

PERCEZIONE E PSICOFISICA

4/10/2022

Descrivere relazioni funzionali tra psichico e fisico = **PSICOFISICA** alla base della psicologia della percezione ma anche usata nello studio di altri meccanismi. Disciplina ancora attuale e i cui metodi sono ancora usati → gran parte della conoscenza relativa agli organi di senso e al loro funzionamento deriva dagli studi di psicofisica che hanno posto la base per grandi invenzioni del secolo scorso (televisione, radio, cellulare = qualsiasi cosa che serva da interfaccia tra la mente dell'uomo con un sistema artificiale di elaborazione di dati deve considerare il funzionamento del sistema sensoriale e quindi si basa su studi di psicofisica).

Koffka autore del libro Principi della Psicologia della Gestalt pubblicato nel 1935: "perché le cose appaiono così come appaiono?"

Prima che si sapesse il reale funzionamento del sistema visivo, per esempio gli antichi greci avevano le idee più strane sul suo funzionamento: Euclide pensava che dagli occhi uscissero dei raggi che andavano a colpire gli oggetti.

Postle. B.R. 2015: "anyone who can read these words, including you, experiences conscious awareness. What explains this?".

Nella percezione la multisensorialità è la regola sia nel contesto sperimentale che nel mondo reale.

Percepire = raccogliere in maniera attiva ciò che viene dall'ambiente, non è qualcosa che accade al soggetto ma è qualcosa che lui fa attivamente

Semiotica = Scienza generale dei segni, della loro produzione, trasmissione e interpretazione, o dei modi in cui si comunica e si significa qualcosa, o si produce un oggetto comunque simbolico.

La percezione è un ciclo continuo e il fatto di avere esperienze coscienti non è necessario.

Visione di basso livello finisce nel momento in cui il cervello mette in atto l'integrazione binaurale.

06/10/2022

ottica ecologica

Queste informazioni provenienti dall'ambiente vengono intercettate da un mezzo, da una qualche forma di energia. La visione sembra che sia una forma di azione a distanza, io vado un oggetto che sembra all'esterno, ma come fa a contattarmi?

Noi esseri umani siamo sensibili a tre tipi di forme di energia: **elettrromagnetica**, la luce; **meccanica**, qualsiasi cosa che produce un lavoro, che si muove e **chimica**. Noi che facciamo con i nostri sensi? O assorbiamo i fotoni oppure rispondiamo con i nostri sensi agli eventi meccanici (vibrazione, peso, stiramento); certi eventi meccanici non li sentiamo come una pressione ma come un dolore (evento traumatico); noi siamo pure sensibili all'energia meccanica quando sentiamo i suoni (gli stadi tra le molecole aumentano/diminuiscono, quindi il suono si descrive come un'onda meccanica che si propaga nell'aria). Nel caso della visione invece, abbiamo a che fare con la luce e l'energia elettrromagnetica. La luce si può descrivere anche come un'onda, non è l'unica maniera con cui si descrive, ma in questo caso è appunto descrivibile in forma di lunghezza d'onda. Altri invece, la descrivono come pacchetti di quanti/fotoni di luce (le due definizioni non sono contrastanti). Di solito è più utile pensare alla luce come una lunghezza d'onda (ottica geometrica, si ragiona in "raggi di luce"). Se noi guardiamo l'energia elettrromagnetica in funzione di lunghezza d'onda misurata con un nanometro →

-raggi gamma

-raggi x

-ultravioletti (le prime tre sono più corte)

-occhio

-raggi infrarossi

-onde radio

(più lunghe)

In funzione della lunghezza d'onda, le informazioni viaggiano di più o di meno. Quindi quelle che hanno lunghezza d'onda maggiore vengono sfruttate per comunicazioni a distanza maggiore. Il modo in cui noi otteniamo informazioni dall'ambiente, si trova nel mezzo del continuum (400-700 nanometri), quindi dipende da una gamma ristretta di lunghezza d'onda, perché i fotorecettori nella retina assorbono quanti di luce se quest'ultima è all'interno di questa gamma di lunghezza d'onda.

Alle diverse lunghezze d'onda vengono associati dei colori, è opinione comune che i colori abbiano a che fare con la lunghezza d'onda →

-luce blu/violetta: lunghezza d'onda corta; via via azzurro, verde, giallo e poi i colori con lunghezza d'onda maggiore sono l'arancione e il rosso.

Queste informazioni sono state date anche dal contributo di Isaac Newton: egli ebbe l'idea di scomporre la luce solare utilizzando un prisma. Quindi abbiamo un prisma attraverso cui facciamo passare i raggi del sole e poi proiettiamo i raggi che escono dal prisma su una superficie bianca. Il prisma devia la direzione dei raggi del sole e cambia la loro direzione a seconda della lunghezza d'onda. Cosa succede? Vediamo un arcobaleno. Questo è un fenomeno fisico.

(Perchè il numero 7? Perchè lo span della working memory è di 7).

Ottica di Newton: [...] perché i raggi, se io parlo in maniera rigorosa, non sono colorati ...]. Il colore degli oggetti non deriva dalla lunghezza d'onda della luce, ma dalla proporzione di luce che l'oggetto tende a riflettere massimamente, quindi il colore deriva dall'interazione dell'oggetto con luce e cosa viene riflesso dall'oggetto; quindi anche dal materiale di cui è composto l'oggetto.

Riflettanza: propensione di ogni materiale a riflettere più o meno in certe zone dello spettro.

Nella retina ci sono 3 tipi di fotorecettori che si chiamano coni. Questi 3 tipi di coni sono diversi tra di loro perché hanno una capacità diversa di assorbire la luce. I coni non sono capaci di distinguere le lunghezze d'onda, non sono sensibili. Non c'è alcuna correlazione, tra la lunghezza d'onda che arriva all'occhio e il colore che vediamo. La psicologia della percezione è ricca di fenomeni illusori in cui possono succedere due cose:

o che abbiamo due zone che rimandano all'occhio la stessa lunghezza d'onda e noi vediamo due colori diversi (spirale blu e verde, composizione spettrale identica).

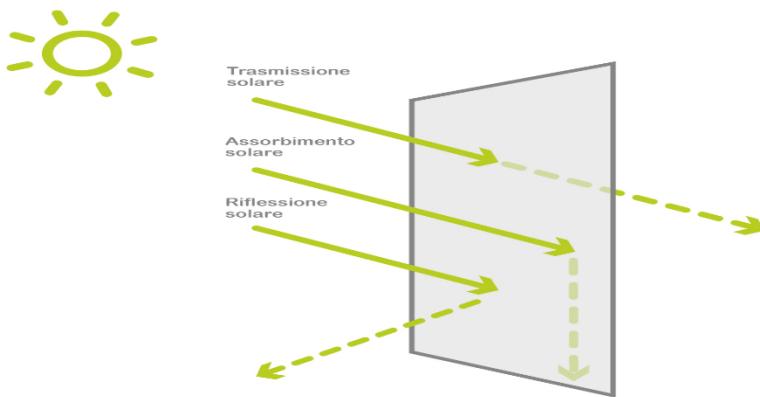
Come viene usata la luce da un organismo che sta nell'ambiente?

Se noi abbiamo questi raggi luminosi nell'ambiente, cosa succede quando la luce incontra un corpo?

-**assorbimento**, avvengono determinati eventi fisici in cui si trasforma in calore;

-**trasmissione**, attraversa la superficie; a seconda di come è fatto il materiale può avere un indice di trasmissione più o meno grande (ovviamente se trasmette tutta la luce non si vede nulla).

-**riflessione**, la luce viene riflessa con lo stesso angolo con cui colpisce la superficie.



Le superfici opache hanno una componente di riflessione diffusa, in cui i raggi luminosi possono venire riflessi in qualsiasi direzione.

Questo però non ci fa capire come però la luce ci dia informazioni; pensiamo alla percezione della distanza: ragionando su un singolo raggio di luce, non si dovrebbe capire la percezione della distanza.

Ottica ecologica:

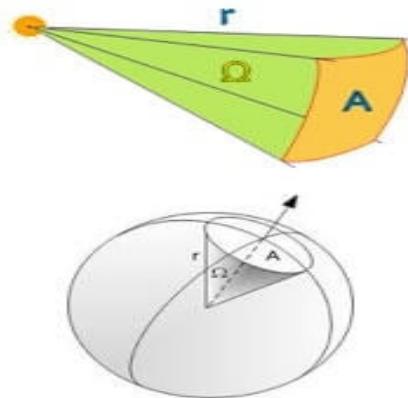
James J. Gibson (1904-1979) e Eleanor J. Gibson (1910-2002): modo diverso e utile per capire come la luce ci porta informazioni. Dobbiamo abbandonare una descrizione della luce in termini di singoli raggi. Dal punto di vista di un organismo che deve interagire con l'ambiente, questo tipo di descrizione non è appropriata.

La luce viaggia ad una velocità così tanto alta, che la nostra scala di elaborazione neurale non riesce ad elaborare tutti i raggi emessi da una fonte luminosa.

Gibson: questi raggi che arrivano in qualsiasi punto dell'ambiente, non arrivano in maniera casuale, perché i raggi che arrivano in un determinato punto sono frutto di alcune e precise dinamiche di riflessione. C'è un vincolo fisico. Questi raggi formano dei raggruppamenti che hanno un certo grado di omogeneità, hanno più o meno la stessa lunghezza d'onda. Non dobbiamo ragionare sui singoli raggi, ma su un tipo di descrizione ottica: **angolo solido (serie di angoli soliti la cui struttura dipende dalla struttura dell'ambiente)** è una generalizzazione in più dimensioni del concetto di angolo.

Struttura di angoli soli che dipende dalla struttura che c'è nell'ambiente. Gli angoli solidi hanno una relazione di adiacenza o di inclusione, quindi dipendono da relazioni tra gli oggetti che ci sono all'interno dell'ambiente. Questo tipo di concezione viene chiamata: **assetto ottico ambientale**.

Quando disegniamo in prospettiva fondamentalmente cerchiamo di riprodurre un assetto ottico ambientale.



Approccio ecologico: ha come base di partenza lo studio delle informazioni presenti nell'ecologia del nostro ambiente.

Costrutto teorico che non vediamo (optic array); noi vediamo gli oggetti da fuori e quello è il contenuto della nostra esperienza percettiva, però l'informazione che noi usiamo per produrre questo effetto finale si può descrivere in maniera utile in termini di **assetto ottico**, cioè in termini di una struttura di angoli solidi (struttura → insieme di relazioni, c'è un metodo).

Assetto ottico ambientale (ambient optic array):

-un costrutto teorico per descrivere l'informazione ottica

-descrive una struttura (insieme di relazioni) spaziale di angoli solidi

-*evolve nel tempo* (spazio – temporale): cambia nel tempo perché se fisso un punto, se qualcosa si sposta nell'ambiente, questo produce una piccola variazione nell'effetto ottico. Oppure, l'informazione disponibile attraverso gli assetti ottici cambia perché io mi posso spostare, perché siamo organismi mobili. Nel momento in cui ci muoviamo, ci posizioniamo in un punto di vista diverso dell'assetto ottico e campioniamo informazioni diverse.

-*è duale*: noi siamo organismo binoculari e significa che noi campioniamo l'assetto ottico in maniera duale contemporaneamente. Le due visioni non sono uguali ma leggermente diverse → Somma di campi visivi monoculari, in cui ci c'è una porzione vista da entrambi gli occhi e in periferia abbiamo un tipo di visione monoculare → fusione binoculare per ottenere informazioni sul mondo esterno.

Dobbiamo pensare in termini di interazione tra oggetti, corpi e luci. Oltre all'assetto ottico dobbiamo pensare anche al campo visivo, ossia quella porzione di assetto ottico che io posso campionare nel tempo t dal punto di vista v , che limita la nostra visione ad una determinata porzione dello spazio.

Informazione ottica

l'energia luminosa è una condizione necessaria ma non sufficiente per la visione perché ci sia visione occorre che ci sia **informazione ottica**: disomogeneità nella distribuzione della luce (rispetto allo spazio o al tempo).

Quello che conta per la visione non è la quantità di luce, ma la sua struttura. Questa è la differenza tra la luce come onda elettromagnetica e la luce come informazione ottica; la seconda ha a che fare con il suo assetto.

Principio di determinazione relazionale

“.. uno stimolo non è confinato in un punto sulla superficie dei recettori o in un istante nel tempo. Per essere tale, uno stimolo implica cambiamento; quindi uno stimolo è una relazione, non una quantità” (E.J. Gibson).

Posto che nella struttura dell'ambiente c'è l'informazione che è potenziale, non ci potrebbe essere nessun organismo che la raccoglie e quindi non c'è uno stimolo; perché quest'ultimo non dipende solo da quello che c'è fuori dal mondo, ma anche dai filtri che l'organismo pone quando la raccoglie; è data dalla **relazione**. Lo stimolo non è fisico, al

massimo l'informazione che ti da si trova nell'ambiente fisico, ma lo stimolo è un qualcosa che puoi definire solo quando consideri la relazione tra l'organismo e l'ambiente (concetto di natura sistemica).

Non è una proprietà del mondo lo stimolo, ma è nella relazione possibile che si può instaurare tra ambiente e corpo che lo percepisce.

Principio di determinazione relazionale:

Percezione della temperatura: non conta la temperatura assoluta dell'acqua a temperatura ambiente con cui faccio l'esperimento, ma sempre il termine di riferimento. E' la temperatura percepita, che dipende sempre dal confronto con un termine di riferimento.

Grandezza percepita: vale anche per la grandezza, non solo per la temperatura. Le grandezze le percepiamo sempre in relazione ad altre grandezze. Gli oggetti sono più o meno grandi; si potrebbe dire che noi percepiamo una grandezza perché a seconda di quanto è grande l'oggetto proietta sulla nostra retina, che sarà più piccola o più grande. (dipende anche dalla distanza ovviamente).

Esperimento in aula sui dischi.

Dall'occhio al cervello

L'energia elettromagnetica viene convertita in segnale elettrico, quindi inizia la visione. A livello del singolo recettore dei fotoni vengono convertiti in segnale elettrico, e quello che succede è che fotorecettore conta il numero dei fotoni, più ce ne sono, più risponde, e non importa la loro lunghezza d'onda, basta che possano essere assorbiti e in tal modo contati. Ogni tipologia di fotorecettore ha una probabilità di assorbire maggiormente certi tipi di fotone. Il fotorecettore blu ha una curva di sintonizzazione rispetto alla lunghezza d'onda, e quindi nel risponde molto meglio nella zona corta dello spazio. In questo modo avviene la fototrasduzione. Tuttavia, la retina è una rete neurale molto complicata, in cui ci sono vari tipi di neuroni oltre i fotorecettori. L'output della retina è già un estrarre info da parte delle cellule gangliari.

La luce, entra nell'occhio prima attraverso la cornea (la cornea è la prima delle due lenti dell'occhio e fa la maggior parte del lavoro), viene piegata un bel po' e convoglia i raggi luminosi attraverso la pupilla. Subito dietro c'è una zona che si chiama camera anteriore e poi la pupilla, posteriormente a quest'ultima c'è il cristallino (seconda lente dell'occhio). Il cristallino è una struttura flessibile, è tenuto in posizione da alcuni legamenti e questi legamenti, sono controllati da dei muscoli che contraendosi/rilassandosi , modificano la struttura del cristallino → questo processo si chiama **acomodazione** ed è fondamentale per poter mettere a fuoco gli oggetti, soprattutto quando sono vicini a noi.

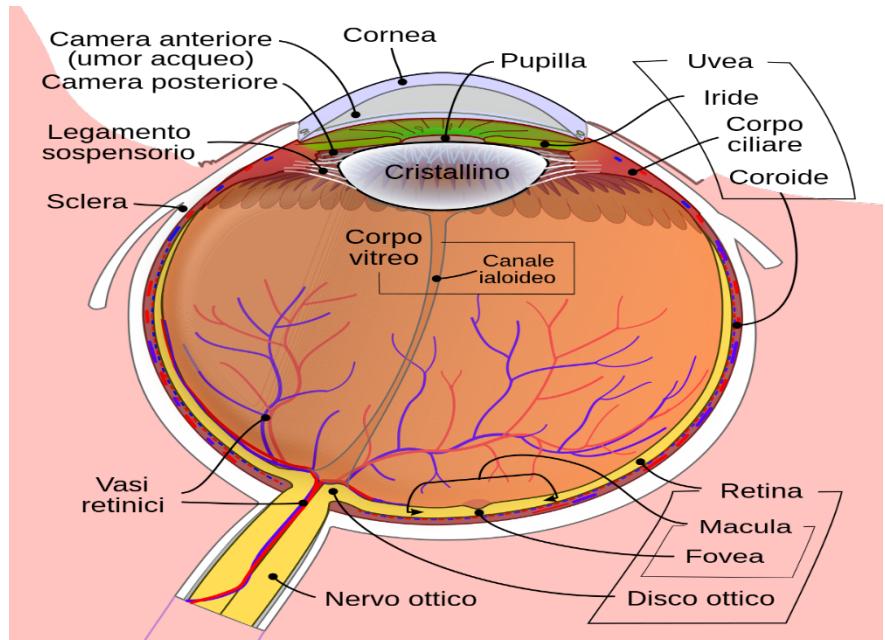
Presbiopia: quando il cristallino diventa più rigido andando via con l'età; la presbiopia compensa la miopia.

