dovrebbe avere e quali volumi vengono occupati da esso.



Nella figura 4.5 è presentato il guanto “Power Glove” pensato per rendere più coinvolgenti le esperienze di video gaming.



Nella figura 4.6 è presentata la “VirtuSphere” in cui l’utente entra per potersi muovere liberamente durante l’utilizzo della realtà virtuale.



Nella figura 4.7 è presentato un’esempio di utilizzo di hand tracking all’interno di un ambiente virtuale mentre si sta interagendo con la console di comando dell’interfaccia.

Nel caso del prodotto Power Glove (**figura 4.5**), invece, l'interfaccia è controllabile in modo preciso tramite l'uso delle mani ed è principalmente pensato per l'esplorazione delle cave nel gioco 'Tomb Rider'. Se venisse usata per il tennis, tuttavia, non sarebbe probabilmente performante quanto il precedente controller poiché talvolta il sistema non riesce ad aggiornare in tempo reale il sistema di propriocezione.

In conclusione, la conoscenza teorica potrebbe permettere di applicare sensazioni tattili più realistiche al mondo virtuale, ma si presentano limiti legati al paradigma tecnologico che potrebbe non essere ancora abbastanza sviluppato. (Gallace & Spence, 2014).

4.3.2.2 VirtuSphere

Dai capitoli precedenti ne consegue che l'importanza di muovere liberamente il corpo e percepirne le sensazioni nel mondo virtuale non è sottovalutabile.

Per risolvere questo problema, la compagnia VirtuSphere ha creato una sfera in cui l'utente, indossando gli occhiali VR, può saltare, camminare o correre all'interno dell'ambiente virtuale come mostrato in **figura 4.6**.

Il prodotto, tuttavia, non è di facile accessibilità poiché costa 100.000€ circa (agosto 2022). Solo una parte delle posizioni sono effettivamente riconosciute dai sensori di tracking dei movimenti del proprio corpo ed è necessario uno spazio aggiuntivo in cui posizionare i server per i calcoli richiesti dall'elevata qualità grafica (Gallace & Spence, 2014).

4.3.2.3 Hand Tracking

Successivamente alla proposta sul mercato di VirtuSphere, la compagnia Oculus ha proposto un nuovo sistema di interazione alternativo al controller tradizionale, l'hand tracking (**figura 4.7**).

Il suo principio di funzionamento consiste in alcuni sensori che rilevano i movimenti delle mani e sono programmati per attivare dei comandi predefiniti quando sono in tale posizione (ad esempio attivazione di un pulsante, toccarsi le dita per tornare alla homepage, etc..).

Nell'esperimento condotto da Jan-Niklas Voigt-Antons et al. (2020) è stato dimostrato che i partecipanti si sono mostrati notevolmente più interessati all'uso delle sole mani rispetto all'uso del controller poiché è apparso più naturale. Da un altro punto di vista, però, è stato mostrato sconforto quando è stato richiesto di eseguire dei comandi, ma non è stato restituito un feedback aptico realistico in risposta (come normalmente è presente in un pulsante di un Joystick) (Jan-Niklas Voigt-Antons et al., 2020, A. Bhattacharjee, 2020).

4.3.3 Limiti e potenzialità dei supporti tattili al VR

In conclusione, quindi, il senso del tatto per l'ambiente virtuale sembra essere un settore in continuo sviluppo e, per migliorare la percezione che l'utente ha sul suo sistema molto probabilmente saranno richieste ulteriori ricerche a riguardo (Gallace & Spence, 2014).

Questi sono:

1. maggiore realismo visuo-spaziale (avere percezioni tattili su tutto il corpo, non in un'area localizzata), (Heilig, 1962, 1992).
2. chiarezza nelle informazioni aptiche fornite (progettazione del prodotto/azione focalizzato sull'azione specifica che l'utente deve compiere), (Gallace & Spence 2014, Jan-Niklas Voigt-Antons et al., 2020).
3. rispetto dei vincoli del mondo fisico all'interno del mondo virtuale quando si esegue un comando (Gallace & Spence, 2014, Jan-Niklas Voigt-Antons et al., 2020, A. Bhattacharjee, 2020).

In conclusione, pertanto, il senso tattile nel VR sembra essere principalmente determinato dalla **conoscenza del contesto** e quindi l'attenzione agli input da parte dell'utente. Allo stesso tempo, però, anche il **lato emozionale è importante** poiché vari studi, come è stato discusso nei paragrafi precedenti, dimostrano che se la nostra attenzione è particolarmente catturata da uno stimolo, gli altri potremmo non percepirli.

4.4 Applicazioni per l'Augmented Reality

L'augmented reality è definita dal potenziamento di una parte della percezione della realtà tramite informazioni fornite dal computer. A differenza della virtual reality, però, questa non crea nessun ambiente in precedenza inesistente, semplicemente **aggiunge o toglie informazioni a quelle osservate in precedenza**.

Una delle applicazioni possibili, per esempio, potrebbe essere quella nel settore tessile in cui i consumatori telematicamente possono percepire la consistenza e gli odori dei tessuti che si ha intenzione di comprare (Ho, Jones et al., 2013).

Dal punto di vista teorico, Gallace & Spence (2014) spiegano che potrebbe essere possibile ottenere questo risultato utilizzando degli impulsi elettrici che stimolano i nostri ricettori con differenti modalità a

seconda del tipo di nervo che si ha l'obiettivo di 'illudere'. Nello specifico, il principio di funzionamento avverrebbe tramite la differenziazione dei dati raccolti tra la forma, l'ampiezza e frequenza registrati in ambienti reali con le stesse condizioni.

È da sottolineare tuttavia che il senso tattile per l'AR non mira ad aggiungere ulteriori informazioni quanto ad essere un punto di riferimento per quelle già presenti.

4.5 Applicazioni per l'assistenza alla guida

Un altro esempio di campo applicativo in cui si è utilizzato il tatto è in relazione ai messaggi che il conducente riceve durante la guida di un veicolo.

Durante la guida, infatti, il conducente è sovraccarico di informazioni visive (Spence & Ho, 2008). Questo problema ha fatto nascere l'esigenza di avere dei comandi di altro tipo per segnalare all'utente delle informazioni senza l'impiego della vista.

Contemporaneamente vari ricercatori hanno osservato l'idoneità del senso tattile nel permettere di avere un display aptico con cui interagire durante la guida anziché touchscreen o solamente input visivi (Ho & Spence 2008, Montagu, 1971).

In base a queste esigenze, quindi, sono state realizzate delle sperimentazioni in cui si è provato ad **unire i segnali uditivi a quelli tattili**. I comandi che si è provato ad osservare sono stati due, uno con l'obiettivo di risvegliare l'attenzione dell'utente periodicamente quando mostra segni di stanchezza, ed uno di cattura dell'attenzione del guidatore in caso di pericolo.

I risultati hanno dimostrato che l'utente comprende con maggiore efficacia il motivo e la provenienza del segnale se l'impulso tattile ed uditivo proviene dalla stessa fonte, mentre mostra disorientamento se proviene da fonti differenti o uno dei due segnali è difficilmente associabile al pericolo apparso.

4.6 Conclusione

La ricerca sino ad oggi sembra prefiggersi l'obiettivo di prendere spunto da comportamenti del mondo reale ed applicarli a quello virtuale (E. Buiatti, 2019).

Nello specifico il senso tattile nell'era del digitale mostra avere molte applicazioni. In genere l'uso principale appare essere quello di Tactile Visual Sensory System (TVSS) in cui il senso della vista è quello principale mentre il tatto svolge una funzione di supporto per alleggerire il carico di lavoro della vista stessa.