Queste due lenti fanno sì che la luce entri nella parte posteriore dell'occhio attraversando la camera vitrea in cui c'è un liquido molto denso (umor vitreo) che assorbe un bel po' di fotoni; alcuni vengono assorbiti dall'iride e alcuni vanno persi.

*L'occhio è una struttura mobile.

C'è una membrana esterna, la **sclera** che è una fibra biancastra, davanti alla sclera c'è una struttura che si chiama **coroide**; quest'ultima è una membrana molto scura che assorbe molta luce. Ha una funzione fondamentale, perché nell'ultima membrana, la retina, arrivano solo alcuni raggi (funge da filtro).

Light trap: struttura che assorbe la luce per impedire riflessioni secondarie. Questa struttura gialla sono l'insieme delle fibre delle cellule gangliari. Il nervo ottico buca la retina e va verso l'esterno.

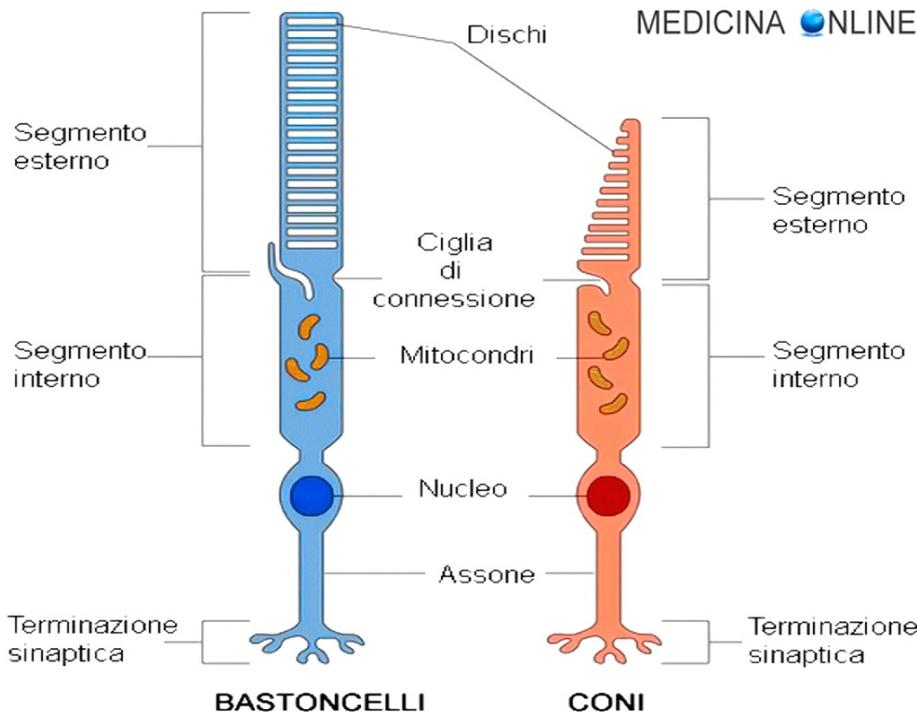


Analogia occhio macchina fotografica → obbediscono

entrambi al principio di costruzione della camera oscura (scatola con un buco in cui la luce entra se il buco è sufficientemente piccolo e ragionevolmente a fuoco e quindi se ci mettiamo uno schermo dentro alla camera oscura, si forma un'immagine). Nella macchina fotografia c'è una pellicola su cui si forma l'immagine, mentre nell'occhio c'è la retina che è molto diversa dalla pellicola.

La retina è effettivamente un pezzo di cervello, anche anatomicamente (detto estruso), nella parte esterna del cranio, è una rete neurale che elabora informazioni; il lavoro che fa la retina è estrarre informazioni → è un'attività, quindi non un processo passivo.

Anatomia della retina: non è una struttura omogenea; nella retina ci sono **coni** e **bastoncelli**.



Il segmento esterno del fotorecettore, è quello in cui c'è il fotopigmento, cioè la parte che è capace di assorbire i fotoni di luce. Nel momento in cui avviene l'assorbimento a livello del segmento esterno, questo induce una cascata di eventi, che alla fine fanno sì che al terminale sinaptico si generi **un potenziale elettrico graduato**, non è un potenziale d'azione. Il fotorecettore non

produce spike, ma produce un potenziale che è proporzionale al numero di fotoni che ha assorbito.

Coni e bastoncelli sono molto diversi tra di loro. Bastoncelli unico tipo, coni tre tipi.

Bastoncelli: circa 90 milioni; coni: circa 4.5 milioni.

I bastoncelli sono quelli che usiamo durante la visione notturna, quindi funzionano quando c'è poca luce, hanno una sensibilità molto alta, quindi quando ci sono pochissimi fotoni. In condizioni ideali, basta poco più di un singolo fotone per attivare un bastoncello. Mentre quella dei coni è un po' meno buona, funzionano quando c'è tanta luce. C'è una differenza molto marcata nella distribuzione sulla retina dei coni e bastoncelli. I primi (quelli detti "rossi" e "verdi") ci sono dappertutto sulla retina, ma non in eguale maniera, perché c'è una zona della retina, la fovea, in cui c'è una concentrazione molto alta di coni. I coni in fovea sono molto piccoli. Mentre nel resto della retina i coni diventano un po' più grandi.

Proiezione magno e parvo cellulare. Nella fovea non ci sono i coni "blu". Quanto è grande la fovea veramente? Quanti gradi sarà la fovea? 1 grado.

Fovea: alta acuità visiva, in cui noi riusciamo a vedere i dettagli. C'è anche una parte della retina in cui c'è un'alta densità di bastoncelli e funge da "fovea notturna" anche se lo stesso non si riescono a vedere i dettagli con poca luce.

Asse y: densità e questa viene espressa in funzione della distanza della fovea (grafico).

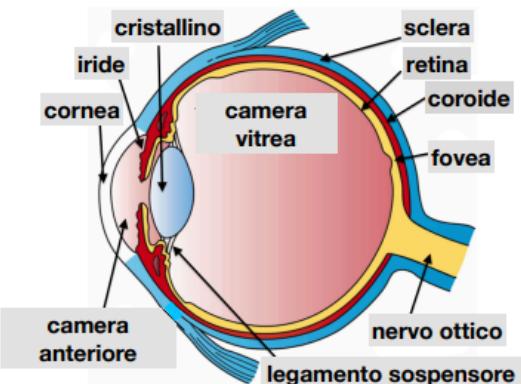
11/10/2022

ASSETTO OTTICO AMBIENTALE:

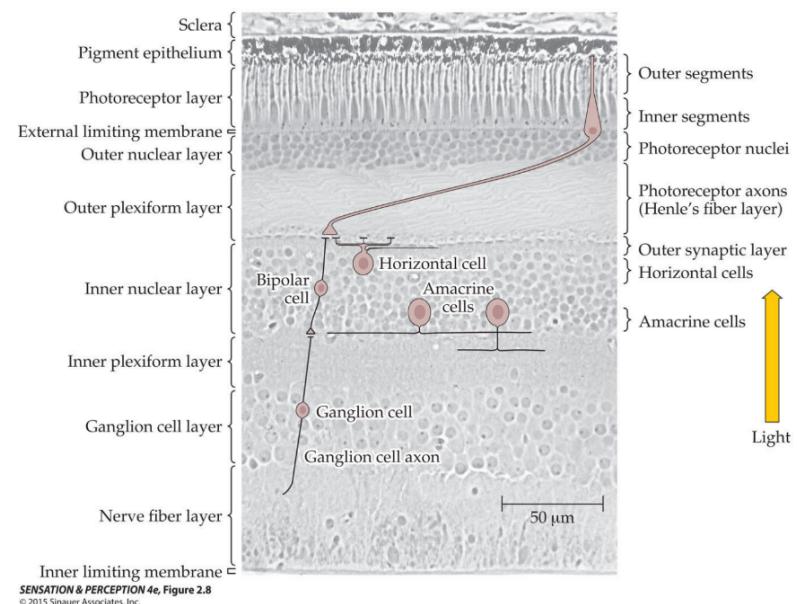
- Un costrutto teorico per descrivere l'informazione ottica
- Descrivere una struttura spaziale di angoli solidi
- Evolve nel tempo (spazio temporale)
- È duale

Informazione ottica → l'energia luminosa è una condizione necessaria ma non sufficiente per la visione. Perché ci sia visione occorre che ci sia informazione ottica: disomogeneità nella distribuzione della luce rispetto allo spazio e al tempo

Anatomia retina: punto in cui c'è un avvallamento = fovea = maggiore concentrazione di fotorecettori per la visione diurna → strato input, output e strati in mezzo

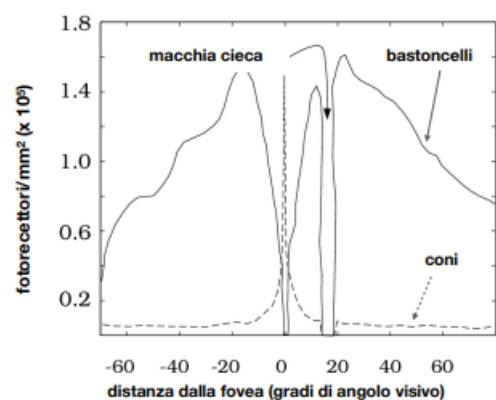


- Input = epitelio pigmentato = segmenti esterni dei fotorecettori e dove inizia la fototrasduzione > esce segnale elettrico proporzionale all'intensità della luce = più fotorecettori assorbiti e maggiore il potenziale
- Segnale viene variamente processato in una rete con cellule diverse > fenomeni di convergenza e interazioni laterali (come nelle cellule amacrine e bipolari che ricevono info sia dai fotorecettori che da altre cellule dello stesso tipo dello stesso strato)
- Natura del segnale che esce dallo strato di output delle cellule gangliari
- Luce arriva all'epitelio pigmentato e la prima cosa che incontra sono i nuclei delle cellule gangliari, i loro assoni e capillari, non i fotorecettori perché sono sul fondo dell'occhio



GRAFICO

- Asse x = posizione sulla retina
- Concentrazione fotorecettori della fovea in gradi di distanza misurata per millimetro quadrato (moltiplicato per 10 alla quinta)
- Il picco più evidente di coni si trova nella fovea (in prossimità dello zero hanno un picco) mentre non ci sono bastoncelli
- I bastoncelli sono più nelle zone laterali
- Coni più grandi = non sono capaci di discriminare i dettagli fini = primo esempio del campo recettivo che più è grande meno è preciso
- Distribuzione bastoncelli complementare a quella dei coni = tanti in periferia e niente nella fovea > molto densi nella zona circostante alla fovea, circa 15° a sx e dx della fovea



- Coni = visione dettagli fini
- Densità dei recettori è un fattore limitante per l'acuità

Perché visione in fovea con i coni è favorita? In questa zona c'è un avallamento e permette che in questa zona la luce colpisca direttamente i fotorecettori. Poi altra zona, la macchia cieca (disco ottico) in cui non ci sono fotorecettori, più grande anche della fovea. Non ci accorgiamo di questo punto cieco perché in questo punto non c'è solo una interazione locale delle cellule per compensare, ma interviene il cervello che tiene conto del contesto → cervello opera una ricostruzione grazie alle info che vengono dalla retina.

Anni 60' intelligenza artificiale ha iniziato a studiare l'acquisizione delle immagini quindi ci si è accorti che quando si cattura un'immagine non sempre è ovvio, per esempio, dove si trova un contorno, noi non ce ne accorgiamo perché il cervello riempie i buchi.

Watercolor illusion → 1987 Pinna scopre questa illusione in cui sembra che ci siano 4 figure dipinte ad acquerello ma in realtà nella parte interna è bianca in tutte e 4 le figure. Si può usare uno schermo di riduzione (foglio nero o grigio in cui si fa un buco in modo da togliere il contesto in modo che si possa vedere solo il centro delle 4 figure per capire che all'interno sono tutte bianche) → segnale che esce dalla retina viene usato dal cervello per riempire con un colore le superficie e anche determina cosa è superficie e cosa è sfondo = segnale che esce dalla retina è una preelaborazione che serve per costruire la percezione

Con intelligenza artificiale si sono resi conto che la visione è qualcosa che usa delle strategie molto efficienti e sofisticate, intelligenza adattiva

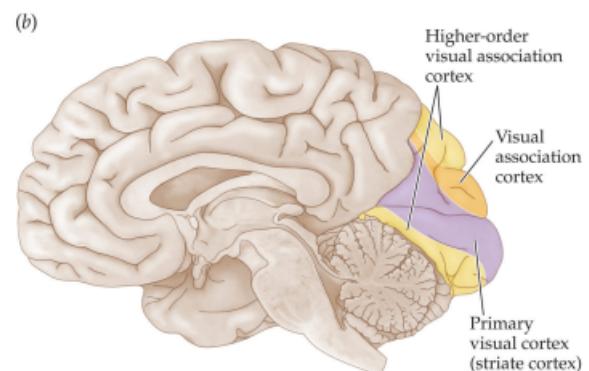
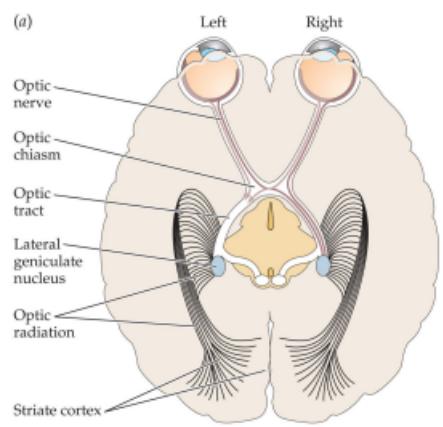
PROIEZIONE RETINO-GENICOLATO-STRIATA = dalla retina verso V1 passando per il genicolato laterale nel talamo

- Nervo ottico si incontra nel chiasma dove le fibre si incrociano e diventa tratto ottico, dal genicolato esce la radiazione ottica che porta il segnale fino a V1 nella corteccia occipitale all'interno della fessura calcarina e un'altra parte nella parte posteriore del lobo occipitale
- Questa viene chiamata visione di basso livello = a partire dalla retina è quella che si occupa di portare in corteccia delle info locali = info da parti piccole del campo visivo in coordinate retino-topiche = info etichettate per la zona di retina da cui provengono e anche per l'occhio di provenienza
- Solo in uscita da V1 ci sono segnali con fusione binoculare

Il modo in cui in questa via è costruito il cablaggio è quello secondo cui V1 di sx abbia una mappa retinotopica dell'emicampo visivo di dx e avviene perché la retina ha due parti, una porzione nasale e una temporale

Fovea fissa il centro

- Emiretina nasale incrocia quindi parte di sx va nell'emisfero di dx e viceversa > diventa controlaterale
- Emiretina temporale rimane nel lato di provenienza, rimane omolaterale
- Dopo tratto ottico si arriva al genicolato e come la retina è una struttura multistrato, 6, ce sono fibre nervose etichettate per la zona della retina di provenienza ma anche in base all'occhio di



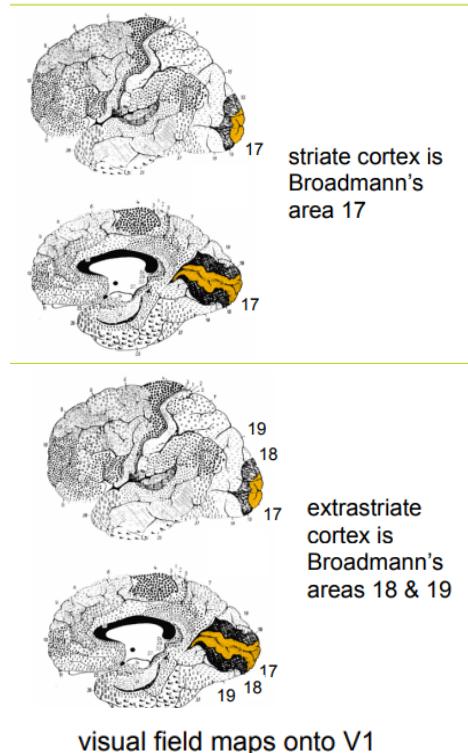
provenienza e infine anche per il tipo di cellula gangliare da cui viene l'info (magno, parvo e konio cellulari)

- P sono nella fovea = piccole e portano segnale ad alta risoluzione, segnale per colore > 3, 4, 5, 6 del genicolato laterale
- M sono meno capaci di analizzare i dettagli infatti sono più in periferia e sono più sensibili al movimento > strati 1, 2
- K sono fra gli strati
- Ogni genicolato vede un emicampo ma da entrambi gli occhi, info etichettata per occhio di provenienza
- Questa mappa in coordinate retiniche finisce in V1 (striata perché si vede una striscia) dopo tante altre aree coinvolte come V2, V3, V4, V5 e V6 poi altre aree nel lobo parietale, frontale e altre nel lobo temporale
- V1 = area 17 Broadman, V2 e V3 erano 18 e 19
- In V1 c'è una mappa neurale che corrisponde alla retina
- Sulla corteccia la fovea ha una porzione in proporzione molto grande rispetto alla sua grandezza effettiva = espansione
- Perché la retina funzioni serve sempre dei piccoli movimenti oculari

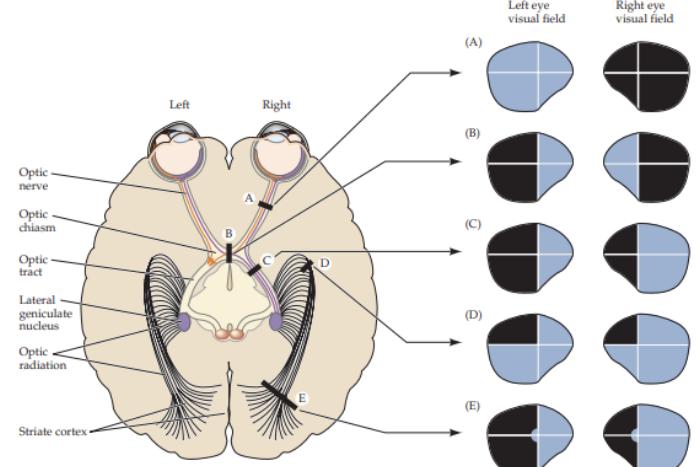
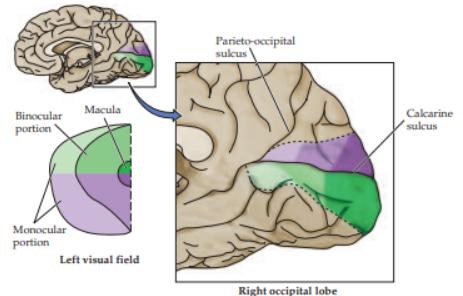
Pazienti con deficit del campo visivo, quindi qualche forma di cecità corticale

- Emianopsia = perdita di capacità di vedere nell'emicampo di sx a causa di un ictus che aveva causato un danno selettivo alla radiazione ottica di dx e anche danno al lobo parietale di dx, aveva anche una incapacità di leggere che spesso è una conseguenza di un danno all'emisfero di sx che è dominante per il linguaggio = parte di sx completamente cieca
- Scotoma = zona del campo visivo in cui non si vede a causa di un danno di una porzione di V1
- Slides diversi tipi di cecità

Anni 20' ricercatore si è chiesto cosa succede alla propria esperienza del mondo se si va a interferire con la percezione → sulla retina sono invertiti sopra e sotto e dx e sx > occhiali con prismi che invertono l'immagine retinica e c'è un graduale adattamento per cui poi il mondo torna normale e lui riusciva a muoversi nell'ambiente.



visual field maps onto V1



Anni 50' Cohler ha chiesto a dei soggetti di portare dei prismi che apportavano diverse modificazioni dell'immagine retinica > adattamento progressivo alla nuova visione del mondo.

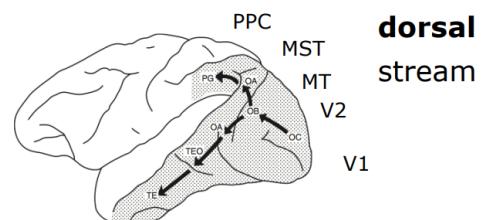
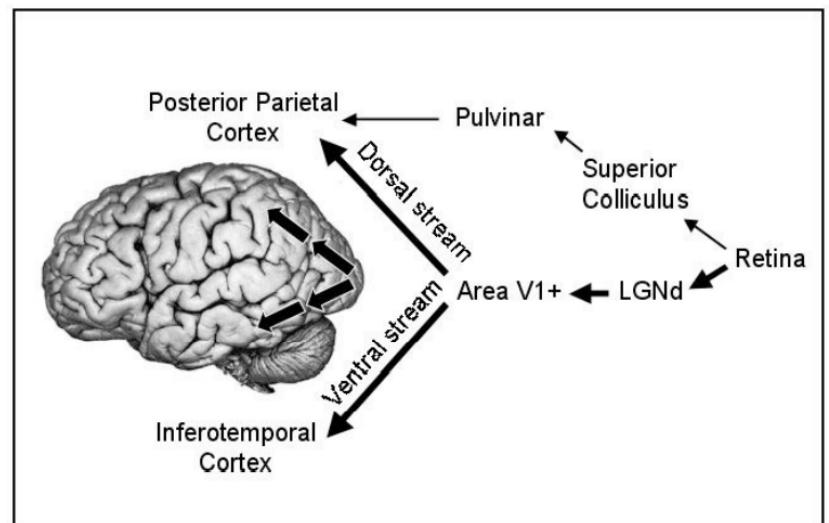
Dopo un certo tempo le persone si adattano anche a modifiche radicali della mappatura retinotopica perché più cambia la maniera in cui questa mappa viene ricalibrata.

In V1 avviene la fusione binoculare e comunica con le aree extrastriate dove avvengono con anche circuiti che tornano a V1 i processi di interazione translocale (si interessano di interazioni a lungo raggio tra zone) = interazione intermedia

Zone extrastriate proiettano ad altre zone del cervello

- Proiezione ventrale > da V1 a corteccia inferotemporale → funzione visiva che ha a che fare con la memoria, lessico e serve non solo per vedere ma anche riconoscere e categorizzare = AREA DEL COSA
- Proiezione dorsale > da V1 a parte posteriore del lobo temporale → zona multisensoriale in cui ci sono processi legati alla preparazione di movimenti e che va a formare dei network con aree prefrontali motorie = preparazione di movimenti per poi effettuarli → componente motoria, neuroni bimodali e trimodali, gestione e orientazione dell'attenzione dello spazio = AREA COME E DOVE

Altra proiezione dalla retina alla corteccia > dalla retina va direttamente alla corteccia parietale posteriore senza passare da V1 ma passa dai collicoli superiori, pulvinar e amigdala. Questa proiezione secondaria serve in caso di lesione, per esempio, di V1 in cui non c'è visione cosciente, nonostante ciò, alcuni pazienti riescono a muoversi lo stesso grazie a questa proiezione secondaria.



dorsal stream

The indirect pathway from V1 to MT synapses in the thick stripe region of V2. MT, in turn, sends feedforward projections to area MST (located in *medial superior temporal cortex* in the macaque brain), which, in turn, sends feedforward projections to several areas in the posterior parietal cortex (PPC).

DAL CERVELLO ALL'AMBIENTE

Diagramma di flusso per rappresentare la catena psicofisica della percezione.

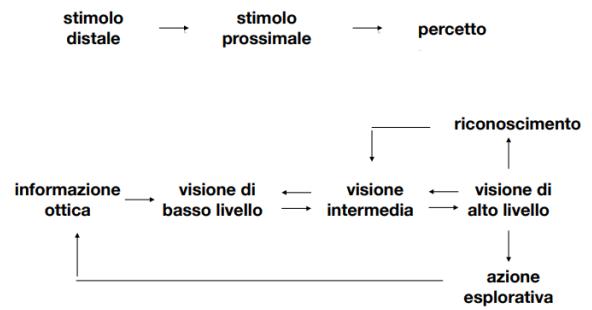
- Stimolo distale come la luce che porta info allo stimolo prossimale che è la retina
- Dopo si arriva a un percetto cosciente

Questa è una visione percettiva della percezione.

Altro modello:

- Info ottica ambientale disponibile
- Viene campionata da dei sistemi sensoriali che fanno da filtro selezionando certe caratteristiche dell'info ottica e le codificano a basso livello, poi le integrano a livello intermedio fino ad arrivare all'esperienza cosciente, riconoscimento e alla possibilità di agire ed esplorare il mondo
- All'inizio freccia in un solo senso perché info viene solo dall'esterno ma dopo ci sono frecce bidirezionali = info dalla corteccia al genicolato e viceversa = interazione tra visione di basso livello, intermedia e di alto livello
- Ciclo = visione di alto livello può modificare quello che succede ai processi integrativi e perché attività esplorativa influenza le info che sono disponibili

dalla catena psicofisica al ciclo percezione-azione



RICONOSCIMENTO → VISIONE INTERMEDIA

Stimolo molto degradato e il cervello cerca di mettere insieme le info per dare un senso a quello che si vede. Cervello è continuamente alla ricerca di strutture riconoscibili e quello che si ha in memoria agisce su un processo di interazione locale che influenza il percetto.

Spesso si riconoscono volti perché sono uno stimolo molto importante per la nostra specie.

VISIONE INTERMEDIA → VISIONE DI BASSO LIVELLO

Percezione illusoria operata dal cervello che non solo riempie una zona ma crea anche il contorno = fenomeno di livello intermedio che interagisce con la visione di basso livello.

AZIONE ESPLORATIVA → INFO OTTICA

Movimento nello spazio e nel tempo, movimento del corpo che anche mantenendo la fissazione cambia le proiezioni retiniche degli oggetti che non sono in fissazione.

13/10/2022

PSICOFISICA: SENSIBILITÀ, SOGLIA E LEGGE DI WEBER



Elementen der Psychophysik (G. Fechner, 1860)

Psicofisica = relazioni funzionali tra mente e materia. Nascita metà 800' che ha rivoluzionato lo studio della mente perché ha dato strumenti scientifici per affrontare un problema che prima era confinato al dominio della filosofia, letteratura... PROBLEMA DELLA COSCIENZA e la psicofisica dà gli strumenti per studiare e misurare quantitativamente i contenuti di coscienza.

F. ricercatore tedesco iscritto all'università di Lipsia dove è nato il primo laboratorio di psicologia. Dopo dottorato ha insegnato fisiologia dopo essere stato allievo di Weber. Quando è tornato a studiare dopo la malattia i suoi interessi filosofici sono diventati prevalenti e il suo obiettivo era studiare in modo scientifico il rapporto tra mente e corpo. Due elementi che in quanto legati dovrebbe essere possibile studiare le relazioni funzionali tra di essi.

"la psicofisica va intesa come una teoria esatta delle relazioni di dipendenza funzionale tra corpo e anima o più in generale fra materiale e mentale, fra mondo fisico e mondo psicologico."

Prima della scienza moderna l'idea prevalente di scienza era essenzialista quindi trovare le cause ultime di un fenomeno per spiegarlo e quindi comprendere la sua essenza ultima → idea dei filosofi greci

La scienza moderna a partire da Galileo tende a chiedersi come accade un fenomeno e quali sono le condizioni che determinano un fenomeno e quindi si cerca di trovare una relazione funzionale.

Idea fondamentale di F. è che non si possano misurare direttamente le sensazioni dei soggetti, ma si può studiare il comportamento discriminativo = soggetti capaci di rispondere a domande per discriminare due stimoli tra loro, questo compito riflette una proprietà della mente che è quella discriminativa = efficienza con cui si elaborano stimoli percettivi.

sensibilità = “quanto bene” un meccanismo percettivo è in grado di elaborare l’informazione negli stimoli

 capacità/efficienza discriminativa

A parità di stimolazione fisica se maggiore sensibilità allora sensazione più intensa, se minore sensibilità allora sensazione più debole.

soglia differenziale = minimo incremento nell'energia fisica di uno stimolo in grado di produrre sistematicamente un cambiamento nella percezione

 reciproco della sensibilità

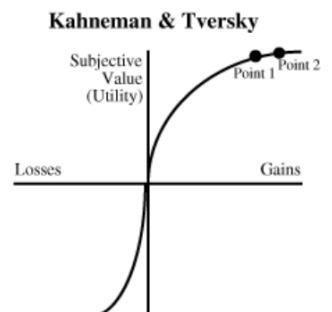
La sensibilità si misura con compiti discriminativi.

Soglia differenziale = minima quantità di differenza tra due stimoli fisici tale per cui il soggetto è in grado di distinguere ed è misurato in unità fisica. Soggetta ad abituazione, quindi, aumenta con l'esperienza solitamente.

Se si misura una soglia, se si fa il reciproco si ha una misura di sensibilità.

Weber (1795-1878) → fondatore della psicologia sperimentale da cui si ispira F. Fisiologo e neuroanatomista.

Pubblica un saggio sul tatto in cui descrive varie osservazioni fisiologiche spt sui meccanocettori della pelle → capacità discriminativa tattile varia a seconda di quale porzione del corpo è stimolata. Maggiore sensibilità perché meccanocettori distribuiti non omogeneamente, ma spt su polpastrelli e labbra sono più densi rispetto ad altre zone che sono a più bassa risoluzione. (principio dell'innervazione). Si accorge che in generale la sensibilità varia non sono a seconda di dove si stimola, ma anche a seconda dell'intensità dello stimolo > sensibilità inversamente proporzionale all'intensità dello stimolo di partenza → F. la chiama LEGGE DI WEBER



Daniel Kahneman Nobel per l'economia (2002) → teoria del prospetto > psicologo cognitivo che studia il ragionamento e la presa di decisioni e la sua teoria è su come le persone prendono decisioni economiche basandosi sulla psicofisica.

Denaro espresso in termini di guadagno o perdita e utilità (percezione soggettiva).

Osservazioni di W: se si parte da 100g di quanto di devono aumentare perché ci si accorga che il peso è cambiato.

La sensibilità di un sistema sensoriale è inversamente proporzionale all'intensità dello stimolo di riferimento; infatti, la soglia è direttamente proporzionale all'intensità e la sensibilità è $1/\text{soglia}$.

Si può anche scrivere $\Delta I \times K = I \rightarrow$ equazione di una retta dove K è il coefficiente angolare di questa retta (parametro che dice di quanto cresce ΔI al crescere delle unità di I)

Equazione retta $\rightarrow y = a + bx$

La legge di W. È una generalizzazione empirica = osservazione più o meno vera nella maggior parte dei casi e per la maggior parte dei canali sensoriali, funziona se non si considerano intensità molto basse o molto alte > se suonano altissimo rompe il timpano, si esce dalla sensibilità e si entra nella soglia del dolore. Inoltre, la percezione deve tenere conto degli effetti del contesto che può interferire con la percezione.

- Delta I = soglia differenziale
- Sensibilità = numero tanto più grande tanto più piccola la soglia = $1/\text{soglia}$

FUNZIONE DI WEBER – FECHNER

Problema di F: quale forma ha funzione della psicofisica?

- S = intensità della stimolazione
- I = intensità dello stimolo

Forma = curva accelerata negativamente = quando I piccolo cresce molto in fretta ma poi diminuisce di intensità \rightarrow man mano che aumenta I la retta aumenta meno velocemente.

- 0 = assenza stimolazione e assenza di sensazione (potrebbe essere presenta la stimolazione ma essendo con intensità molto bassa potrebbe essere al di sotto della capacità percettiva del soggetto = soglia assoluta = quantità minima dello stimolo fisico tale per cui lo si percepisce, soglia differenziale rispetto alla assenza) \rightarrow non si parte da 0, ma si parte dalla soglia assoluta = valore di I che corrisponde al grado 0 della sensazione \rightarrow di quanto si deve aumentare I per capire che è cambiato qualcosa rispetto a I con 0
- Si va avanti aggiungendo a I con 0 una quantità K
- Andando avanti le delta I diventano sempre più grandi
- Delta S sull'asse delle y le differenze sono uguali ma sull'asse delle x le differenze sono diverse e questo porta a una curva negativamente accelerata e non a una retta altrimenti dovrebbero essere variazioni uguali sia sulle x che sulle y = progredisce per uguali rapporti e non per uguali differenze

Curva che all'inizio sale rapidamente e poi tende ad appiattirsi

Jnd = just noticeable differences = differenze percepibili rispetto alla soglia assoluta = soglie differenziali

legge di Weber

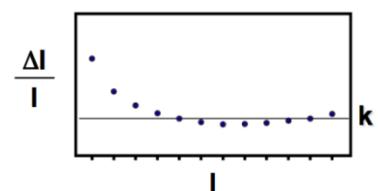
$$\frac{\Delta I}{I} = k$$

ΔI : minimo incremento discriminabile

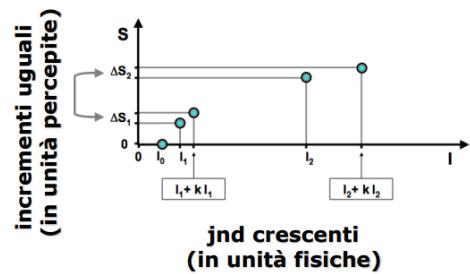
I : intensità di riferimento

k : costante specifica per la modalità

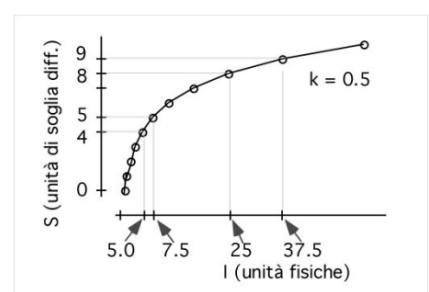
**approssimativamente
valida per intensità
intermedie**



la soluzione



funzione di Weber-Fechner $k = 0.5$



A progressione aritmetica sulle y corrisponde una progressione geometrica sulle x.