Capitolo 5

Esperienza

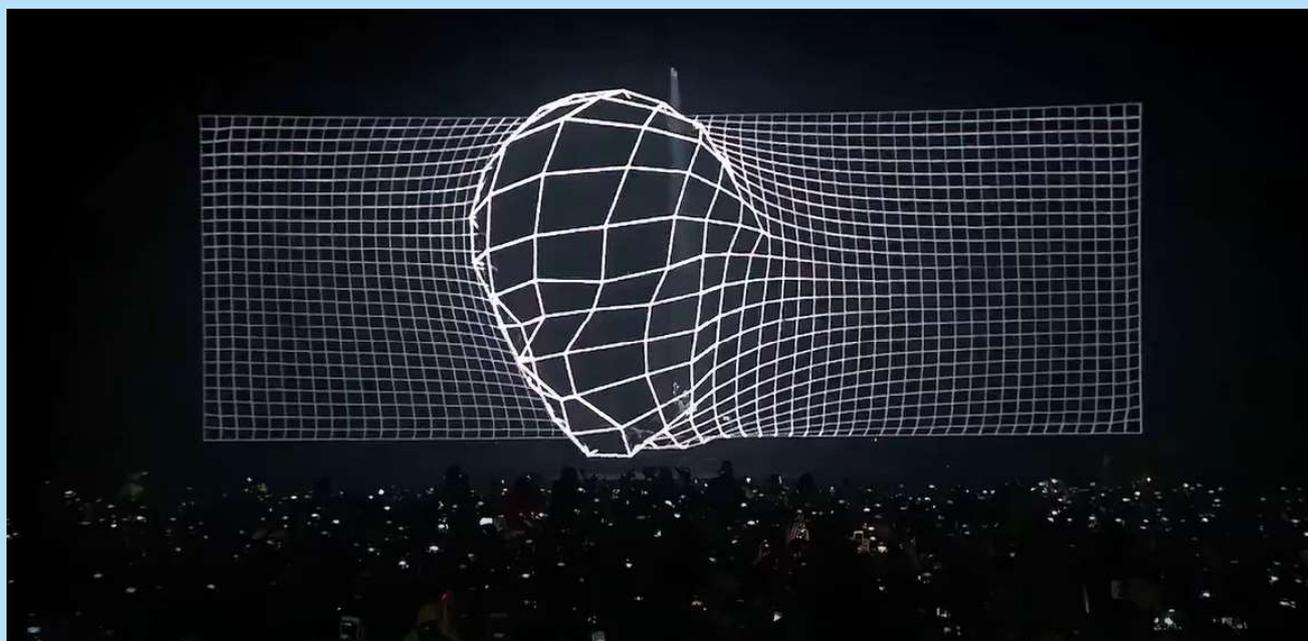
pratica

nell'olografia

Keywords capitolo 5

Sintesi del capitolo 5

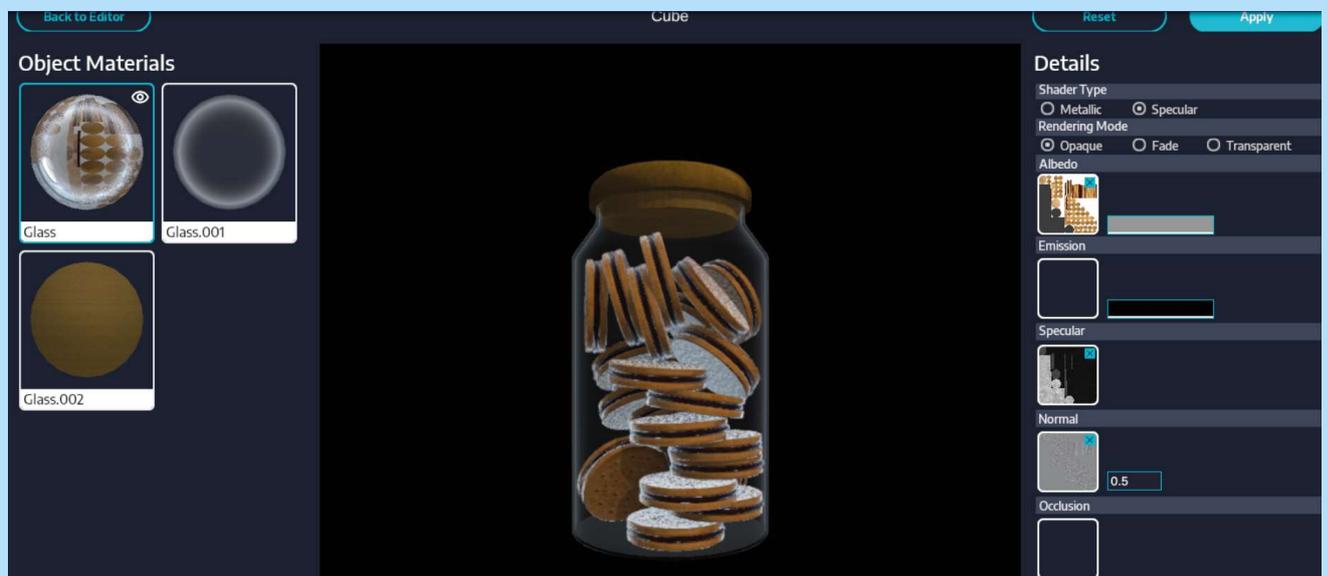
Nel capitolo sono descritte le attività svolte durante il periodo di tirocinio presso l'**Associazione Culturale Noesis**. In un primo momento vengono identificati gli obiettivi dell'associazione, gli strumenti utilizzati nelle sperimentazioni olografiche e le modalità di svolgimento del tirocinio. Successivamente sono riportati i risultati relativi al **coinvolgimento dell'utenza** descritto dalle riflessioni percepite dell'associazione culturale Noesis, dai dati raccolti nel questionario proposto al termine di una delle due attività e infine attraverso le analisi conclusive ai fini della ricerca di tesi.



Nella figura 5.0.1 si può vedere il palco scenico dello spettacolo di Eric Prydz in cui viene creata un'illusione olografica nel fondale della scena (Eric Prydz, 2020)



Nella figura 5.0.1 è mostrato un momento di prova in cui il proiettore olografico crea immagini in sequenza permettendo agli attori di immaginare come interagire con esso sul palcoscenico.



Nella figura 5.0.0 è mostrata la pagina, all'interno del software, in cui si possono modificare le impostazioni di rendering tramite 4 aree principali di setup.



Nella figura 5.0.3 si possono vedere i tecnici mentre analizzano i setup delle telecamere per poter riprendere i proiettori olografici.

5.1 Introduzione

In un mondo sempre più iperconnesso e con una presenza della realtà virtuale e aumentata sempre maggiore, come potremmo adattare i nostri sensi a questi nuovi mondi? In che modo il senso tattile potrebbe essere influenzato dalla privazione della materia?

Attraverso l'esperienza di tirocinio curricolare con l'Associazione Culturale Noesis si è provato ad indagare alcune plausibili risposte.

I principi di
Noesis

5.2 Associazione culturale Noesis

L'associazione Culturale Noesis ha l'obiettivo di ricercare nuovi linguaggi che, attraverso la tecnologia, raccontino l'uomo ed il mondo in cui vive. In particolare, il progetto "Itaca Digitale" propone un percorso di sperimentazione ed analisi della trasformazione del mondo e della cultura che lo interpreta in una visione definita dall'Associazione stessa "**Umanesimo Digitale**".

Il punto di partenza della ricerca è costituito dal linguaggio olografico che attualmente viene applicato all'ambito teatrale. Nello specifico, la sede ufficiale dell'Associazione Culturale Noesis è a Torino, ma l'ambito di azione è molto più ampio e, per ora, spazia nei territori della regione Piemonte.

5.2.1 Potenzialità dell'ologramma in ambito culturale

Il principio centrale di Noesis è permettere la diffusione e l'interazione delle tecnologie olografiche ad oggi non ancora distribuite sul territorio italiano. In questo panorama tutte le ricerche, i ragionamenti, le deduzioni o le potenzialità indagate hanno avuto la finalità di conoscere il settore nella quale si sta operando e permettere di comprendere perché le persone potrebbero essere funzionalmente interessate a fruire di una tecnologia di questo tipo rispetto ad una tradizionale.

I principali settori nei quali si è riscontrato l'uso della tecnologia olografica sono stati i seguenti:

- ▶ commerciali
- ▶ museali
- ▶ dello spettacolo



Nella figura 5.1 è presentata la scenografia del concerto di Eric Prydz ad Amsterdam (Eric Prydz, 2022).



Nella figura 5.2 è presentata Nichelle Nichols di Philadelphia come modello mentre ritrae Nefrina al Reading Public Museum di Londra (Peter Crimmins, 2021).



Nella figura 5.3 sono presentati alcuni degli esempi dei manichini virtuali proposti dalla casa madre durante l'evento promozionale proposto nel 2020 (Hypervsn, 2020).