Rapporto tra 7.5 e 5.0 è uguale a quello tra 37.5 e 25.

La curva riguarda la relazione tra S e I e se questo è vero allora un modo più semplice per dirlo è che S è in relazione lineare con il logaritmo di I.

logaritmo = è definito come l'esponente a cui elevare la base per ottenere l'argomento → base^a → a è il logaritmo e la base può essere qualsiasi numero ma in biologia si usa base 10 perché è quella in cui il log corrisponde all'ordine di grandezza. Log10(x) = esponente a cui elevare la base per ottenere x.

- Log10(10) = 1 → esponente a cui elevare 10 per ottenere 10 → 10¹ = 10
- Log10(100) = 2
- Log10(1000) = 3

"legge" di Weber-Fechner

Legge W-F

$$s = c \log(I)$$

- S = sensazione misurata in unità di soglie percepibili, differenze percepibili
- Log(I) = logaritmo intensità
- C = coefficiente angolare e dipende dalla grandezza di k

I'intensità percepita è proporzionale al logaritmo dell'intensità fisica dello stimolo

c è la costante di proporzionalità
 $c = 1 / \log(1 + k)$

Espressione formale della legge di W-F → s = c log(I/10) ponendo soglia assoluta = 1

Espressione abituale → s = c log(I) = modo matematico di descrivere la curva della legge di W

$$\frac{\Delta I}{I} = k$$

Weber

$$s = c \log(I/I_0)$$

Fechner

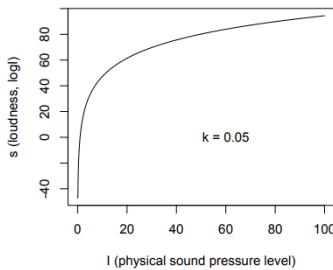
$$s = c \log(I)$$

Fechner*

loudness di un tono a 4 kHz

loudness di un tono a 4 kHz

```
k <- 0.05
c <- 1/log10(1 + k)
x <- seq(0.1, 100, by = 0.1)
y <- c * log10(x)
plot(x, y, type = "l", xlab =
  "I (physical sound pressure
  level)", ylab = "s (loudness,
  logI)")
text(60, 0, "k = 0.05")
```



- C = costante di proporzionalità che dipende da K quindi prima si assegna k e poi si riesce a calcolare c
- X = sequenza di numeri che va da 0.1 a 100 procedendo aumentando di 1 decimo per volta
- Y = legge di W-F
- Plot per fare il grafico pottando x per vedere la curva e non la retta

La curva rappresenta meglio il fatto che al progredire di s corrisponde una crescita geometrica di I (si procede per uguali rapporti). L'aumento dell'intensità della stimolazione è uguale e progredisce in modo aritmetico, la sensibilità invece cresce rapidamente all'inizio e poi raggiunge un plateau.

Loudness di un tono a 4kHz (1000 Hz = unità di misura della frequenza = quante onde ci sono nell'unità di tempo) → suono è un'energia meccanica che si propaga in un mezzo elastico in questo caso l'aria e l'onda si propaga esercitando diverse intensità di pressione nell'aria, frequenza e ampiezza dell'onda.

Scala dell'intensità di un suono = scala decibel = legge di W-F applicata al suono.

scala dB

$$1 \text{ dB} = 10 \text{ BEL} \quad \text{potenza} = I$$

$$1 \text{ BEL} = \log_{10}\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

$$1 \text{ dB} = 10 \log_{10}\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

18/10/2022

Possibile domanda: lampadina che ha 100Lux di luce con $K = 0,03$, supponiamo di costruire una lampadina B, quanti lux deve avere la lampadina B perché sia possibile di distinguerla da quella A tale per cui sia più luminosa → trovare delta I che è la soglia differenziale = $\Delta I = K \times I = 100 \times 0,03 = 3$

Soglia assoluta: caso in cui si distingue I dall'assenza di I = grado 0 della sensazione → **valore di I al di sotto del quale S vale 0** → nel caso del suono è molto vicino allo 0 perché l'energia meccanica che serve per percepire un suono è molto bassa; quindi, vicina all'assenza del suono.

Se si conosce K c'è una semplice relazione che la lega a C che è la costante di proporzionalità

SCALA DECIBEL = intensità del suono psicofisico

scala dB

- Intensità fisica del suono = P → formula è la legge di W-F.

$$1 \text{ dB} = 10 \text{ BEL}$$

potenza = I

METODI PER MISURARE LA SENSIBILITÀ

Idea alla base della psicofisica classica è che misurando la soglia, indirettamente si hanno info sulla sensibilità → psicofisica indiretta di Fechner con metodi che si usano ancora anche se resi più efficienti implementandoli con software

$$1 \text{ BEL} = \log_{10}\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

$$1 \text{ dB} = 10 \log_{10}\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

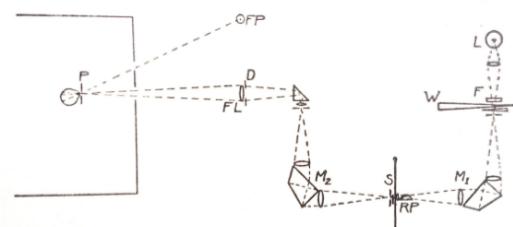
3 metodi che F ha descritto e codificato:

- Aggiustamento = dare al partecipante un modo di controllare intensità fisica dello stimolo e con questo controllo, modificandola può aggiustare lo stimolo in modo che sia a soglia
Mettere a soglia = aggiustare in modo che sia appena distinguibile, abbastanza diverso da cogliere la differenza ma se si riducesse sembrerebbe uguale oppure aggiustarlo per essere sicuri di distinguere → problema della differenza individuale e della valutazione soggettiva
- Metodo dei Limiti = invece di lasciare l'aggiustamento al partecipante, lo fa lo sperimentatore cominciando con suono intenso e poi si scende fino al punto in cui il soggetto inizia a confondersi → serie discendente o ascendente. Con questo metodo c'è un errore di perseveranza da aspettativa
- Stimoli costanti = metodo principe descritto da F e alla base dei metodi contemporanei della misurazione di soglie → Delta I non è in realtà un numero e lo si vede se si usa questo metodo

METODO DEGLI STIMOLI COSTANTI CON COMPITI SI-NO

esperimento di Pirenne

- Partecipanti sono di solito soggetti esperti
- Presentati stimoli e i partecipanti sanno che in ogni priva vengono presentati degli stimoli e devono dare un resoconto introspettivo della propria esperienza
- Domanda: quale è la soglia assoluta per la visione = livello di intensità di energia elettromagnetica minima per produrre una risposta visiva (I_0 I con 0)



Esperimento degli anni 50' di un fisico esperto di ottica, Hecht, Pirenne e assistente di laboratorio → quale è la soglia dell'intensità luminosa minima in grado di produrre una sensazione?

Intensità luminosa minima per produrre una risposta minima dei bastoncelli:

- Partecipante al buio per 20 minuti così che la retina si possa adattare al buio e quindi raggiunga la massima sensibilità possibile
- Fare vedere disco luminoso D che viene illuminato da un sistema ottico con prismi che hanno la funzione di filtro monocromatore (fa passare luce solo in una banda ristretta di lunghezze d'onda)

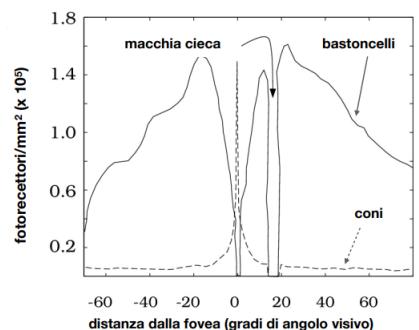
intorno a 500 nm = nanometri), otturatore che serve per controllare il tempo di presentazione dello stimolo e specchi che servono per fare girare la luce in un certo percorso, filtri serve per controllare intensità della luce, se denso meno luce passa

- Presentata quindi luce con certa lunghezza d'onda ristretta di cui viene controllata intensità → tanti stimoli con intensità diverse e questi stimoli sono costanti
- 6 diverse intensità luminose che corrispondevano a poche centinaia di fotoni
- Il disco si trova di fronte all'occhio ma il partecipante non fissa il disco ma fissa FP = fixation point più a lato rispetto al disco → bastoncelli sono massimamente densi in periferia quindi l'esperimento sfrutta questa zona di massima intensità
- I fotorecettori sono l'equivalente biologico di qualcosa che conta il numero di fotoni tramite una funzione di assorbanza = probabilità che un fotone venga assorbito dal fotorecettore in base alla sua lunghezza d'onda
- primo grafico rappresenta la lunghezza d'onda che permette la massima assorbanza da parte dei fotorecettori
- il colore è una proprietà psicologica della nostra esperienza e non una proprietà fisica degli oggetti
- i fotorecettori sono sensori che assorbono la luce nello spettro visibile con funzione di assorbanza diversa a seconda che siano coni o bastoncelli ma non sono capaci di codificare e non sono selettivi per la lunghezza d'onda → la retina è cieca al colore
- secondo grafico → bastoncelli assorbono la luce in una gamma molto ampia, da 400 a 600 nm, contano quanti fotoni sono arrivati ma non codificano la lunghezza d'onda, quindi, non porta info per il colore
- **principio di univarianza** = ogni fotorecettore può variare la sua risposta solo in una dimensione che è il numero di fotoni con i quali entra in contatto e lo comunica con l'intensità di un potenziale graduato → più fotoni, più intenso il potenziale
- di notte non si vedono i colori perché con un solo tipo di recettore, i bastoncelli, al cervello non arriva info cromatica che è possibile solo combinando info che proviene sia dai coni che dai bastoncelli
- monitorare sensibilità in funzione del tempo passato al buio → sensibilità cresce secondo una funzione con un gomito che corrisponde al passaggio dai coni ai bastoncelli → al buio per un po' i coni cercano di migliorare la loro sensibilità, ma dopo entrano in gioco i bastoncelli che sono specializzati per la visione notturna
- Sensibilità reciproco della soglia → se sensibilità cresce dal basso verso l'alto la soglia cresce nel modo opposto → questo grafico della soglia quindi più bassa la soglia, più alta la sensibilità

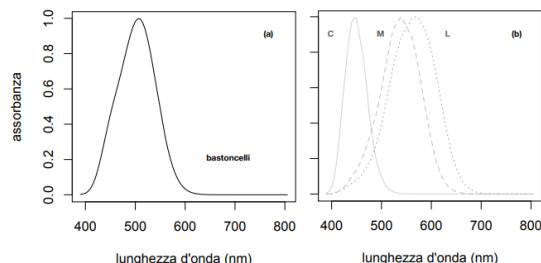
PROCEDURA Sperimentale (3 partecipanti)

- 6 stimoli che vengono randomizzati e presentati in un certo numero di prove e i soggetti devono dire se hanno visto o no il disco
- I dati → per ogni livello di intensità dello stimolo si conta quante volte il partecipante ha detto di averlo visto, se molto sopra soglia avrà detto che l'ha visto sempre e mai se molto sottosoglia e poi zona di incertezza
- In una condizione ideale la soglia dovrebbe essere come nel primo grafico e quindi la soglia sarebbe un numero

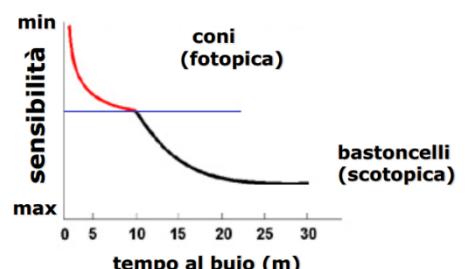
distribuzione sulla retina dei fotorecettori



assorbanza spettrale dei fotorecettori



adattamento al buio



- SOGLIA REALE → la funzione che descrive come la percentuale di risposte positive cresce al crescere dell'intensità è una funzione sigmoide e si ottiene con il metodo degli stimoli costanti
- La soglia è rappresentata da una incertezza che varia in modo continuo in base a una funzione di probabilità → la soglia è una funzione e quando la si rappresenta con un singolo numero è solo per esigenza di riassumere un dato per comunicarlo in modo semplice → si può scegliere qualsiasi numero nella zona di incertezza come valore della soglia
- Percentuale di risposte positive del 50% = valore dell'intensità dello stimolo per cui il partecipante ha il massimo grado di incertezza per cui nel 50% delle volte dice che l'ha visto e nell'altro 50% delle volte dice che non l'ha visto
- È la forma della S che rappresenta la soglia e può corrispondere a una variazione più o meno brusca e l'incertezza aumenta o diminuisce
- **La soglia non è un numero, ma è una funzione di probabilità**

Quando i quanti sono pochi non vede quasi mai, quando supera i 200 quanti dice che vede sempre. Incertezza riguarda i punti in mezzo. Zona grigia è l'incertezza della stima della curva (intervallo di fiducia di un parametro). A partire dai 6 punti si può fittare la sigmoide che rappresenta la soglia e poi si può scegliere un numero che può essere il 50% o 60% di risposte viste (qualsiasi numero).

L'asse delle x non è una progressione aritmetica, ma geometrica plottata con scala logaritmica (la distanza tra 50 e 100 è uguale a quella tra 100 e 200).

Quanto è il grado 0 della sensazione? Da un pdv comportamentale è una intensità di luce molto debole intorno ai 100 quanti di luce. I quanti di luce sono quelli misurati sul disco = stimolo distale, ma quanti di quei quanti, quale è la proporzione di questi quanti che viene assorbita dal fotorecettore? Un po' di luce viene persa nella stanza, poi deve attraversare i diversi strati dell'occhio e una parte viene assorbita.

Quanto di questi 100 fotoni disponibili arrivano ai fotorecettori? La conclusione di Pirenne è che perché ci sia risposta a livello comportamentale è sufficiente che a un bastoncello arrivi un fotone e che contemporaneamente ad altri 5/6 arrivi un altro fotone, poi vengono integrati. In queste condizioni estreme create in laboratorio bastano pochi fotoni.

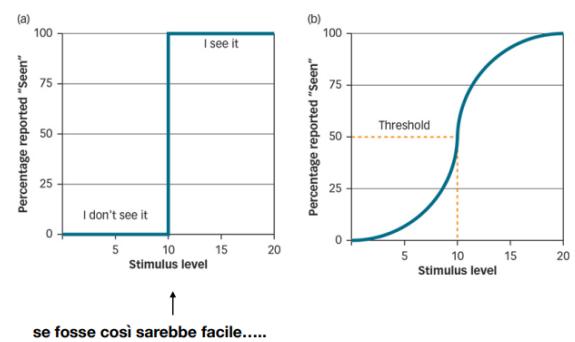
Un fotone è il limite fisico imposto dalla struttura della luce → luce fatta da pacchetti e c'è minimo o un fotone o niente. Questo vale per un soggetto adattato al buio e in queste condizioni sperimentali, in condizioni diverse la capacità discriminativa è diversa.

Di questi 100 fotoni ne vanno persi tanti e quindi sulla retina ne arrivano pochi rispetto ai tanti bastoncelli che arrivano in quel punto → probabilità che due fotoni arrivino sullo stesso bastoncello è quasi nulla.

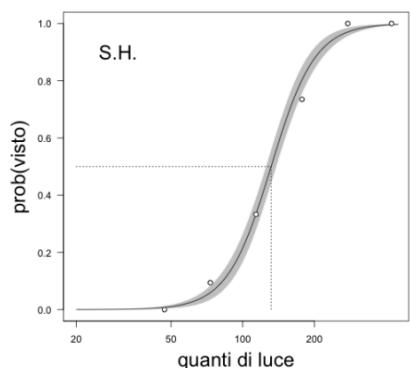
FUNZIONE PSICOFISICA DIFFERENTE DA PSICOFISICA

- PSICOFISICA: es legge di W-F = funzione che rappresenta come la sensibilità varia in funzione dell'intensità della stimolazione, curva
- PSICOMETRICA = modo di rappresentare in modo probabilistico la soglia, sigmoide

soglia ideale e soglia reale



funzione psicometrica



ANCORA SUI METODI INDIRETTI

METODO DEGLI STIMOLI COSTANTI CON COMPITO 2AFC

Paradigma di Pirell criticato perché il compito si-no c'è un certo grado di ambiguità nella domanda che viene fatta ai partecipanti, in ogni prova c'è sempre una certa quantità di luce e quindi il giudizio è soggettivo. Nella zona di incertezza il soggetto non è sicuro di avere visto lo stimolo e il criterio per cui si dice si o no è diverso da persona a persona (persone che dicono si solo quando sono molto sicuri e altri meno) → domanda ambigua

No prove in cui la luce non c'era, sapevano che la luce c'era sempre e davano solo un giudizio se fosse visibile o no.

Usare stesso metodo ma con compito diverso → inserite anche prove in cui veramente non c'è stimolazione = compito di classificazione in cui si deve classificare la prova e dire se c'è o non c'è stimolazione. non ci si basa solo sul resoconto introspettivo, ma si può vedere anche se la risposta era corretta oppure no → dice che lo vede e c'era oppure no = COMPITO AFC2 alternative force choice a 2 alternative (si possono aggiungere più alternative). Le alternative si riferiscono allo stimolo, in questo caso presente o assente, non alle risposte che possono essere date.

Distinguendo tra risposte giuste o sbagliate si controlla il criterio di scelta del soggetto quindi se è un soggetto molto sicuro o più insicuro nel dire che ha visto lo stimolo.

Consente di fare una distinzione fra punto di egualanza soggettivo e il punto di egualanza oggettivo. In psicofisica interessa vedere come qualcosa che viene inserito modifica la percezione rispetto a un livello di riferimento.

PEO = quello che si misura con il righello che a volte è discrepante, nelle illusioni geometriche, con quello che si dice di vedere quindi del PES. Illusione di Muller-Lyer.

- PES da confrontare con PEO per vedere effetto dell'illusione
- La differenza tra PES e PEO è l'illusione valutato confrontando il punto di massima incertezza nella sigmoide con i PEO.

Grandezza stimolo in percentuale alla grandezza dello standard → effetto del contrasto di grandezza = illusione 15% della grandezza dello standard

Questo effetto quantificabile con un valore di soglia ma con un errore standard, non dipende solo dallo stimolo prima ma anche dal colore che influenza la grandezza

- Se colore diverso la sigmoide si sposta
- Se colori diversi contrastano e quindi preceduto da grande sembra più piccolo ma se di colori diversi il rapporto tra grandezze è meno saliente, l'effetto si riduce e la sigmoide si sposta indietro

METODO DEI LIMITI

2AFC

2AFC: (two-alternative forced choice) due stimoli, scelta forzata (p.e. quale è più grande?)

2AFC oppure 3AFC, oppure mAFC...

metodo migliore rispetto a si-no (problema del criterio di risposta)

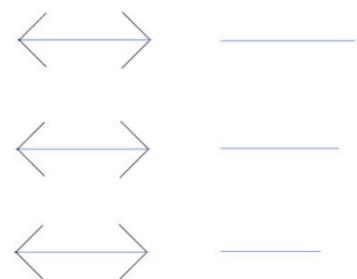
come le usereste nell'esperimento di Pirenne?

cosa significa 2AFC

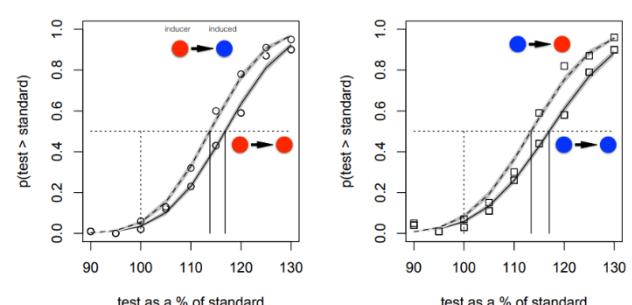
significa che ci sono due stimoli fra cui i partecipanti sono costretti a scegliere

non che ci sono due opzioni di risposta!

PES e PEO



experiment 1: overall



Si fanno serie ascendente o discendente e alla fine si vede come le varie stime oscillano attorno alla soglia → alla fine si ha stima puntuale della soglia

metodo dei limiti

METODO STAIRCASE

metodo della staircase

metodo "adattivo"

si parte soprasoglia

ogni nuovo stimolo viene scelto in funzione delle risposte precedenti

si usano almeno due staircase "interlacciate" per evitare errori da aspettativa

- Adattivo = risparmiare tempo trovando rapidamente dove comincia l'incertezza e misurare lì dove c'è info importante → invece del metodo degli stimoli costanti, quali stimoli presentare lo si decide in base alla prestazione del partecipante, si parte sopra soglia ma in ogni prova si sceglie lo stimolo successivo in base alle risposte precedenti scendendo verso la soglia
- Scalinata scende rapidamente verso la soglia e poi vengono campionate le risposte attorno alla soglia

- Almeno due scalinate che vengono interlacciate → iniziano da punti diversi e scendono alternandosi in modo casuale per evitare errori di aspettativa e che il partecipante veda scendere sempre uno stesso valore

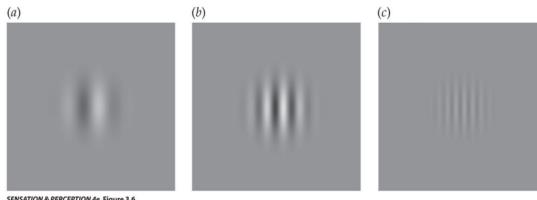
Stimoli chiamati reticolari, grating (staccionata) → tanti segmenti paralleli alternati bianchi e neri usati per studiare sensibilità al contrasto (differenza tra max e min del segnale di luminanza = intensità della luce che arriva all'occhio variata in mood che sia più o meno densa rispetto all'unità di spazio)

Aampiezza onda = contrasto rispetto a L_0 che è il grigio, la media. Lamda = lunghezza d'onda e il reciproco è la frequenza spaziale che è una misura di densità del segnale di contrasto = quanto spesso avviene nell'unità di spazio.

Contorni che hanno un certo contrasto e che sono più o meno grandi sulla retina.

Quale è il livello minimo di contrasto per cui si distinguono i paletti.

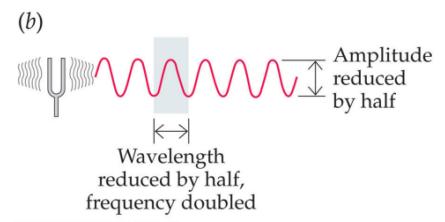
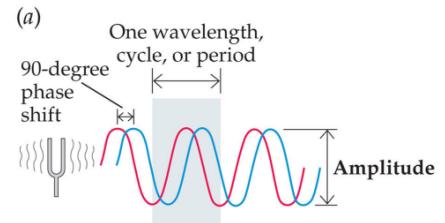
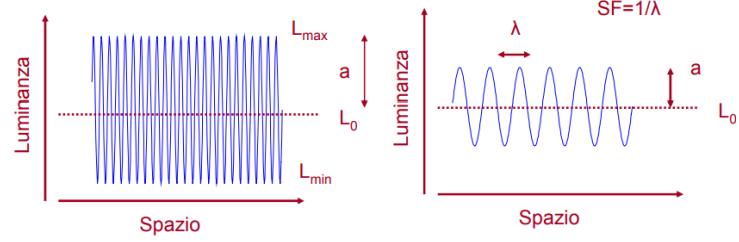
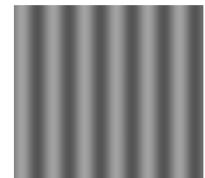
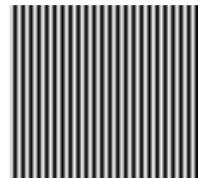
three **gratings** (Gabor patches)



having **equal contrast** but different **spatial frequency**

Intensity	Trial Number							
10	Y		Y		Y		Y	
9	Y		Y		Y		Y	
8	Y		Y		Y		Y	
7	Y		Y		Y		Y	
6	Y		Y		N		Y	
5	Y		N	Y		Y	Y	
4	N	Y		N		N	Y	Y
3		N		N		N	N	N
2		N		N		N		N
1		N		N		N		N
Crossover	4.5	3.5	5.5	4.5	6.5	4.5	3.5	3.5

Threshold = mean crossover = 4.5

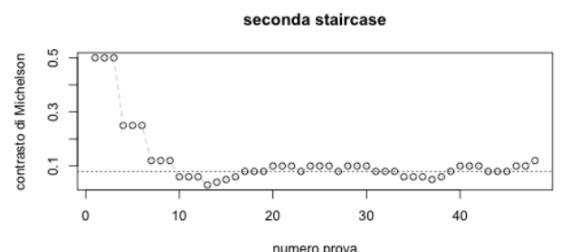
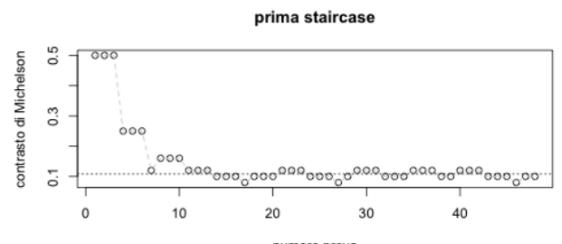


SENSATION & PERCEPTION 4e, Figure 3.6
© 2013 Sinauer Associates, Inc.

- Frequenza spaziale bassa = paletti più lontani
- Gratings di Gabor → sfumati andando dal centro alla periferia e questo rende il segnale di contrasto e di frequenza spaziale meglio definito e Gabor vogliono riprodurre il campo recettivo della cellula che

non ha un margine definito ma andando dal centro alla periferia si riduce la probabilità che la cellula risponda.

- Si parte con uno facilmente visibile poi si riduce il contrasto fino a quando inverte la risposta e poi lo si aumenta di nuovo
- Si modifica il contrasto fisico dello stimolo ma la risposta che il soggetto da è in base al contrasto percepito e quanto è grande la differenza che si vede
- Contrasto percepito maggiore nel b ma in realtà è uguale, cambia la frequenza spaziale → a parità di contrasto fisico, si vede più contrasto variando la frequenza spaziale
- I grating a frequenza intermedia si vedono meno rispetto a quelli a frequenza alta o bassa
- 2 staircase interlacciate → si parte con contrasto alto, 3 risposte si e si scende rapidamente all'inizio, si scende fino a quando dice no e poi si risale e poi le risposte cominciano a oscillare attorno alla zona di incertezza
- Vengono alternati gli stimoli ma il partecipante non sa in che modo
- Poi si va a vedere nella zona di incertezza la media che può essere diverso nelle due staircase e quindi si fa la media tra le due e si ottiene una stima della soglia del contrasto per quella frequenza spaziale.
- Poi si fa la stessa cosa cambiando lo stimolo.



20/10/22

PSICOFISICA DIRETTA E LEGGE DI STEVENS

I metodi di **Fechner** sono metodi di **psicofisica “indiretta”** con lo scopo di misurare indirettamente la sensibilità tramite la misura di soglie. Questo approccio alla psicofisica ha avuto molto successo, ma sono affiorati alcuni problemi, poiché non sempre sembrava corretto studiare la sensibilità delle persone tramite le leggi di Weber-Fechner, poiché alcune cose sembrano seguire leggi logaritmiche, altre no.

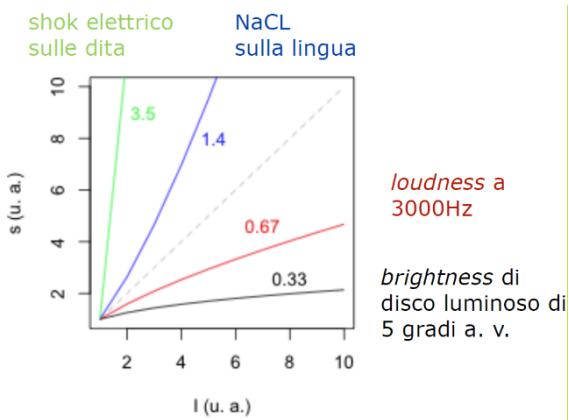
Negli anni '50 su ciò c'è stato un grande dibattito tra vari studiosi, tra cui Stanley Smith **Stevens**, il quale è stato un grande metodologo della psicologia, ma anche uno psicofisico. Il suo contributo ha a che fare con lo sviluppo di **metodi che servono a misurare come le sensazioni variano al variare dello stimolo fisico**. Questi metodi sono diversi da quelli di Fechner, infatti si tratta di **psicofisica “diretta”** (da lui definita anche “soggettiva”). Stevens era interessato alla psicofisica dell'udito e in merito a ciò ha avuto un'idea rispetto al fatto che se si vuole misurare la sensazione di un suono, chi meglio della persona stessa può restituire informazioni su quello che sente. Egli ha sviluppato un metodo chiamato **“stima di magnitudine** (o di grandezza)”, nel quale viene presentata una stimolazione a cui poi al soggetto viene chiesto di associare un numero. Quando si fanno esperimenti di magnitudine è utile iniziare con uno stimolo che funga da ancora. Ad esempio, se si sta studiando l'udito, prima di tutto si fa ascoltare al soggetto un suono che ha una media intensità: ciò che succede in questo caso è che il soggetto si ancora allo stimolo presentato inizialmente, e dunque giudicherà gli stimoli successivi rispetto ad esso (quindi, in questo senso “si ancora” ad esso). In tal modo si può fare una stima di magnitudine. Tuttavia, oltre a far riportare al soggetto un giudizio rispetto ad una scala numerica, gli si può chiedere di fare un **“confronto (match) cross-modale”**. Quest'ultimo è un altro metodo usato da Stevens, e un esempio è chiedere di paragonare del dolore provato con la lunghezza di un segmento.

Kohler è stato uno dei fondatori del movimento gestaltista, e come Koffka è stato costretto a emigrare negli Stati Uniti, ma prima di emigrare ha lavorato come professore in Germania per molti anni. Egli ha descritto il **fenomeno dell'insight e anche quello della multisensorialità**, il quale riguarda un'associazione spontanea tra due tipi di sensazioni diverse, le quali non hanno nulla che possa collegarle. Un esempio sono sensazioni uditive e visive (questa associazione in particolare può essere chiamata fonosimbolismo). Si tratta di un giudizio cross-modale naturale, di corrispondenze naturali che derivano dal fatto che queste sensazioni sembrano avere una certa somiglianza. Quello che sembra essere cruciale è usare certe vocali, “o” e “u” sono vocali “arrotondate” e danno l'idea di qualcosa di grande, mentre la “i” dà l'idea di qualcosa di spigoloso e piccolo. Alla base di ciò c'è una rappresentazione motoria rispetto all'articolazione delle vocali (per dire “o” si chiude leggermente la bocca facendo un cerchio, mentre per dire “i” la si stende). Questo fenomeno non vale solo per questo tipo di associazione, infatti un altro esempio può essere un suono grave (es. contrabbasso) o un suono acuto (es. fischetto), i quali si associano a posizioni con lo spazio: un suono acuto viene associato a cose che stanno in alto, mentre quello grave a oggetti in basso. Dunque, si tratta di associazioni automatiche.

Un altro esempio di associazioni è misurare la cinematica del movimento con misure di come viene percepito un oggetto. Per avere un'idea di come viene percepito si può usare usare un match cross-modale, ad esempio si chiede al soggetto di usare la mano per far capire quanto sembra grande l'oggetto, per poi andarlo ad afferrare (es. se l'oggetto è piccolo, il soggetto dovrà prima simulare con le dita quanto pensa sia grande lo stimolo e poi andarlo a prendere).

Egli ha verificato la stima di magnitudine in tanti modi, ad esempio rispetto alla percezione del dolore, del salato, del timbro di un suono. Nei suoi lavori ci sono risultati in cui sono riportate diverse tipologie di sensazioni, ad esempio la sensazione di freddo sulla pelle. Studiando le funzioni

psicofisiche che otteneva, ossia le stime di magnitudine in funzione di I , in diverse modalità percettive, Stevens arrivò alla **conclusione che la legge psicofisica che vale per tutta la sensorialità non è la legge di Weber-Fechner, ma è una legge psicofisica un po' diversa da quest'ultima**. Infatti, secondo lui non è una funzione logaritmica, ma esponenziale, una legge potenza, secondo cui la sensazione, in generale, è proporzionale all'intensità dello stimolo elevata ad un esponente α : $s = u * I^\alpha$. L'esponente (α) è caratteristico della modalità sensoriale, infatti a seconda di cosa viene misurato si possono trovare diverse α . I è espresso in unità arbitrarie poiché si tratta di sensazioni diverse, le quali però tramite una “trasformazione” possono essere messe tutte sullo stesso grafico. La “legge potenza” non prevede che ci sia una funzione logaritmica che è sempre quella, in cui l'unica cosa che può cambiare è la costante di proporzionalità, la quale modifica la velocità con cui la curva cresce prima di appiattirsi, ma che ci sia una famiglia di curve. Ad esempio, rispetto a quanta luce sembra emettere un disco, Stevens dice che i dati sono fittati bene da una curva in cui è elevato a un esponente frazionario (nel caso della brightness, deve essere elevato ad $\frac{1}{3}$). Un altro esempio è relativo alla sensazione di sale sulla lingua, poiché aumentando il sale, la curva aumenta rapidamente al punto che dopo poco non può essere più misurata. Dunque, Stevens affermava che questa fosse la vera legge, in primo luogo poiché si applica bene ai dati, e in secondo luogo perché è molto più generale della legge di Weber-Fechner, dato che si presta a qualsiasi tipologia di sensazione e di esperimento in cui bisogna velocemente raccogliere dei dati. Detto ciò, sorge una domanda spontanea: come mai si continua a usare la legge di Weber-Fechner per certe cose, ad esempio



stimoli.