Nella figura 5.4 è presentata la scenografia prima dello spettacolo "Omicidi all'Autogrill" messo in scena dal regista Jimmi Basilotta e dagli studenti dell'ITS Grandis nel ruolo di attori.



Nella figura 5.5 è presentato un momento di lavoro in cui si è investigato in che modo il sistema Hypersvn può essere utilizzato.

Nello specifico, i settori indagati, grazie all'uso dell'olografia, sono stati generalmente arricchiti da una grande immersività di **elementi che normalmente non è possibile percepire** e che permettono di rendere più realistico l'inserimento di un'informazione virtuale, simulata o inventata, in un ambiente reale.

Riguardo il settore dello spettacolo, un esempio è riscontrabile in **figura 5.1** in cui si può osservare una mano, oggetto scenico dello spettacolo di Eric Pridz, musicista e produttore musicale, andato in scena ad Amsterdam nel concerto "Tomorrowland".

Per il settore museale, poi, il caso studio di riferimento è stato individuato in "Nefrina", una donna vissuta nell'antico Egitto e la cui mummia attualmente è conservata nel Reading Public Museum di Londra (**figura 5.2**). In questo caso, un maggiore fattore di realismo storico è dato dalla somiglianza tra Nichelle Nichols e Nefrina in quanto il calco del velo mortuario di Nefrina ha permesso di ricostruirne il volto della donna egizia e cercare una sua potenziale sosia vivente.

Nell'ambito commerciale, invece, ci sono vari esempi che potrebbero essere rappresentativi dell'attuale paradigma tecnologico, ma in genere la tecnologia più fruibile, in particolare per i luoghi affollati con debita protezione (**figura 5.3**), sembra essere quella dei dispositivi a ventola che proiettano immagini olografiche dei prodotti da vendere e delle ulteriori informazioni (Hypervsn, 2020). In tale scenario, la facilità d'uso del sistema olografico sembra essere il fattore predominante sia per il cliente che per il venditore e la personalizzazione è consentita da un software che permette di scegliere i contenuti aggiuntivi oltre agli spunti visivi tramite una gamma di forme/colori identificate nel seguente elenco: dettagli del prodotto in vendita, sconti, costi e in generale componenti testuali.

5.2.2 Obiettivi e ruolo svolto durante il tirocinio

Ruolo svolto
in itinere

Il tirocinio curricolare si è svolto nel trimestre aprile/giugno 2022 presso l'Associazione Culturale Noesis. Gli obiettivi durante il periodo del tirocinio sono stati conciliare le possibilità ed i requisiti di un proiettore olografico, con funzionamento a ventola, per una **fruizione di qualità da parte dell'utente**.

Le mansioni svolte durante il tirocinio sono state principalmente due:

1. Curatore tecnico
2. UX designer

I diversi compiti si sono alternati in tre periodi distinti.

Un primo periodo di incontri preliminari ha avuto per tema l'avvicinamento

alle necessità di Noesis, la comprensione dei ruoli degli attori coinvolti ed infine un incontro operativo per capire gli equilibri di lavoro.

Si è svolto poi un **secondo periodo** di attività operativa in cui è stato sperimentato il ruolo di curatore tecnico per la preparazione dello spettacolo “Omicidi all’Autogrill” andato in scena il 23/05/22 al teatro Toselli di Cuneo (**figura 5.4**).

Infine, si è svolto un **terzo periodo** di progettazione dell’evento tenutosi il 15/06/22 al Cinema Massimo di Torino per la restituzione dei risultati della ricerca fin qui condotta (**figura 5.5**).

Curatore tecnico: assistenza alla manutenzione, montaggio/smontaggio delle tecnologie ed interfaccia con eventuali collaboratori esterni.

UX designer: ricerca degli elementi alla base della psicologia cognitiva che permettono l’interazione uomo-olografia.

Analisi della
ricerca

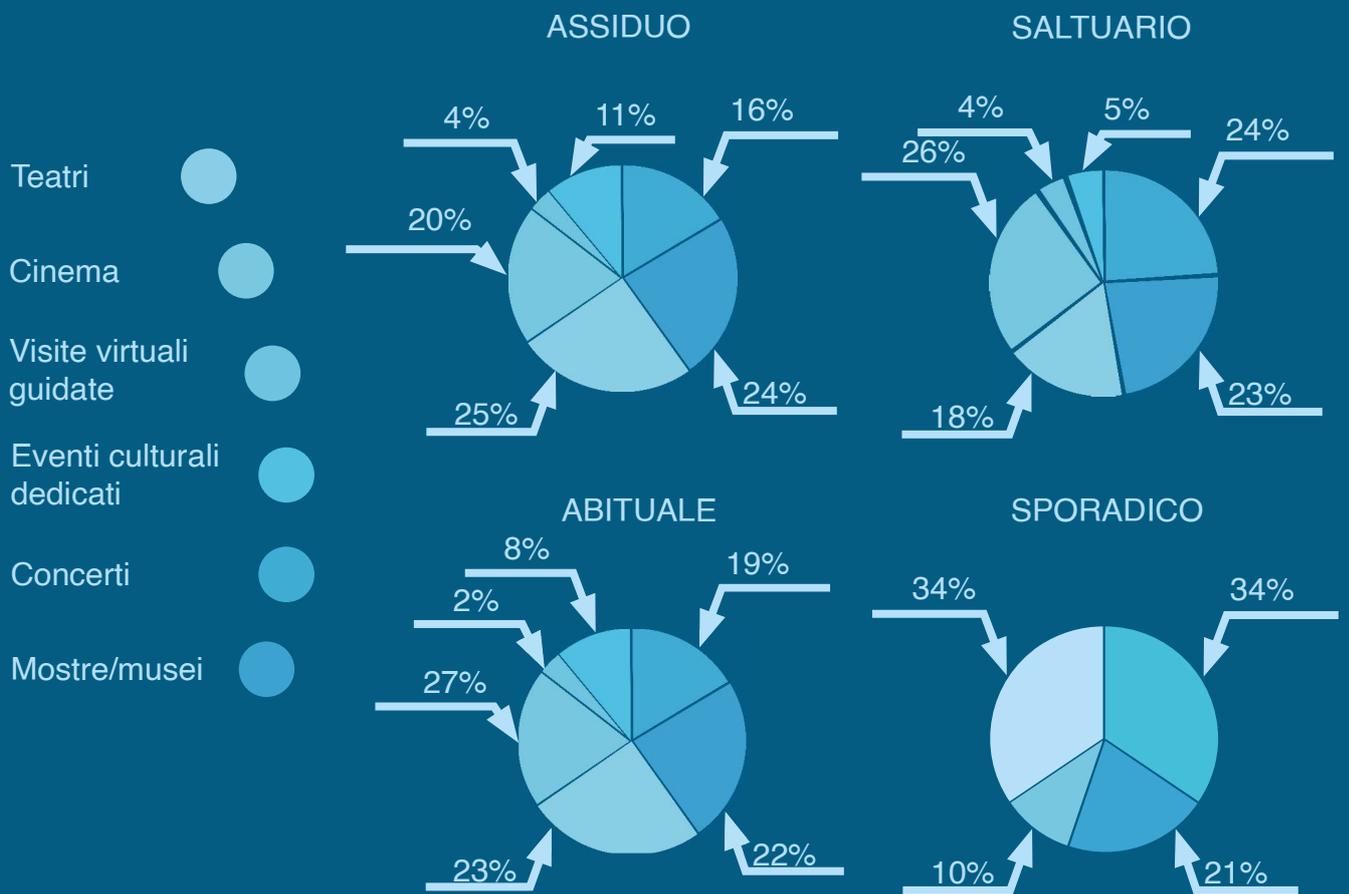
5.2.3 Indagine riguardo l’utilizzo dell’olografia in eventi culturali

Lo spettacolo Omicidi all’Autogrill è stata un’esperienza che ha consentito di valutare non solo le tecnologie olografiche, ma anche di realizzare un’analisi conoscitiva sulla propensione dell’utenza rispetto alla fruizione di eventi culturali con il supporto dell’olografia.

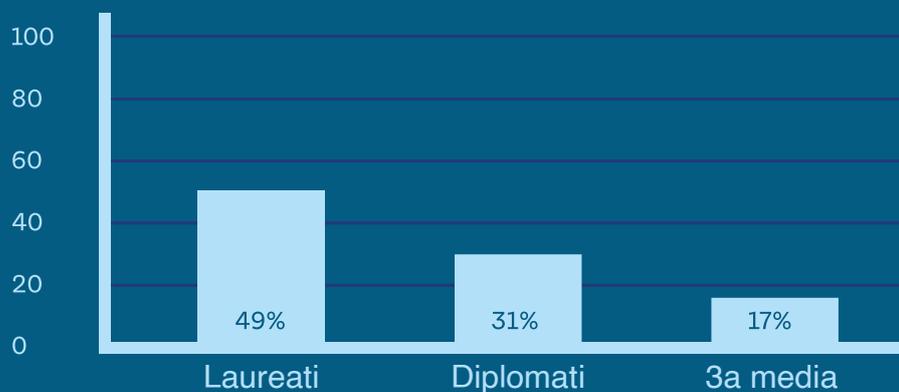
Il sistema olografico, infatti, ha supportato lo spettacolo: sul palcoscenico gli attori hanno recitato accanto alle immagini olografiche per meglio sottolineare il significato e le emozioni delle scene rappresentate.

Al termine dell’evento è stato sottoposto un questionario agli spettatori. Il Questionario, organizzato da Itaca Digitale, ha avuto lo scopo di comprendere quale potesse essere il livello generale di conoscenza dell’utente che normalmente frequenta questo tipo di eventi e, nel caso si fosse potuto, analizzare se la relazione tra questi dati ha fornito ulteriori informazioni.

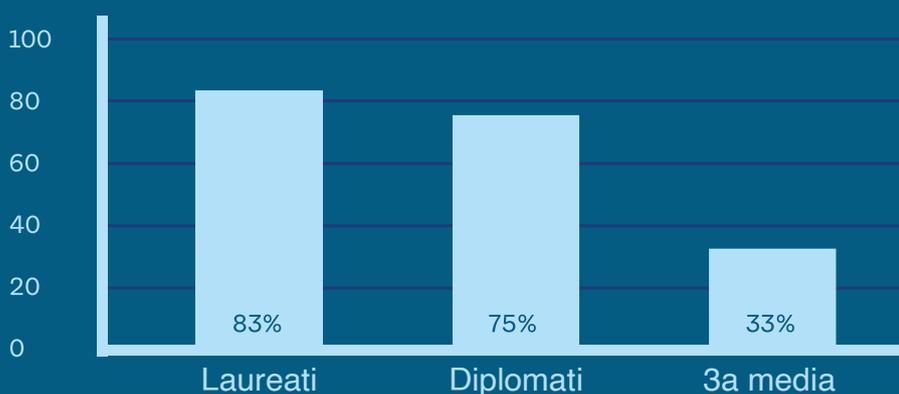
Il primo livello indagato è stato quello riguardo all’istruzione. Come si può vedere nel grafico, infatti, la maggior parte delle persone sembra possedere un diploma o una laurea, mentre solo una minima parte un livello di studi di diploma di scuola media (**figura 5.7**).



Nella figura 5.6 si possono osservare le tipologie di preferenze scelte dai rispondenti al questionario sulla base di quante volte all'anno essi hanno dichiarato di fruire delle esperienze culturali (E.Buiatti, 2022).



Domanda posta:
 “prima di questa sera, avevi mai visto un’ologramma di ologramma?”



Domanda posta:
 “prima di questa sera, avevi già sentito parlare di ologramma?”

Nella figura 5.7 è visibile il numero totale di studi compiuti sino al 2012 riguardo la modalità sensoriale (Gallace & Spence, 2014)



Nella figura 5.8 sono presentati gli strumenti utilizzati o osservati come di primaria importanza per in funzionamento del sistema olografico Hypervsn (Hypervsn, 2020).

Sono inoltre state fatte delle analisi riguardo la frequenza con la quale le persone frequentano gli eventi culturali (**figura 5.6**) e si è potuto osservare come gli eventi teatrali siano delle scelte più usuali nei frequentatori più assidui (coloro che fruiscono tali tipi di eventi più di una volta al mese) mentre siano notevolmente più rari in quelli che fruiscono di eventi culturali meno di una volta all'anno. All'interno del questionario è stato poi chiesto se le persone avessero mai visto o anche solo sentito parlare dell'olografia. I risultati di queste risposte sono stati comparati con il differente livello di istruzione e si è potuto osservare come in genere le persone laureate abbiano avuto un grado di consapevolezza maggiore mentre coloro che possiedono il diploma di terza media siano state in genere meno informate.

In conclusione, quindi, si è potuto osservare come in genere ci sia un buon livello di accettazione della tecnologia olografica e delle sue potenzialità. È però da rimarcare che, mentre le nuove tecnologie in generale sono più impiegate nei settori cinematografici e videoludici, l'ologramma sembra essere più associato ad un settore culturale/artistico.

5.2.4 Strumenti usati e descrizione della ricerca svolta

Strumenti
olografici

Durante la sperimentazione sono stati impiegati un sistema di prodotti realizzato dall'azienda Hypervsn (**figura 5.8**).

I prodotti impiegati sono stati:

1. Display olografico grandezza 'L' della collezione MS
2. Display olografico grandezza 'M' della collezione MS
3. Masterbox complementare ai proiettori per collegare i display all'apparto che permette l'interazione
4. Router che permette la connessione della masterbox al server online.

La ricerca, si è svolta focalizzandosi sulla qualità percepibile della immagine da parte dell'utente finale.

5.2.5 Risultati acquisiti durante il ruolo di tirocinio

Risultati
acquisiti nel
tirocinio

I risultati acquisiti dal tirocinio con l'Associazione Culturale Noesis sono molteplici. Essi sono classificabili in due macroaree (rappresentate dai ruoli di curatore tecnico e UX Designer) che possono equamente contribuire proponendo dei riscontri pratici ai quali il presente lavoro di tesi tenta di dare un riscontro teorico.

5.2.5.1 Curatore tecnico

Nel ruolo di curatore tecnico sono state apprese le seguenti competenze:

- ▶ Apprendimento dei metodi di applicazione di rendering e video editing anche con l'uso di files universali con l'obiettivo di riparametrare i colori per garantirne la visibilità attraverso il software fornito da Hypervsn.
- ▶ Apprendimento della capacità di dialogo per l'interazione tecnica con altre figure professionali: dal regista all'addetto alle riprese.

5.2.5.2 UX Designer

Nel ruolo di UX Designer sono state apprese le seguenti competenze

- ▶ Approfondimento dei concetti alla base del tatto, della vista e della relativa cross-modalità.
- ▶ Apprendimento di un metodo di ricerca e indagine (il metodo scientifico) con l'obiettivo di confrontare e collegare, quando possibile, elementi diversi tra loro tramite sitografia e bibliografia.

5.2.5.3 Risultati acquisiti nel complessivo da Noesis durante il tirocinio curricolare

I risultati acquisiti durante il tirocinio sono stati principalmente di due tipi: da un lato tecnici e pratici, dall'altro di ricerca teorica.

Riguardo la ricerca pratica, si è riscontrato un approfondimento delle possibilità di ripresa degli ologrammi e dei requisiti tecnici da considerare nell'interazione con i display olografici.

Riguardo la ricerca teorica si è indagato su quali sono i limiti che la mente umana potrebbe avere nell'interpretare le immagini olografiche e la comprensione della conoscenza teorica alla base delle tecnologie dei display.

5.3 Utilità del tirocinio curricolare per la ricerca di tesi

Non si può progettare per un ambito della conoscenza umana senza essere consapevoli dei requisiti del paradigma tecnologico. Pertanto, il tirocinio curricolare è iniziato con l'obiettivo di comprendere attraverso una tecnologia, per alcuni versi ancora poco diffusa, quali potrebbero essere le implicazioni pratiche a livello progettuale dei contenuti teorici descritti nei capitoli precedenti.

Considerando questo principio, gli elementi di particolare interesse per la tesi (oltre ai risultati già descritti nel paragrafo 5.2.3.3) sono stati di due tipi, da un lato **tecnici** (ad esempio quale potrebbe essere il grado di complessità richiesto da un proiettore olografico) e dall'altro lato **teorici** (ad esempio quanto le tecnologie di realtà aumentata per l'olografia permettono effettivamente l'interazione dei sensi umani con le informazioni trasmesse).