La legge di Weber-Fechner e la stima di magnitudine sono simili concettualmente, il principio è lo stesso, ma la formula non lo è altrettanto. Quando lo stimolo è debole, la sensibilità è maggiore, mentre quando è più intenso è minore. Ciò deriva dal fatto che, nel caso in cui lo stimolo è intenso, essendoci tanta informazione, si può usare un sistema non finemente sensibile, mentre nel caso in cui è debole, non essendoci molta informazione può essere usato un sistema meno fine. Questo sembrerebbe derivare da una risposta adattiva, ad esempio se fossimo sensibili ad un'alta quantità di calore non sarebbe adattivo, poiché si rischierebbe di bruciarsi.

LA TEORIA DELLA DETEZIONE DEL SEGNALE

La teoria della detezione del segnale è una teoria legata all'applicazione di concetti che derivano da ingegneria, trasmissione di segnali. In realtà però, è anche figlia di elementi della psicofisica di Fechner.

Il problema che Fechner si era posto è quello del suono del silenzio, il quale è alla base del fenomeno della “vibrazione fantasma” (es. si pensa che sia il cellulare abbia vibrato, ma in realtà non è successo nulla). Fechner parla di due tipi di psicofisica, ossia quella esterna, in cui si cerca di mettere in relazione la sensazione di una persona con lo stimolo fisico, e quella interna, cioè porsi il problema

di come lo stimolo fisico produce una risposta neurale. Egli ha cercato di trovare dei modelli matematici per spiegare quest'ultimo tipo di psicofisica, i quali poi sono stati applicati anche alla teoria della detezione del segnale.

Un qualunque tipo di segnale/fenomeno è soggetto a variabilità, ossia a una quota di errore. L'errore che si commette nel misurare un fenomeno può essere di due tipi, cioè casuale o sistematico, dove **l'errore sistematico** è un qualche tipo di costante che può essere rimosso dai dati, mentre **l'errore casuale** è una fluttuazione dovuta ad un processo stocastico. Il modello più semplice che ha descritto l'errore è quello gaussiano. Quando si conducono delle misure, il centro della distribuzione comprende il valore vero del fenomeno che viene misurato. Tuttavia, ad esso si sommerà sempre una quota di casuale, che può essere in difetto o in eccesso, definendo una distribuzione di errori ipotetica che Gauss ipotizzava fosse una curva normale, cioè descrivibile dalla funzione di densità in questa distribuzione teorica di probabilità. Ciò equivale a dire che l'errore casuale è un errore democratico, che a volte toglie e a volte aggiunge (senza particolare preferenza) e che tende a regredire verso la media, poiché di solito gli scostamenti dalla media (errori), in eccesso o difetto, sono piccoli, e diventa sempre meno probabile commettere degli errori quanto più essi sono grandi.

Fechner ha preso queste idee di Gauss e ha immaginato che, misurando le attivazioni del sistema nervoso (psicofisica interna), esse risultino centrate rispetto ad un certo valore, il quale dipende dall'intensità dello stimolo, ma anche che fluttuino/varino intorno ad esso seguendo la legge della distribuzione gaussiana. Si tratta di un modello matematico teorico. Ad esempio, supponendo che il cellulare in tasca non vibri, vuol dire che lo stimolo fisico è 0, però, nonostante ciò, si può immaginare che nel sistema nervoso, anche in assenza di uno stimolo fisico, ci sia comunque una fluttuazione casuale del rumore neurale, dovuto al fatto che le cellule scaricano continuamente in modo spontaneo e variabile. Dunque, nel sistema nervoso c'è un rumore di fondo sempre presente, e di conseguenza, quando $I = 0$, nel sistema c'è comunque qualcosa. Sovrapponendo un segnale (Fechner parlava di "uno stimolo di intensità I' ") a tale situazione in cui c'è solo rumore, da 0 la distribuzione si sposta, poiché l'effetto dello stimolo aggiunge un errore costante, però la forma di essa rimane la stessa. Nel sistema nervoso si può immaginare che ci sia un sistema di controllo che, sulla base del grado di attivazione osservato nella cellula, deve decidere se ha sentito qualcosa nella realtà oppure no. Seguendo tale ragionamento, è possibile prevedere che in certe condizioni si possa sentire il suono del silenzio, nel senso che questo centro di controllo può dare la percezione cosciente di sentire una vibrazione poiché scambia un suono presente in quel momento per un suono riconoscibile, anche se si tratta di solo rumore neurale. Questo sistema di controllo potrebbe basarsi sulla media dei due segnali, ossia un punto intermedio tra 0 e a , ed è nel momento in cui essa viene superata che si avverte di aver percepito qualcosa: dunque, la probabilità di avere un percepito veridico corrisponde alla piccola area della curva che supera la media, e ciò vuol dire che, con una probabilità più bassa, quando non c'è vibrazione, si potrebbe sentire il suono del silenzio. Fechner ha esteso questo ragionamento, oltre al fatto di scambiare rumore neurale per stimoli percepiti, anche ad altri casi.

L'idea di Fechner della psicofisica interna assomiglia a quella che viene data alla teoria della detezione del segnale.

Tramite un cinematogramma di punti casuali si può indagare la percezione del movimento globale, e in particolare in quello mostrato dal prof si deve estrapolare il movimento orizzontale di essi in mezzo al rumore derivante da altri puntini che si muovono in modo casuale. Poniamo che questo esperimento venga fatto fare ad un soggetto con una vista molto buona e che egli dica che l'ha visto nel 95% delle volte, e quindi dovremmo supporre che questo soggetto abbia una buona percezione del movimento globale. Tuttavia, questa conclusione sarebbe lecita? Si può davvero pensare che siamo sensibili al movimento in queste condizioni? Ci sono varie problematiche nel rispondere a

questa domanda, ad esempio il soggetto potrebbe essere propenso a dire sempre di sì (propensione al rischio maggiore, appena ha un sospetto che qualcosa si muova in orizzontale risponde di vederlo). Si tratta di un esperimento di detezione del segnale, in cui la sensibilità può essere misurata, invece che misurando soglie, utilizzando compiti formulati seguendo questo metodo, in cui si devono fare delle discriminazioni tra l'aver visto solo rumore e l'aver visto il segnale più il rumore (il segnale può essere più o meno forte). Nel caso del soggetto molto propenso al rischio potremmo ipotizzare che la percentuale di volte rispetto a cui ha percepito il movimento ed esso era effettivamente presente è del 95%, mentre del 30% quella in cui ha risposto di averlo percepito anche se in realtà non c'era. Questo è un dato sicuramente più informativo, che permette di trarre delle conclusioni più solide rispetto alla correttezza delle risposte. Dunque, con la teoria della detezione del segnale, la sensibilità non viene misurata misurando soglie, ma utilizzando dei compiti di detezione del segnale, i quali sono compiti di discriminazione: dunque, alla base c'è sempre l'idea della soglia differenziale di Weber, però non si misurano le soglie ma le percentuali di risposte corrette e di errori. Un altro fattore da considerare è che, a differenza dell'esperimento di Pirenne, dove il soggetto era consapevole che il segnale ci fosse sempre, in questo caso ci sono situazioni in cui il segnale può non esserci, e quindi le risposte possono essere classificate come giuste o sbagliate.

Questo modello si basa su un modello simile, ma non esattamente uguale, a quello della psicofisica interna, poiché l'idea che sta dietro alla teoria della detezione del segnale è che tutto ciò si può fare misurando risposte comportamentali, non l'attività neurale.

Quando il soggetto fa un compito di classificazione, la sua risposta dipende da due processi, i quali sono di natura diversa:

- il primo processo è quello regolato dalla sensibilità sensoriale, e il, quando arriva lo stimolo, produce (appunto) una risposta sensoriale, la quale sarà tanto più forte quanto più è forte il rapporto tra segnale e rumore;
- il secondo processo è un processo di decisione, infatti riguarda il fatto che successivamente la risposta sensoriale viene analizzata da un processo post-percettivo, il quale decide se essa è sufficientemente robusta da garantire la produzione di una percezione cosciente (dunque, decide se la risposta può essere promossa a percezione cosciente o no). Ciò che regola questo processo non è la sensibilità sensoriale, ma un criterio decisionale.

		stimolo	
		segnales	rumore
risposta	si	hit	false alarm
	no	miss	correct rejection

Per poter misurare la sensibilità indipendentemente dal criterio che adotta il soggetto, bisogna fare compiti di classificazione che includono dei catch trials (i quali cercano di fregare il soggetto), in cui lo stimolo può non essere presentato. In questo compito ci sono due maniere in cui si può rispondere correttamente e due in cui si può rispondere in modo sbagliato.

Dunque, possono essere mostrati due tipi di stimoli, uno in cui c'è solo rumore (che è lo stimolo catch trial) e uno in cui sono presenti sia il segnale che il rumore. In funzione di ciò si possono avere due tipi di risposta:

- *hit* è la percentuale di risposte in cui viene percepito il segnale quando effettivamente c'è (risposta corretta);

- *miss* è la percentuale di risposte in cui viene percepito il segnale quando in verità non c'è (risposta sbagliata);

Questo tipo di risposta corretta/errore può essere data solo nel caso in cui c'è il segnale, poiché nel caso in cui esso non c'è ed è presente solo il rumore, si possono avere:

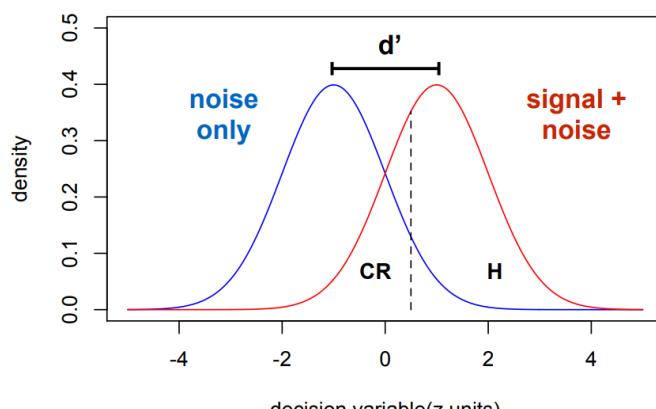
- *correct rejection*, ossia quando si risponde che esso non c'era ed effettivamente è così (risposta è corretta);
- *false alarm*, ossia quando si dice che il segnale c'era, ma in realtà non c'era (risposta sbagliata). Un esempio è la vibrazione fantasma.

		stimolo	
		segnales	rumore
risposta	si	H	FA
	no	1-H	1-FA

Per analizzare un esperimento di detezione del segnale basta conoscere due delle quattro percentuali, per convenzione si usano *hit* e *false alarm*.

Per calcolare la sensibilità si segue lo stesso ragionamento di Fechner. La distribuzione del rumore nel sistema è assunta come distribuzione gaussiana, e un'altra assunzione è il fatto che, aggiungendo l'effetto del segnale, l'asse delle X viene spostato (come se fosse un errore sistematico), però senza modificare la sua varianza: la curva viene solo spostata, ma rimane la stessa. Se le cose stanno così, nelle prove in cui c'è solo rumore (nel grafico corrisponde alla curva blu) si può immaginare che la distribuzione sia centrata intorno ad un qualche valore ipotetico di rumore neurale, con una certa dispersione intorno ad esso, cosa che corrisponde all'errore casuale nel sistema (è come la vibra fantasma), mentre nelle prove in cui il segnale c'è (curva rossa), la curva è spostata. Il soggetto quando fa l'esperimento segue un criterio, il quale dipende o dalla propensione al rischio, o da aspetti di tipo più ecologico, es. payoff rispetto al commettere un errore

indice di discriminabilità



false alarm o un errore *miss*.

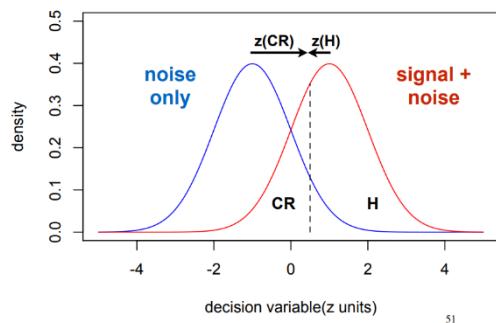
50

Il soggetto decide un criterio, al di sopra del quale risponde di aver percepito il segnale, mentre al di sotto di non averlo percepito. Ciò vuol dire che quando gli viene somministrato il catch trial commetterà una certa quota di *falsi allarmi* (parte blu della curva "noise only"), poiché la sua decision variable gli farà rispondere che ha percepito il segnale anche quando esso non era presente, mentre quando esso è presente davvero, egli risponderà con un'alta probabilità di *hit* (solo parte

rossa della curva). Riferendoci a tale scenario, posizionando il criterio di decisione nel punto dove è posizionato nel grafico, il soggetto farà una percentuale rilevante di *hit*, minimizzando i *false alarm*. Invece, un soggetto che rischia di più, posizionerà il criterio più vicino alla parte “signal + noise” e farà quasi il 100% di *hit* ma anche di *falsi allarmi*, mentre un soggetto prudente, posizionerà il criterio nella zona più vicina alla parte “noise only” e non farà praticamente mai *falsi allarmi* però a costo di pochissimi *hit*. Di conseguenza, dipende da quanto è adattivo il costo di mancarlo o di fare un falso allarme relativamente alla persona.

Questo appena definito è il modello teorico, ma bisogna capire come applicarlo alla sensibilità, in relazione al dato posseduto, cioè la percentuale di falsi allarmi misurati per via comportamentale. La sensibilità in questo modello può essere pensata come lo spostamento della curva rossa rispetto alla blu, nel senso che l'effetto che il segnale fa sul sistema è quello shiftare questa distribuzione di risposte neurali, senza alterarne la varianza, di una certa quantità: tale quantità è la sensibilità, ossia l'efficienza con cui il sistema codifica quel particolare segnale. Nel gergo della detenzione del segnale si chiama d' (d prime), il quale è l'indice di discriminabilità, praticamente è l'indice del fare più *hit* possibili facendo meno falsi allarmi possibile. A parità di criterio, per calcolare il d', il quale è una distanza sull'asse delle X (scivolamento delle curve, una del solo “rumore” e l'altra del “segnalet + il rumore”), si possono prendere i punti dei quantili della distribuzione normale. La distanza di d' può essere intesa come la somma di due distanze dalle rispettive medie delle due distribuzioni.

modello gaussiano con uguali varianze



d' : $z(H) + z(CR)$, dove $z(H)$ significa quantile in punto zeta degli “hit”, e $z(CR)$ significa quantile in punto zeta delle “correct rejections”.

Ma: $CR = 1-FA$, e quindi $z(CR) = z(1-FA)$

Inoltre: $z(1-FA) = -z(FA)$

da cui: $z(CR) = -z(FA)$

quindi: $d' = z(H) - z(FA)$

In sintesi, d' è la differenza tra la percentuale di *hit* e la percentuale di *falsi allarmi* che il modello consente di interpretare come aree sotto le due curve normali, trasformandole in punti z. Andando a prendere il quantile, si ottengono due distanze: 1,5 e 0,5.

Inoltre, d' misura la sensibilità in unità di deviazioni standard: si tratta di punti z.

Un'altra cosa interessante può essere misurare il cambiamento di criterio nelle persone a parità di sensibilità, e ciò si può fare prendendo il rapporto fra l'altezza della curva di segnale + rumore e l'altezza della curva di solo rumore. Questo rapporto dipende da dove è collocato. In tal senso d' può essere interpretato come spostamento della curva rispetto all'altra curva: questo spostamento è uno spostamento misurato in unità di deviazioni standard in punti z, i quali possono andare es. da

1 a 4, e in questo senso un'alta sensibilità può sfiorare 4, una moderata può attestarsi intorno al 2, e infine la sua assenza intorno a 0.

La teoria della detezione del segnale si è rivelata utilissima, oltre che per caratterizzare la sensibilità in problemi di natura psicofisica, anche per valutare la qualità dei sistemi diagnostici.

Domanda d'esame: si conduce un esperimento della detezione del segnale e si trova che la percentuale di *hit* è 0.5 e quella di *falsi allarmi* è 0.5. Quanto è d' ?

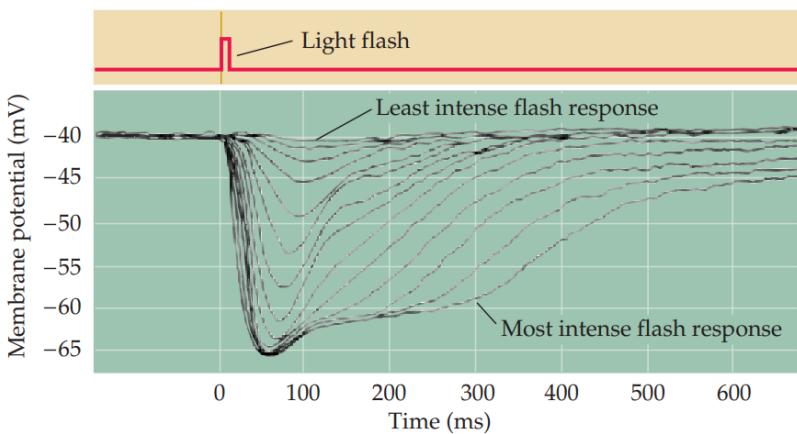
In generale, se la percentuale di *hit* è uguale alla percentuale di *FA*, d' è sempre 0, l'unica cosa che è cambiata è il criterio, poiché se abbiamo $\% \text{ hit} = \% \text{ FA} = 100\%$, si tratta del soggetto che ha un criterio rischioso e la cui sensibilità è inesistente (0), infatti risponde più spesso di sì.