5.3.1 Considerazioni tecniche

Come precedentemente descritto nel paragrafo 5.2.2, la ricerca si è svolta prevalentemente con l'obiettivo di capire quali sono le potenzialità ed i limiti tecnici che il paradigma tecnologico impone.

Si è potuto notare che la tecnologia è di per sé poco intuitiva. In prima istanza richiede uno studio di base tramite i manuali appositamente forniti dalla casa produttrice dei dispositivi e ha notevoli limiti nell'essere fotografabile poiché le immagini vengono alterate in una percentuale maggiore rispetto a devices mobili o fissi tradizionali (**figure 5.9 e 5.10**) riguardo una descrizione panoramica del funzionamento del sistema olografico).

Da un altro punto di vista quando si progetta bisogna considerare che i colori freddi potrebbero essere meno visibili se non trasparenti.

Si è potuto però notare che la tecnologia non necessita di particolari background formativi riguardo la programmazione, per cui anche persone appassionate che si avvicinano per la prima volta potrebbero comunque fruirne.

Dal punto di vista della visualizzazione e della personalizzazione dei contenuti, si possono creare dei prodotti visivi tramite softwares già forniti o tramite conoscenze proprie (creazione di un video con l'editor di Hypervsn o tramite Premiere dell'azienda Adobe).

Esiste inoltre la possibilità di personalizzare le gesture che permettono di interagire con il display olografico tramite il collegamento con il sistema di set-up del Leap Motion Controller (azienda LEAPfactory srl).



Nella figura 5.9 è visibile il sistema di funzionamento on-line dedotto attraverso vari confronti con l'azienda produttrice Hypersvn e attraverso varie sperimentazioni.



Nella figura 5.10 è visibile il sistema di funzionamento off-line.

5.3.2 Conclusione

Il paradigma tecnologico della proiezione olografica è presente da molti decenni (teorizzato per la prima volta da Denis Gabor, 1947), tuttavia la scarsa presenza sul mercato di tali apparati e di consolidati principi teorici potrebbe essere un indice della sua difficoltà di realizzazione rispetto alle esigenze dettate dal mercato stesso.

Ad oggi, si stanno sviluppando delle tecnologie, alcune a livello sperimentale (balena in 7 dimensioni), altre già acquistabili (prodotti Hypervsn) che permettono l'interazione tra i sensi dell'essere umano con le informazioni trasmesse.

È da sottolineare infatti che a livello psicologico e neurologico, la tecnologia Hypervsn (dotata di collegamento con potenziali interazioni sia video che audio e/o tattile) potrebbe essere considerata un punto di riferimento poiché, come già discusso nel capitolo 3, studi riguardo il sistema somato-sensoriale dimostrano che quando un'informazione è presente in modo chiaro e istintivo nel maggior numero di sensi possibile, questo permetterà una facilità di interazione e il mantenimento del ricordo più a lungo nel tempo.

Capitolo 6

Conclusioni

Keywords capitolo 6

Sintesi del capitolo 6

Il capitolo che segue propone delle riflessioni sulle conclusioni della ricerca di tesi. Sono posti a confronto gli aspetti salienti della trattazione dei capitoli precedenti in una sintesi che cerca di identificare vantaggi e svantaggi rispetto allo sviluppo del sistema olografico in relazione ad una **potenziale interazione immersiva con l'utente**.

vantaggi sistema olografico	
Senso del tatto unito alla vista facilita il richiamo dei ricordi nella memoria .	
La modularità e personalizzazione del sistema olografico migliora l'affordance delle interfacce sensoriali.	
Sistema off-line è più prevedibile e gestibile, esso è composto da 2 elementi: un telefono per il controllo da remoto e un display olografico collegato ad una presa di corrente.	
Durante l'utilizzo del sistema on-line, si può avere il controllo in tempo reale di tutto il sistema consente una rapida ed efficace gestione delle disfunzioni.	
Utilità del router per consentire condivisione di contributi da remoto in tempo reale.	
La mulsensorialità aumenta la memoria e il recupero di informazioni nella mente.	

Nella tabella 6.0 è proposta un'analisi di vantaggi e svantaggi riguardo le potenzialità di fruibilità da parte dell'utente del sistema olografico al termine del percorso analizzato nei precedenti capitoli.

	svantaggi sistema olografico
	<p>Limite tecnologico attuale nella ricezione di informazioni e intensità piacere/dolore legate al tatto nel mondo VR.</p>
	<p>I sistemi olografici richiedono la formazione di personale tecnico specializzato nelle 3 discipline fondamentali: comunicazione audio/video, sistemi di rendering, riprese cinematografiche/fotografiche.</p>
	<p>Nell'utilizzo del sistema off-line, i proiettori olografici possono perdere la connessione da remoto in modo casuale creando una complessa gestione dell'evento live.</p>
	<p>Il sistema on-line potrebbe essere molto complesso nella fase di assemblaggio e predisposizione prima dell'evento live perchè composto da 9 dispositivi.</p>
	<p>Rete ethernet e sistema Wi-Fi stabili per consentire un corretto funzionamento del sistema olografico.</p>
	<p>L'ergonomicità del sistema potrebbe essere strettamente correlato al livello di specializzazione dei tecnici, più si desidera un risultato performante più i tecnici devono esser specializzati nell'uso.</p>

6.1 Dialogo tra le sezioni rielaborate in precedenza

Nei capitoli precedenti sono stati affrontati tre tipi di argomenti: ambiti teorici, ambiti pratici e ambiti sperimentali. In questo capitolo si propone una riassociazione degli spunti ritenuti più rappresentativi per trarre le conclusioni finali.

6.1.1 La teoria dei chunks è veramente collegabile al senso del tatto?

Come già discusso in precedenza, la teoria dei chunks è sempre stata focalizzata su modalità uni-sensoriali o con ambienti sperimentali molto controllati (George A. Miller, 1956). Tuttavia, sulla base di principi di psicologia cognitiva come il processo bottom-up e top-down (E.Buiatti,2019) oppure in relazione alle 7 regole della Gestalt approfondite per il senso del tatto da David Katz (1925) e Maximilian von Frey (1929), nulla sembra dimostrare che non si possa operare un'associazione analoga alla vista anche per il tatto (si veda il capitolo 3.3.1 per ulteriori dettagli).

6.1.2 Il senso del tatto al servizio della tecnologia virtuale

Come già discusso nel capitolo 4, il senso del tatto potrebbe essere la prossima frontiera per gli ambiti della realtà virtuale e aumentata (Gallace & Spence, 2014). Ad oggi, tuttavia, sembra ancora mancare un collegamento tra conoscenza teorica del senso del tatto e paradigma tecnologico che rende possibili le tecnologie utilizzate quotidianamente. Nel capitolo 3 è stato verificato che il cervello è in grado di estrarre le informazioni desiderate prendendole come elemento di riferimento rispetto allo spunto visivo presente in quel momento (Arindam Bhattacharjee et al. 2020). Questo meccanismo nell'ambiente virtuale consegue in due funzionalità: da un lato convalida la memoria visiva facilitandone il richiamo e dall'altro permette di avere una maggiore consapevolezza riguardo alla propriocezione necessaria ad avere la percezione di interagire con il mondo VR in cui si è inseriti (Gallace & Spence, 2014).

Nello specifico le principali mancanze sembrano essere presenti nella ricezione di informazioni termiche e di intensità di piacere/dolore ricevuto.

Dal punto di vista teorico, però, lo sviluppo sempre più avanzato che ha portato alla creazione dell'hand tracking e dell'uso delle mani come controllers sembra avere un potenziale di sviluppo nel prossimo futuro. In base a questi dati, pertanto, viene considerato come caso di studio il tatto nell'olografia.

6.2 Il tatto nell'olografia

Durante il tirocinio presso l'Associazione Culturale Noesis, come già approfondito nel capitolo 5, la ricerca è stata prevalentemente focalizzata nel cercare di comprendere quale fosse il funzionamento della tecnologia per apprendere come da essa potesse essere adattato al meglio il senso tattile. Questo ed i seguenti paragrafi, pertanto, si propongono di approfondire il senso del tatto ed il modo in cui è possibile interagire con il sistema olografico utilizzato durante la sperimentazione.

Testing del
tatto nella
olografia

6.2.1 I risultati della sperimentazione durante il tirocinio

Come già discusso nel capitolo 5.2.1, il tirocinio è stato suddiviso in due periodi culminati nei conseguenti eventi finali. Il primo periodo ha avuto come evento finale lo spettacolo messo in scena il 23 Maggio 2022 al teatro Toselli di Cuneo. Il secondo periodo, invece, è conseguito in una conferenza riguardo i risultati delle sperimentazioni realizzate fino a quel momento presentata il 15 Giugno 2022 al Cinema Massimo di Torino.

L'analisi dei due eventi ha consentito di individuare tre concetti chiave ciascuno; essi sono stati ordinati in una gerarchia per consentire di individuare in un secondo momento le priorità di ricerca che potrebbero facilitarne in futuro la fruizione da parte degli utenti finali.

6.2.1.1 Spettacolo del 23 maggio 2022: Omicidi all'Autogrill

Lo spettacolo Omicidi all'Autogrill, scritto e guidato dal regista Gimmi Basilotta, è stato interpretato dagli studenti dell'Istituto Superiore Grandis di Cuneo. La tecnologia olografica utilizzata durante lo spettacolo ha avuto lo scopo di **supportare le azioni degli attori**. Mentre

questi recitavano, infatti, sono state proiettate sequenze di immagini, video o modelli 3D in relazione alla scena in svolgimento. La proiezione ha permesso di **rafforzare il significato e le emozioni** che gli attori volevano trasmettere.

Le macchine olografiche presenti durante lo spettacolo sono state il 'Solo L' e 'Solo M' dell'azienda Hypervsn. In questa prima fase esse sono state utilizzate solo in modalità offline (disconnesse dal World Wide Web) e dotate entrambe di una propria connessione wi-fi che ha permesso di inviare una serie di input visivi coordinati dal prof. Amedeo Manuello e dal sottoscritto tramite l'uso dell'app Hypervsn. Inoltre, questo utilizzo delle tecnologie ha permesso di adattare i contributi olografici alle tempistiche degli attori in scena.

Si fa notare però che mentre il pubblico in sala ha potuto godere dello spettacolo composto di realtà ed ologrammi, gli attori in scena non hanno avuto la visione degli ologrammi stessi per via della loro posizione e dei requisiti tecnici con la quale le macchine proiettano.

La realizzazione dello spettacolo in cui i proiettori olografici sono stati introdotti in un contesto reale ha permesso di identificare alcuni limiti della tecnologia usata, ma anche degli aspetti positivi.

Si riportano di seguito per primi i limiti individuati.

Il primo limite riscontrato ha riguardato la **tempistica correlata con la facilità d'uso dell'interfaccia**. Le due macchine infatti (dissociate l'una dall'altra) sono state collegate con due dispositivi diversi, ognuno seguito da un operatore differente per semplicità d'uso. L'avvertimento verbale di un operatore autorizzava l'altro ad inviare la sequenza di input visivi in un arco di tempo all'incirca entro 2 secondi.

Un'altra complicazione si è manifestata quando durante lo spettacolo i due dispositivi sono stati associati da remoto (con wi-fi ad uso esclusivo per la trasmissione di immagini dal cloud presente sul dispositivo in modalità remota al proiettore olografico), ma periodicamente hanno perso la connessione, imponendo all'altro operatore di aspettare, mettere in pausa la sequenza video o trovare delle soluzioni per minimizzare l'impatto della mancanza davanti al pubblico.

Di seguito sono proposti gli aspetti positivi che hanno permesso di facilitare e/o rendere più gentile l'impatto di tale dispositivo rispetto ad un normale video.

Il primo aspetto positivo è legato al fatto che i colori freddi tendenti al nero in genere tendono a diventare trasparenti. Questo permette di creare immagini attraverso cui è **possibile percepire il contesto retrostante**.

Un altro aspetto di merito da notare è stato relativo all'uso dei proiettori olografici per mettere in evidenza emozioni, immagini astratte o altri elementi non facilmente percepibili nello spettacolo.

L'ultimo aspetto di merito considerato è stato relativo alla possibilità dei proiettori (anche in modalità remota) di non trasmettere nulla, ma avere la ventola che continua a girare. Questo, infatti, ha permesso di dare l'illusione che i proiettori non fossero quasi presenti sul palco (la loro presenza è stata principalmente percepibile attraverso il rumore creato dalle pale e visivamente dal treppiede che le ha sorrette).

La conclusione di questo primo periodo durante il tirocinio ha permesso

di osservare che le macchine si potrebbero prestare ad interessanti funzioni ed applicazioni della vita quotidiana anche solo tramite l'uso del display olografico senza le funzioni aggiuntive (uso di più proiettori collegati assieme, interazione tattile o audio). Tuttavia, la necessità di avere un sistema complesso che permetta di compensare errori tecnici è stato un problema non trascurabile.

6.2.1.2 Conferenza del 15 Giugno 2022: Ritorno alla nuova Itaca

La seconda parte del tirocinio ha avuto l'obiettivo principale di discutere i risultati ottenuti sino a quel momento. Questa seconda fase, sfruttando la conoscenza acquisita dall'esperienza dello spettacolo appena terminato, ha analizzato come sfruttare al meglio il dispositivo 'Solo L' all'interno del suo sistema di riferimento.

Dopo varie ricerche su diversi manuali di istruzione, chat con gli assistenti specializzati ed altro si è compreso che il sistema ha la necessità di ottenere le informazioni (sia visive che di rete) caricate in un cloud Hypervsn per essere rese fruibili agli altri dispositivi connessi con esso. Una volta caricate all'interno del drive online, le informazioni possono essere trasmesse al display tramite dispositivo mobile o fisso. Il vincolo perché ciò avvenga, però, richiede che tutte le macchine presenti siano collegate contemporaneamente (masterbox, router e computer devono essere collegate al router fornito dalla casa madre che ha prodotto i display olografici). Questo tipo di connessione allargata permette da un lato di integrare i dispositivi che trasmettono le immagini ai display con il mondo esterno, dall'altro permette di integrare il sistema off-line anche con input tattili e/o uditivi.

Purtroppo, però, anche dopo svariati incontri con tecnici specializzati della sede di Londra, non si è ancora riusciti a trovare una soluzione definitiva, pertanto, le considerazioni successive riportate sono rappresentative del caso in cui non si fosse manifestato questo difetto di produzione secondo le istruzioni fornite dalla casa madre o dai partner di questa.

I risultati ottenuti successivamente sono sicuramente più performanti dei precedenti osservati durante lo spettacolo al teatro Toselli dal titolo "Omicidi all'Autogrill", tuttavia è da far presente che l'elevato numero di strumenti e la preparazione richiesta per il loro utilizzo potrebbe rendere complicata la loro applicabilità senza un adeguato tempo di preparazione dedicato al controllo dei requisiti dell'ambiente esterno.

Il 15 Giugno, dopo alcuni giorni di preparazione, mi è stato affidato il ruolo di curatore tecnico dell'installazione del sistema olografico ed è stato riproposto il metodo off-line come soluzione per permettere la fruibilità dell'evento senza inconvenienti.

Anche in tale occasione, quindi, sono stati riscontrati alcuni aspetti a

vantaggio ed altri a svantaggio delle circostanze in cui si è operato.

I principali **svantaggi sono determinati dalla complessità** del sistema a più livelli. Attualmente, infatti, poiché il sistema on-line funzioni in base alle possibilità dichiarate, sono necessari 9 componenti (computer di controllo del software, router locale, router Hypervsn, masterbox, cloud in cui archiviare le immagini prima di trasmetterle ai display, smartphone, display olografico, sistema audio e sensore per il rilevamento movimenti delle mani) aggiunti alle competenze di varia natura degli operatori da acquisire prima dell'uso.

Nello specifico, nel caso si desideri personalizzare i propri contenuti visivi, è necessario utilizzare delle competenze di rendering.