Visione di basso livello

La visione non si articola in tre stadi in successione, in cui si parte da un'elaborazione semplice per passare attraverso altri stadi fino ad arrivare alla percezione cosciente. Vari studi hanno dimostrato che non esistono due stadi, ossia sensazione, intesa in questo discorso come qualcosa di basso livello, e percezione, che viene pensata come qualcosa di livello più elevato in cui c'è il conferimento di un significato, ma che esiste un sistema complesso in cui le cose succedono contemporaneamente all'interno di un processo di natura ciclica (quindi non esistono un inizio e una fine) che coinvolge una componente cognitiva e una motoria, la quale ha a che fare con l'interazione con il mondo.

Quando si parla di visione a basso livello, di solito ci si pone il problema di come il sistema visivo codifica le proprietà/caratteristiche (features) delle informazioni ottiche *locali*. Una distinzione tra livello basso e medio/alto ha a che fare con la differenza fra globale e locale. Quando si parla di un'informazione visiva misurata a livello "locale" si intende qualcosa che il sistema visivo misura in un punto ben preciso dello spazio-tempo. Il campo visivo può essere pensato come una mappa retinotopica, una mappa spaziale bidimensionale, che usa come schema di riferimento la retina, dove il centro di essa diventa l'origine degli assi (il punto 0;0) rispetto cui si misurano le posizioni degli oggetti sulla retina in termini di distanza da questo punto di origine. Dunque, l'informazione locale è quella che può essere misurata in un intorno molto piccolo: rispetto ad una coppia di ordinate, intorno ad esse si possono estrarre le informazioni relative al contrasto. Ciò non significa che vediamo il contrasto di per sé, poiché infatti vediamo una figura che si staglia dallo sfondo, e questa relazione figura-sfondo è associata all'informazione che il colore sia più o meno chiaramente distinto. Invece, il contrasto di cui parliamo in questo caso è qualcosa che viene registrato da dei meccanismi neurali e che è destinato a diventare solo uno degli elementi grazie a cui gradualmente si forma la consapevolezza cosciente. Ciò ha a che fare con un'altra distinzione, ossia il fatto che nel sistema visivo tutto inizia in coordinate retinotopiche, ossia rispetto al punto sulla retina da cui provengono le cose nel campo visivo. Queste coordinate retinotopiche, proseguendo nel percorso della visione, ad un certo punto smettono di essere importanti, mentre lo diventano quei processi che riguardano altri tipi di elaborazione, i quali si basano su sistemi di riferimento diversi, ad esempio nel caso dell'azione quelli che hanno a che fare con il rapporto degli oggetti rispetto al proprio corpo, mentre nel caso della rappresentazione cosciente del mondo, quelli che hanno con la relazione che gli oggetti hanno l'uno con l'altro. Dunque, durante questo percorso diventa ininfluente per il sistema visivo dove gli oggetti erano posti sulla retina inizialmente, poiché entrano in gioco meccanismi che lavorano su una scala più *globale*.

La visione del contrasto

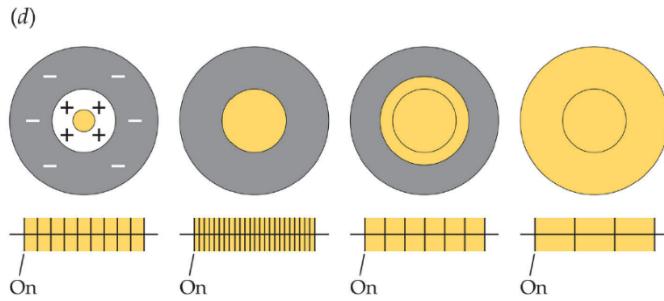
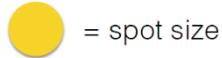


intracellular recording from a single cone of the turtle retina
after stimulation with single flashes of varying intensity

L’immagine rappresenta la registrazione intracellulare da uno dei coni di una tartaruga tramite un elettrodo posto sulla retina: viene presentato un flash di luce a vari livelli di intensità (come nell’esperimento di Pirenne) e quello che si è vede è l’output del cono a seconda di questi diversi flash di luce. La striscia rossa rappresenta il percorso temporale dello stimolo (al tempo 0 si vede che viene presentato il flash per 10 sec). Sull’asse delle y c’è il potenziale di membrana, il quale, quanto più è intenso il flash di luce, più diventa negativo. Il fotorecettore, quindi, si comporta come un contatore di fotoni: più ne arrivano, più la negatività del potenziale di membrana sarà ampia: si tratta di un potenziale graduato, il quale va a finire in una rete neurale complicata in cui ci sono connessioni tra diverse tipologie di cellule retiniche, sia verticali che orizzontali. L’informazione trasportata da queste cellule man mano converge fino ad arrivare alle cellule ganglionari. Attraverso un microelettrodo che regista l’attività di queste cellule posto nel nervo ottico, è possibile studiare come esse rispondono. Ciò viene fatto posizionando un disco luminoso nel campo visivo dell’animale: in zone specifiche di esso si osserverà una modulazione della cellula, nel senso che puntando lo stimolo in certe parti del campo visivo la cellula aumenterà la sua frequenza di scarica, mentre in altre la inibirà. Questo procedimento permette di definire il campo recettivo della cellula.

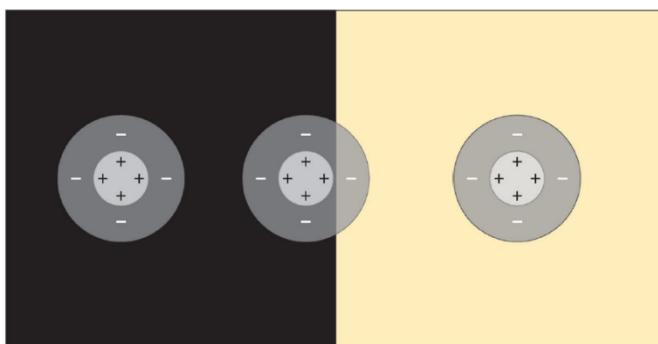
Negli anni ‘50 in questo modo è stato possibile vedere qual è il campo recettivo di una cellula ganglionare, ed è stato notato che esso è concentrato e opponente, nel senso che possiede una zona centrale circolare e un anello periferico intorno ad essa. La stimolazione di queste due zone provoca effetti diversi rispetto all’attività della cellula, infatti, a seconda di dove viene stimolata, può dare risposte diverse. In riferimento a ciò, esse si distinguono in cellule centro-on e cellule centro-off. Nel caso della cellula centro-on, stimolando la parte centrale con un disco luminoso, la cellula aumenta la propria frequenza di scarica. Al contrario, nel caso di quella centro-off, stimolando la zona centrale la cellula inibisce la sua scarica, mentre stimolando quella periferica la cellula la aumenta. In questo senso, a differenza dei fotorecettori, la ganglionare non risponde con un potenziale d’azione graduato, ma discreto. Con una cellula centro-on si vede che, puntando il disco luminoso in una zona specifica della parte centrale del campo recettivo e ingrandendolo man mano (mantenendolo però sempre nella zona centrale), la frequenza di scarica arriva ad essere massima. Tuttavia, continuando ad ingrandire ancora questo disco, la frequenza diminuisce: in tal modo è possibile trovare il confine della zona eccitatoria del campo recettivo. Di conseguenza, più si aumenta la grandezza del disco, più la cellula diminuisce la sua scarica, fino ad arrivare ad un punto in cui essa praticamente si comporta come se lo stimolo non ci fosse, e quella che viene registrata è solo la sua frequenza di scarica spontanea. Ciò chiarisce un concetto importante, ossia il fatto che la cellula ganglionare, a differenza del fotorecettore, non si comporta come un contatore, non risponde all’intensità assoluta della luce nel campo recettivo, poiché la sua risposta deriva da un equilibrio fra eccitazione e inibizione, il quale corrisponde ad confronto spaziale, quanta luce c’è in periferia contro quanta luce c’è al centro. Ciò

significa che se c'è la stessa intensità di luce in centro e in periferia, la cellula sarà ugualmente eccitata e inibita, e quindi tali fattori si controbilanceranno arrivando ad annullarsi a vicenda. Dunque, per questo tipo di cellula non è la maggiore o la minore intensità a determinare la risposta, ma il contrasto

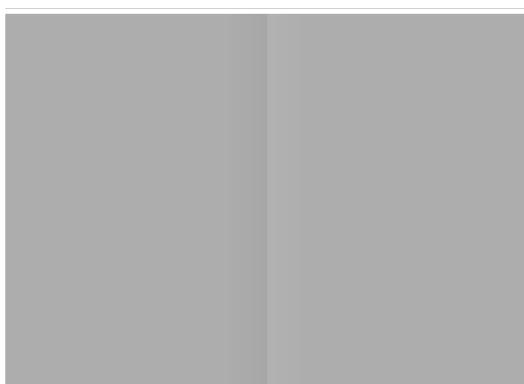


fra intensità diverse.

Questo concetto può essere basato su quello della Gibson, la quale affermava che lo stimolo è una relazione, non una quantità assoluta, e ciò è alla base del principio di determinazione relazionale. Dunque, la retina nel suo complesso è una rete neurale che serve in primis a codificare il contrasto, cioè a tirar fuori le relazioni rispetto allo spazio e al tempo, e non a codificare quantità assolute.

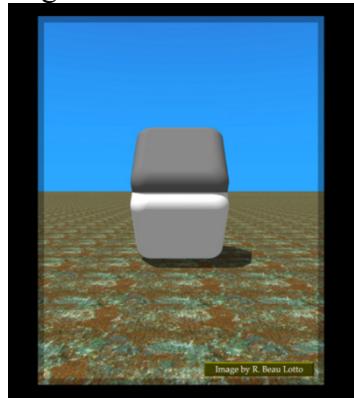


Il fatto di codificare il contrasto spaziale è molto utile per estrarre informazioni nel distinguere gli oggetti dallo sfondo. Questo tipo di campo recettivo, infatti, è in grado di codificare il contrasto locale, dunque dove è presente un bordo. La differenza la fa mettere la cellula ganglionare a cavallo di un bordo, grazie al fatto che l'eccitazione non è la stessa in tutte le zone del campo recettivo, è in tal modo che sarà in grado di codificare il contrasto.



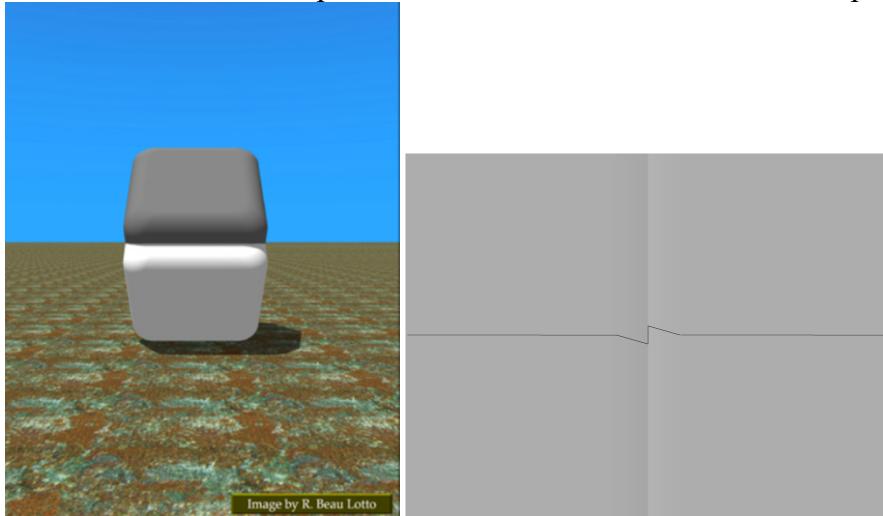
L'effetto Craick-O'Brien-Cornsweet (COCE) è stato descritto negli stessi anni da tre ricercatori diversi: in esso si vedono due rettangoli di due grigi diversi. Tuttavia, coprendo la zona centrale, si vede che i grigi in realtà sono totalmente identici.

Se si studia il profilo di luminanza di questo stimolo, ossia la descrizione di come l'intensità luminosa varia nello spazio, si vede che in verticale essa appare costante, così come in orizzontale. Però, a livello orizzontale, verso il centro c'è una discesa graduale, seguita da un salto molto brusco, poi



nuovamente una discesa graduale e infine di nuovo costanza.

Si tratta di un cambiamento graduale che si sviluppa su un arco spaziale abbastanza ampio, che poi si interrompe perché c'è un cambiamento brusco, il quale avviene in un arco di spazio più dettagliato. Dunque, sono questi i due elementi che producono questa illusione, a dispetto del fatto che i bordi a contrasto con il bianco vengono registrati in maniera maggiore dalle cellule ganglionari. Il fatto che a sinistra il grigio sembra più scuro rispetto a quello a destra deriva dal fatto che le cellule gangliari, dato che sono stimolate allo stesso modo in centro e in periferia, sono inibite, poiché se riuscissero a codificare l'intensità della luce quelli che si vedrebbero sono due rettangoli uguali. Di conseguenza, rispetto a questo stimolo che contiene pochissima informazione, l'unica cosa che conta è quel punto centrale in che attiva in modo diverso centro e periferia della cellula, il quale permette di vedere il segnale di contrasto, che è quello che fa sì che il cervello riempia le zone con colori diversi. Evidentemente il sistema visivo tratta in maniera diversa i cambiamenti che avvengono su scale spaziali diverse. Il cambiamento graduale avviene su una scala spaziale ampia e quindi non viene notato, mentre quello su una scala spaziale quella più dettagliata e brusca viene notato di più: la codifica del contrasto si porta dietro anche la codifica della scala spaziale su cui avviene il contrasto.

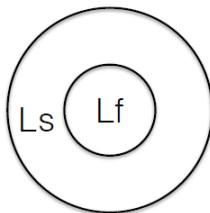


Nel caso di questa immagine c'è un senso di tridimensionalità, di direzione, di orizzonte: il tutto è costruito in maniera tale non solo per dare l'effetto COCE, ma anche per dare l'impressione che l'illuminazione provenga dall'alto, per dare l'impressione che la zona superiore sia più illuminata di quella inferiore, poiché abbiamo una superficie poco illuminata e un'altra che lo è molto, dunque una superficie che riflette una certa quantità di luce, e un'altra che riflette una certa quantità: se queste quantità di luci sono uguali, però la parte superiore è molto illuminata mentre quella di sotto lo è poco, allora la parte di sotto deve essere nera, poiché se è poco illuminata ma riflette la stessa quantità di luce, deve essere una superficie che ne riflette poco. In questo caso entra in gioco un'elaborazione

di livello intermedio, se non addirittura di alto, che ha a che fare con come le sorgenti luminose illuminano gli oggetti, con le proprietà delle superfici, quindi con come riflettono la luce, e infine con come gli oggetti sono posizionati nel mondo.

misurare il contrasto: Weber

$$C = \frac{L_f - L_s}{L_s}$$



Il contrasto, invece che studiando il campo recettivo di una cellula, può essere studiato dal punto di vista psicofisico. Ci sono due approcci che riescono a catturare la relazione rispetto alla differenza di luminanza fra centro e periferia (contrasto), i quali si utilizzano con stimoli diversi. Quello più generale è quello chiamato il *contrasto di Weber*, ossia $\Delta L/L$, rapporto fra una differenza di luminanza e una luminanza di riferimento, un esempio può essere la differenza tra sfondo e figura diviso lo sfondo (si può scrivere anche $\Delta L/L = k * L$, $L_f - L_s/L_s = k$). Se la differenza di luminanza tra figura e sfondo è una differenza appena percepibile (una soglia differenziale), praticamente la formula è la stessa di quella della legge di Weber, altrimenti sarebbe il rapporto fra un Δ e una luminanza di riferimento, la quale non sarà una differenza appena percepibile, ma più di una. Questo è il motivo per cui si chiama contrasto di Weber.

Un altro approccio è il contrasto di Michelson, il quale è sempre una differenza rispetto ad un valore di riferimento, però si utilizza per stimoli periodici, ossia degli stimoli che si ripetono nello spazio in maniera ciclica e sempre uguale, e che quindi sono caratterizzati dall'unione globale di contrasti, la

misurare il contrasto: Michelson

$$\begin{aligned} & \max(L_a, L_b) \\ & \min(L_a, L_b) \end{aligned} \rightarrow \boxed{\begin{array}{|c|c|} \hline L_a & L_b \\ \hline \end{array}}$$

$$C = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

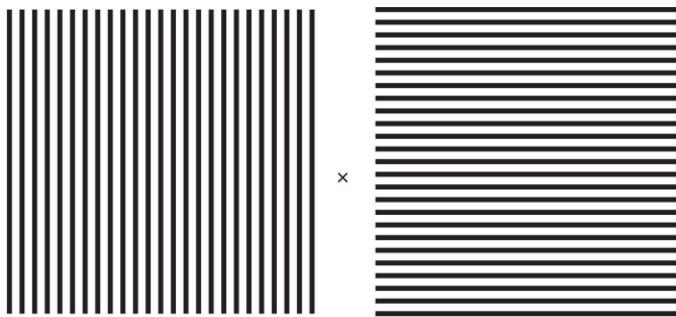
quale può essere misurata facendo

$C = L_{\max} - L_{\min}/L_{\max} + L_{\min}$. Entrambe le misure sono costruite in maniera tale che 0 rappresenta la situazione in cui le due luminanze in gioco sono uguali, quindi quando la differenza fra esse è pari a 0 (non si vede il contrasto), mentre tende a 1 quanto più è grande il Δ rispetto al punto di riferimento. Di conseguenza, partendo da una luminanza bassissima e incrementandola, il rapporto fra il valore più basso e quello più alto restituisce un valore molto grande.