Di seguito sono presentati i vantaggi di questa seconda fase di sperimentazione che potrebbero indicare questa tecnologia come ergonomicamente promettente rispetto ai concorrenti. Benché articolato, infatti, si è rilevato che il sistema consente un elevato grado di personalizzazione permettendo, previa preparazione degli strumenti, di adattare il sistema di proiezione a molte circostanze i cui scenari più diffusi sono elencati di seguito:

- ▶ Settore museale
- ▶ Settore commerciale
- ▶ Settore spettacoli

6.3 La sensorialità nell'olografia

In seguito alle sperimentazioni operate dopo i due eventi sono state fatte ulteriori ricerche in relazione alla risposta della percezione sensoriale introdotta nell'olografia.

Considerando che lo strumento d'esempio è stato il sistema olografico della collezione MS di Hypervsn, si è osservato che in genere, quando sono presenti più tipi di sensi concorrenti alla ricezione di un'unica informazione, questi riusciranno più facilmente a ricreare dei percorsi mentali per risalire a quell'esatta informazione. Pertanto, considerato che l'informazione è virtuale ed integrata in parte con informazioni del mondo reale, questo potrebbe creare **un'ambiente che facilita la fruizione** di informazioni aggiunte alla realtà.

6.3.1 Multisensorialità

Come già spiegato nei capitoli precedenti, più sensi sono presenti nella ricezione di un'informazione, più questi, dopo essere stati rielaborati in modalità uni-sensoriale dalla parte del cervello adibita a quella funzione, saranno maggiormente facilitati a richiamarla nella STM e nella memoria di lavoro (si veda il capitolo 3.2.2 per ulteriori informazioni). In considerazione di questo fatto, quindi, il sistema olografico usato per

la sperimentazione sembra essere uno dei più promettenti in relazione al suo costo poiché è modulare e personalizzabile a seconda del tipo di fruizione.

In un sistema multisensoriale questa caratteristica potrebbe permettere una **maggiore versatilità** consentendo una maggiore interazione, una fruizione più immersiva o più integrata con il contesto reale a seconda dell'intensificarsi dell'informazione di uno o dell'altro canale comunicativo.

6.3.2 Il Tatto nell'olografia

In aggiunta alla multisensorialità, nel caso in cui sia possibile introdurre il senso del tatto per interagire con immagini olografiche, potrebbe essere ipotizzabile l'introduzione del sistema **TVSS** (Tactile Vision Sensory System) per avere delle percezioni tattili durante l'azione dell'osservare. Infatti, questo sistema permetterebbe di illudere parzialmente la mente dell'utente rispetto al concetto di propriocezione osservando l'immagine a distanza ed interagendovi con la mano sopra il sensore. In pratica si potrebbe illudere la percezione dell'utente creando una sensazione di contatto con l'oggetto virtuale che egli ha tra le mani nell'immagine sul display mentre nella realtà egli esegue i comandi per interagire sopra un sensore senza toccare alcun oggetto reale (Jude T. Nicholas et. al., 2019).

6.4 Riflessioni sul futuro

Nel corso della sperimentazione realizzata durante il tirocinio con l'Associazione Culturale Noesis sono state rilevate molte informazioni arrivando a comprendere alcuni limiti e potenzialità della realtà olografica. Si presentano pertanto una serie di riflessioni osservate oppure osservabili già nel presente o in un prossimo futuro, in base all'evoluzione della ricerca nell'ambito olografico.

Il primo limite osservato è legato al livello di competenze richieste per poter impiegare consapevolmente i proiettori olografici. Secondo le applicazioni descritte nei capitoli e paragrafi precedenti, sono state richieste principalmente tre tipologie di competenze: conoscenza di segnali audio/video e protocolli di comunicazione tra macchine dedicate, competenze di base di rendering e consapevolezza di base nell'uso degli strumenti per le riprese cinematografiche/fotografiche.

Attualmente, pertanto, potrebbe essere necessaria la formazione di un tecnico specializzato nel settore oppure un'equipe che al suo interno raccolga membri preparati nei diversi ambiti sopra elencati. Si fa altrettanto notare però che la tecnologia olografica ha avuto notevoli

sviluppi nell'arco dell'ultimo decennio per cui le competenze tecniche richieste per l'uso potrebbero facilmente variare portando ad una loro sostanziale semplificazione.

Il secondo limite osservato è la lentezza/complessità nella fase di montaggio dei dispositivi. Un funzionamento adeguato del sistema richiede una connessione ethernet stabile collegabile al router Hypervsn. È quindi necessario garantire una wi-fi adeguata da parte delle strutture ospitanti. Si fa notare però che gli impianti olografici, una volta installati, sono molto versatili (si veda il capitolo 6.2.1.2 per ulteriori informazioni). Tale versatilità, conseguenza della modularità del sistema, offre alcuni vantaggi elencati di seguito:

- ▶ La possibilità di accoppiare più display permette di personalizzare le dimensioni in larghezza o altezza dell'immagine olografica;
- ▶ La presenza di un router collegata al segnale esterno potrebbe permettere la condivisione di segnali visivi in tempo reale;
- ▶ La possibilità di controllo in tempo reale dello stato del sistema permette, nel caso capitino un errore, l'identificazione e correzione mirata della disfunzione.

Si precisa inoltre che questa modularità del sistema, permette un'interazione più personalizzata con i singoli dispositivi e consente una maggiore affordabilità nei confronti delle interfacce che trasmettono le percezioni sensoriali. L'immersività del sistema audio, per esempio, è determinata dal proprio sistema di amplificazione audio che permette di personalizzare il livello sonoro del segnale acustico; allo stesso modo le scelte delle interazioni possibili con la mano sono date dal LEAP Motion Controller secondo le possibilità di modifica open source fornite dall'azienda LEAP S.r.l.

In conclusione, attualmente la tecnologia olografica pare essere uno strumento principalmente impiegabile in settori specializzati e per necessità mirate. Contemporaneamente, però, si fa presente che il paradigma tecnologico dell'olografia, benché sia stato teorizzato da Denis Gabor nel 1947, si è evoluto in un sistema olografico accessibile alle esigenze del mercato solo nell'arco dello scorso decennio.

L'evoluzione della tecnologia olografica potrebbe seguire in futuro un percorso simile a quello compiuto dall'evoluzione del computer: in un primo momento questi erano grandi quanto una stanza con componenti esterni adibiti a funzioni specifiche; quando si è capito il funzionamento del processo e come renderlo più funzionale alle necessità dell'utente, si è sintetizzato il sistema e la stanza si è trasformata in un computer da scrivania.

Per la filosofia "uomo al centro", nell'olografia potrebbe accadere questa sintesi di funzioni dei suoi componenti all'interno del proiettore per poter fruire degli spunti visivi in modo semplice e completo, avendo al centro le necessità e gli interessi dell'utente. Attualmente, però, questa fase

non è ancora così vicina poiché potrebbero essere definiti in modo più chiaro gli ambiti in cui l'olografia potrebbe sviluppare pienamente le sue potenzialità.

L'esperienza del tirocinio in questo scenario è stata, da una parte, la verifica sperimentale delle tecnologie olografiche, delle loro possibilità e dei loro limiti, ma potrebbe anche essere un'applicazione pratica della filosofia dell'uomo al centro. In particolare il progetto Itaca Digitale di Noesis, basato sul concetto di umanesimo digitale, pone la tecnologia al servizio dell'uomo. Provando ad applicare questa idea allo spettacolo "Omicidi all'Autogrill", si potrebbe immaginare che gli ologrammi affiancati agli attori sul palcoscenico, possono potenziare il coinvolgimento del pubblico in un dialogo tra virtualità e realtà.

Capitolo 7

**Bibliografia e
sitografia**

7.1 Bibliografia

1. G. A. Miller, *The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing informations*, articolo, 1956
2. W. G. Chase and H. A. Simon, *Perception in chess*, *cognitive psychology*, Vol. 4, pagg. 55-81, 1973
3. A. D. De Groot, *Thought and choice in chess*, (2nd English ed.; first Dutch edition published in 1946), 1978
4. A. D. De Groot & F. Gobet, *Perception and memory in chess: Heuristics of the professional eye*, 1996
5. F. Gobet & H. A. Simon, *Five seconds or sixty? Presentation time in expert memory*, *Cognitive Science*, 24, 651-682, 2000
6. F. Gobet, *Chunking Models of Expertise: implications for education*, articolo, 2005
7. E. Buiatti, *Forma Mentis, Neuroergonomia sensoriale applicata alla progettazione*, 2019
8. H. A. Simon & K. J. Gilmartin, *A simulation of memory for chess positions*, *Cognitive Psychology*, articolo, 1973
9. S. Obertenova, A. Mark, *Neuroplasticity associated with tactile language communication in a deaf-blind subject*, articolo, 2010
10. P. Terrence, *Tactile working memory and multimodal loading*, *electronic theses and dissertation University of Central Florida*, 2008
11. J. Shum, L. Fanda, P. Dugan, O. Devinsky, A. Flinker, *Neural correlates of sign language production revealed by Electrocorticography*, articolo, 2020
12. J. T. Nicholas, A. M. Johannessen, T. Van Nunes, *Tactile working memory scale, professional manual by tactile working memory score*, 2019
13. C. Jewitt, N. Yiannoutsou, *Conceptualising touch in VR*, articolo, 2021
14. D. Chang, K. V. Nesbitt, & K. Wilkins, *The Gestalt principles of similarity and proximity apply both the haptic and visual grouping elements*, articolo, Vol.a, 2007

15. D. Chang, K. V. Nesbitt, & K. Wilkins, *The Gestalt Principle of Continuation Applies to both the Haptic and Visual Grouping of Elements*, articolo, Vol.b, 2007
16. V. Harrar, L. Harris, *Multimodal Ternus: Visual, Tactile, and Visuo – Tactile Grouping in Apparent Motion*, articolo, 2007
17. V. Harrar, L. Harris, *Eye position affects the perceived location of touch*, articolo, 2009
18. N. Kitagawa, Y. Igarashi, M. Kashino, *The tactile continuity illusion*, 2009
19. A. Gallace, C. Spence, *In touch with the future: the sense of touch from neuroscience to virtual reality*, articolo, 2014
20. W. S. Jevons, *The power of numerical discrimination*. Nature, articolo 1871
21. N. Cowan, *On short and long auditory stores*, articolo, 1984
22. A. Gallace H. Z. Tan, C. Spence, *Can Tactile Stimuli Be Subitised? An Unresolved Controversy within the Literature on Numerosity Judgments*, articolo, 2008
23. P. Dalton, N. Lavie, C. Spence, *The role of working memory in tactile selective attention*, articolo breve, 2008
24. M. Kranz, *Haptic Recognition of Objects in Children*, articolo, 1972
25. C. Spence, V. Santangelo, *Capturing spatial attention with multisensory cues, A review*. Hearing Research, articolo, 2009,
26. C. Spence, C. Parise, Y. C. Chen, *The colavita visual dominance effect*, articolo, 2012
27. G. Revesz, *Psychology and art of the blind*, articolo, 1950
28. M. A. Peterson, B. S. Gibson, *Must Figure-Ground Organization Precede Object Recognition? An Assumption in Peril*, articolo, 1994
29. E. Rubin, *Figure and ground*, In S. Yantis (Ed.) *Visual percetion*, articolo, articolo, 2001
30. M. A. Heller, K. Wilson, H. Steffen, K. Yoneiama, D. D. Brakett, *Superior Haptic Perceptual Selectivity in Late-Blind and Very-Low-Vision Subjects*, articolo, 2003

31. A. Gallace, C. Spence, *Multisensory synesthetic interactions in the speeded classification of visual size*, articolo, 2006
32. M. Wertheimer, *Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung*, articolo, 1912
33. P. W. Halligan, M. Hunt, J. C. Marshall & D. T. Wade, *When seeing is feeling: Acquired synaesthesia or phantom touch?*, articolo, 1996
34. P. W. Halligan, M. Hunt, J. C. Marshall & D. T. Wade, *Somatosensory assessment: can seeing produce feeling?*, articolo, 1996
35. R. Newport, J. V. Hindel, S. R. Jackson, *Links between vision and somatosensation: Vision can improve the felt position of the unseen hand*, articolo, 2001
36. J. Palliard, F. Michel, G. Stelmach, *Localization Without Content A Tactile Analogue of 'Blind Sight'*, articolo, 1983
37. J. A. Harris, L. Karlov, C. W. G. Clifford, *Localization of Tactile Stimuli Depends on Conscious Detection*, articolo, 2006
38. A. Peru, V. Moro, L. Sattibaldi, J. S. Morgant, *Gravitational influences on reference frames for mapping somatic stimuli in brain-damaged patients*, articolo, 2006
39. K. Taylor, D. Rohrer, *The effects of interleaved practice*, articolo, 2009
40. B. Michael, A. Arora, J. Hermann, R. Kleppel, P. S. Marie, P. Visintainer, *Phantom vibration syndrome among medical staff: a cross sectional survey*, articolo, 2010
41. J. Voigt-Antons, T. Kojic, S. Moller, *Influence of Hand Tracking as a Way of Interaction in Virtual Reality on User Experience*, articolo, 2020
42. A. Bhattacharjee, D. S. Kajal, A. Patrono, Y. L. Henger, M. Zampini, C. Schwarz, C. Braun, *A Tactile Virtual Reality for the Study of Active Somatosensation*, articolo, 2020
43. C. Spence, C. Ho, *Tactile and Multisensory Spatial Warning signals for Drivers Vol.a*, 2008
44. C. Spence, C. Ho, *Multisensory driver interface design: Past, present*

- and future*, Vol.b, 2008
- 45.C. Spence, C. Ho C, *Crossmodal information processing in driving*
Vol.c, 2008
- 46.C. Spence, C. Ho C, *Multisensory warning signals for event percetion
and safe driving*, Vol.d, 2008
47. C. Ho, C. Spence, *Multysensory in driving: Implications for ergonomic
car interface design*, articolo, 2008
- 48.A. Montagu, *Touching: the human significance of skin*, Columbia
University press, articolo, 1971
49. D. Kranz, *The structure of tactile world*, 1925

7.2 Sitografia

1. <https://www.nngroup.com/articles/chunking/>, sito on-line, by K. Moran, 2016
2. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/01/how-to-perform-automatic-music-generation/> sito on-line, by A. Pai, 2020 last modified 2021.
3. <https://towardsdatascience.com/how-to-generate-music-using-a-lstm-neural-network-in-keras-68786834d4c5>, articolo pubblicato in Towards Data Science, S. Skuli, 2017
4. <https://web.mit.edu/music21/> sito on-line, a toolkit for computer-aided musicology.
5. <https://artiden.com/chunking-music/> sito on-line, chunking for better music practice.
6. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-02518-1_5?noAccess=true/ 5th International Symposium on computer music modeling and retrieval CMMR 2008 Copenhagen, Denmark, May 19-23, 2008, S. Ystad R. Kronland- Martinet K. Jensen, pp. 81-92, 2008
7. <https://centreforsensorystudies.org/the-sensory-city-workshop-sensing-the-city-through-touch-and-taste/> articolo on-line, D. Howes k. Morgan M. Radice D. Santo.
8. <https://txdeafblindproject.org/products/podcasts-webinars/2021-texas-symposium-on-deafblind-education/presentazione>, J. Nicholas, tactile working memory scale, 2021
9. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-020-00494-y>, articolo on-line, S. Price C. Jewitt N. Yiannoutsou, 2021
10. <https://knowledge.autodesk.com/support/vred-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/VRED/files/VR-and-VR-Setup/VRED-VR-and-VR-Setup-Hands-in-VR-html.html>, sito on-line, 2022
11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.02533/full>, original research, memory load influences taste sensitivities, by

- P. Liang J. Jiang Q. Ding X. Tang S. Roy, 2018
12. <https://www.ft.com/content/2c9013ca-04d7-11e2-8f0d-00144feabdc0>, financial times, Surgery: Robotics are a 'game changer', S. Murray
 13. <https://www.youtube.com/watch?v=l1ZlwbHuhrU>, Youtube, HOLO LONDON, Eric Prydz, 2020
 14. <https://www.youtube.com/watch?v=zUHPX28At9w>, Youtube, Tomorrowland Presents, Eric Pridz, 2022
 15. <https://whyy.org/articles/reading-public-museum-brings-its-mummy-back-to-life-as-a-hologram/>, BBC World service, peter Crimmins, 2021
 16. <https://irp-cdn.multiscreensite.com/68fb84ce/files/uploaded/HYPERVSN%20Wall%20Overview.pdf>, HYPERVSN, Wall Overview and Industry solutions, 2022