Il contrasto non deve essere considerato solo in quanto tale, ma anche rispetto alla scala spaziale. Quindi, deve essere combinato con un'altra proprietà locale della visione a basso livello, ossia la frequenza spaziale.

La frequenza spaziale

measuring acuity: step back until the two images look the same



SENSATION & PERCEPTION 4e, Figure 3.2

Esiste una proprietà della visione, ossia l'acuità, la quale è la proprietà di risolvere dettagli fini. Essa è quella caratteristica che ci permette di distinguere quale tra due stimoli ha le strisce orizzontali e quale ha le strisce verticali.

(Controintuitivamente, con le figure bidimensionali il quadrato con le strisce verticali sembra più largo di quello con le strisce orizzontali)

Come visto anche per il caso dell'effetto COCE, il sistema visivo non recepisce solo i dettagli fini o punti bruschi di cambio di luminanza, ma anche i cambiamenti graduali, i quali possono avere un effetto su ciò che vediamo. Per studiare ciò si usano i gabor, i quali permettono di mappare il sistema visivo al contrasto e alla frequenza spaziale, ossia la scala spaziale a cui il contrasto è dato. I gratings nella figura hanno lo stesso contrasto fisico, ma contrasto percepito (quanto sembrano diverse le intensità degli stimoli) diverso, poiché hanno diversa frequenza spaziale. La parola "gratings" suggerisce l'idea che si tratta di uno stimolo dove ci sono dei segmenti che hanno tutti la stessa orientazione che si ripetono ciclicamente alla stessa distanza, dunque l'alternanza bianco nero suggerisce che sono tutte delle strutture visive orientate alla stessa maniera, che si ripetono ciclicamente nello spazio in un'unica direzione. Il gabor è un tipo particolare di grating, poiché presenta la zona periferica circolare sfumata, dando l'idea che sfumando sempre più verso la periferia

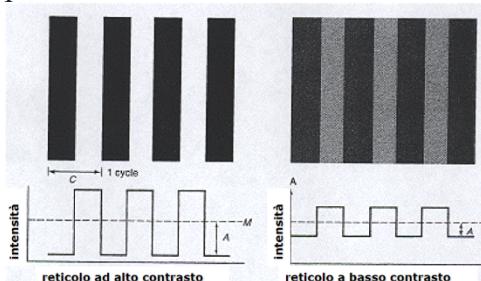
producono via via meno stimolazione.

profilo di luminanza



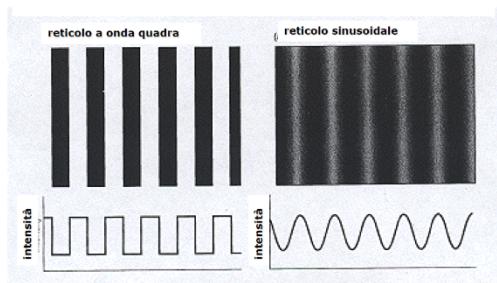
Questi contrasti sono percepiti come diversi perché sono dati su scale spaziali diverse.

Il grating è definito da un profilo di luminanza, è uno stimolo in cui la luminanza varia in un'unica direzione, il bianco e il nero sono uguali verticalmente, ma cambiano orizzontalmente. Dunque, è il profilo di luminanza a definire un grating (nero = luminanza bassa; bianco = luminanza alta).



In questa immagine la luminanza, che va da alta a bassa e così via, si ripete ciclicamente, dunque si può rappresentare come un'onda quadra. Dunque, si tratta di un segnale in cui luminanza viene modulata rispetto allo spazio in maniera ciclica. Il contrasto è la differenza tra massimo e minimo, scalata per la somma tra massimo e minimo, e quindi dipende dall'ampiezza dello "scalino". Ciò definisce la differenza tra grating ad alto e a basso contrasto fisico. Invece che con un'onda quadra, la modulazione periodica della luminanza rispetto allo spazio può essere rappresentata tramite

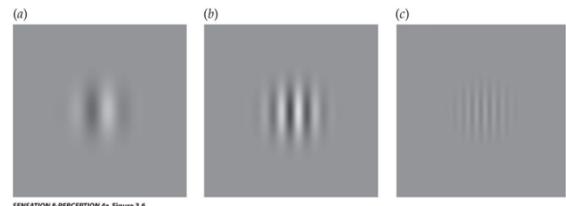
reticolli con diversa variazione di luminanza rispetto allo spazio



un'onda sinusoidale.¹²

Continuando a ridurre il contrasto, si arriverà ad avere un grating sottostoglia, e quindi non si riuscirà più a distinguere da un campo grigio a luminanza omogenea, ciò poiché questa variazione

three **gratings** (Gabor patches)



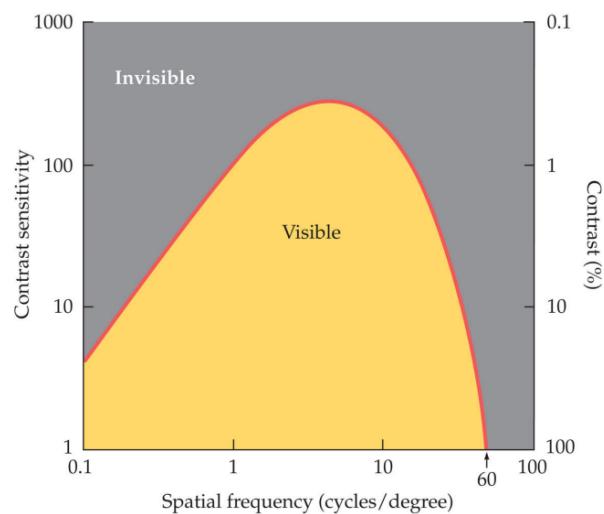
SENSATION & PERCEPTION 4e, Figure 3.6
© 2015 Sinauer Associates, Inc.

having **equal contrast** but different **spatial frequency**

sinusoidale si avvicina ad essere un segmento piatto, più non si riesce a distinguere la differenza tra le diverse luminanze. Dunque, la sensibilità al contrasto (rispetto quindi a come viene percepito il contrasto) può essere studiata relativamente alle soglie di contrasto, quindi rispetto a quale livello di contrasto un grating diventa indistinguibile da uno sfondo grigio a luminanza omogenea.

I grating si distinguono non solo per contrasto ma anche per frequenza spaziale, ossia quante volte il segnale ciclico si ripete nell'unità di spazio (quanto ciclicamente si alternano le barre, nel senso di quanto sono fitte). La distanza tra due punti corrispondenti in un'onda sinusoidale è la lunghezza d'onda (λ), il cui reciproco è la frequenza spaziale (sf). Più la lunghezza d'onda è grande, più la frequenza spaziale sarà piccola (poiché è il reciproco). Ciò vuol dire che nel caso in cui la variazione sinusoidale si estrinseca nello spazio in una scala grande, il grating avrà frequenza spaziale bassa, mentre nel caso in cui si estrinseca in una scala ridotta, il grating sarà a frequenza spaziale più elevata. Questo concetto di frequenza spaziale è stato immaginato negli anni '50 da alcuni ricercatori (Campbell, Maffei), grazie all'analogia con i suoni, poiché un suono complesso può essere descritto da tante onde semplici (è la somma di tante onde semplici). Nel caso del suono, l'onda è prodotta dal fatto che un oggetto viene messo in vibrazione, quest'onda ha una sua lunghezza (il cui reciproco è la frequenza spaziale) e una sua ampiezza, dove quest'ultima rappresenta quanto è grande la differenza tra picco di pressione e minimo di pressione dell'onda). Similmente al fatto che per quanto riguarda i suoni si può creare uno stimolo in cui è possibile variare la pressione in funzione del tempo, si può creare uno stimolo visivo, un grating, in cui si varia la luminanza in funzione dello spazio. Si tratta di uno stimolo ben definito dal punto di vista fisico, poiché ogni grating è definito da due elementi, ossia frequenza spaziale e contrasto, la cui onda è caratterizzata da frequenza temporale e ampiezza, e poiché rispetto ai grating possono essere usati gli stessi metodi che si usano per misurare lo spettro di frequenze dei suoni, poiché essi derivano dalla somma di tante componenti sinusoidali. Tutto ciò vale anche per un segnale visivo, infatti un'immagine può essere scomposta in tante componenti sinusoidali, e quindi se ne può dare una descrizione in riferimento ad uno spettro. Dunque, i grating sono molto importanti poiché utilizzandoli si può studiare la sensibilità per un meccanismo specifico, per una frequenza specifica. Inoltre, attraverso la psicofisica può essere studiata la relazione tra contrasto fisico e contrasto

contrast sensitivity function



percepito.

Variando il contrasto del grating (intensità) si può trovare la soglia rispetto ad esso, e attraverso la soglia capire la sensibilità al contrasto per quel grating. Però, oltre al contrasto ci sono altri aspetti che possono essere cambiati, come l'orientamento con cui viene presentato. Ma lasciando stare ciò, concentriamoci su un altro fattore, ossia trovare un metodo psicofisico conveniente per misurare la soglia per il contrasto del grating, ossia il punto in cui il grating è distinguibile dal restante campo omogeneo con luminanza media: ciò può essere fatto ad esempio con il "metodo dell'aggiustamento".

Dunque, usando un qualsiasi tipo di metodo (psicofisico) può essere trovata la funzione di sensibilità al contrasto (contrast sensitivity function, CSF), la quale è uno strumento utilissimo per caratterizzare l’interfaccia con cui rispondiamo al contrasto su diversi tipi di scala. Dunque, essa cattura un aspetto fondamentale della funzione visiva, ossia il fatto che la registrazione del contrasto avviene su diversi tipi di scala. È una scala logaritmica, poiché le distanze sono a uguali rapporti. Guardando il grafico, la sensibilità al contrasto (contrast sensitivity), essendo appunto una sensibilità, cresce andando dal basso verso l’alto. Però, essa non viene misurata direttamente, ma a partire da una soglia. Invece, a differenza della sensibilità, il contrasto cresce dall’alto (il minimo è in alto) al basso. Contrastò e sensibilità sono invertiti poiché sono uno il reciproco dell’altro. La forma di questa funzione è una U rovesciata asimmetrica, e ciò è coerente con il fatto che a parità di contrasto fisico, il contrasto percepito è maggiore. Quando si misura l’acuità si misura il declino della funzione nella zona del

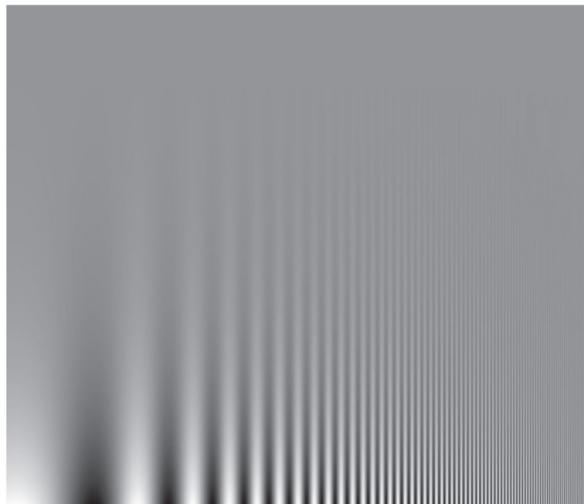


grafico delle alte frequenze spaziali.

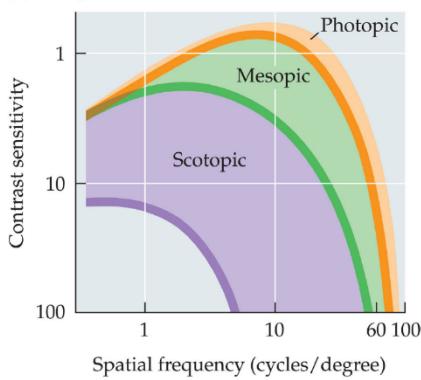
SENSATION & PERCEPTION 4e, Figure 3.8
© 2015 Sinauer Associates, Inc.

Nell’immagine, il punto in cui si inizia a vedere un grigio omogeneo e non più l’alternanza bianco-nero, definisce una U rovesciata. Questo grafico è una rappresentazione simbolica della CSF e quindi permette di visualizzarla. Esso è pensato variando la frequenza spaziale dell’onda sinusoidale da molto bassa a molto alta. Salendo in verticale il contrasto si riduce, e il punto in cui non si vede più il contrasto (quindi dove il contrasto percepito diventa 0) rappresenta la soglia: pertanto, quella transizione è la soglia. La soglia diventa sempre più piccola e la sensibilità migliora sempre di più andando, nella zona bassa, in orizzontale da sinistra a destra.

La CSF è uno strumento psicofisico con cui si può descrivere il filtro con cui si acquisiscono le informazioni locali sul contrasto, a diversi livelli di scala. Si tratta di una delle caratteristiche fondamentali con cui ci interfacciamo con il mondo attraverso la visione, e che vincola in maniera fondamentale quello che possiamo e non possiamo rilevare.

Dunque, a differenza delle visite oftalmologiche in cui si usano le matrici di lettere, il grating può permettere di fare misure più precise rispetto a dove si trova il problema (le lettere non sono ben definite nel dominio del contrasto e della frequenza spaziale dato che sono stimoli più complessi).

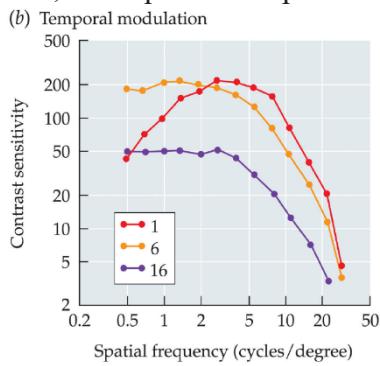
(a) Adaptation level



SENSATION & PERCEPTION 4e, Figure 3.9 (Part 1)
© 2015 Sinauer Associates, Inc.

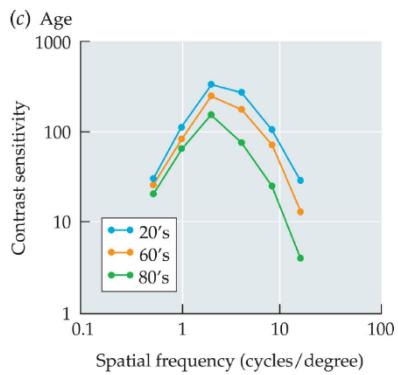
Nella visione scotopica si riduce la sensibilità al contrasto e soprattutto si perdono le frequenze spaziali più alte, e di conseguenza non si riescono a vedere i dettagli.

A parità di frequenza spaziale, se si fa sfarfallare, quindi dove alla frequenza spaziale si somma a quella temporale, la frequenza temporale ha effetto sul sistema visivo: ciò ha implicazioni rispetto al

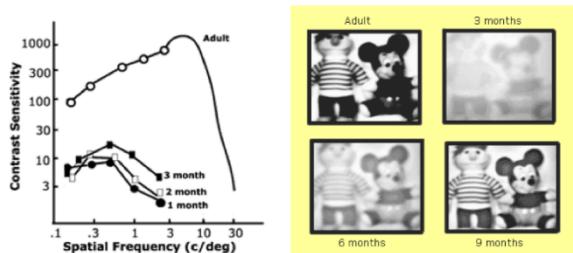


movimento.

Invecchiando la sensibilità al contrasto peggiora.



SENSATION & PERCEPTION 4e, Figure 3.9 (Part 2)
© 2015 Sinauer Associates, Inc.



Tramite la misura della CSF si può misurare il cambiamento durante lo sviluppo precoce e la maturazione del sistema visivo a partire dalla nascita.

I neonati hanno una bassa sensibilità al contrasto, però nel corso dei primi 3 mesi essa aumenta arrivando a permettere di percepire anche frequenze spaziali più alte. Dunque, gradualmente si diventa capaci di rispondere a frequenze spaziali sempre più alte e a percepire una buona qualità dell'immagine.

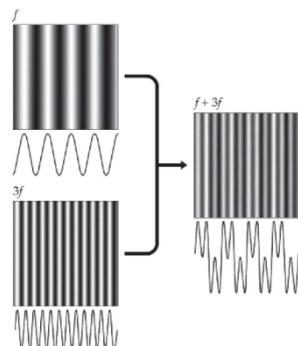
Per misurare la CSF nei neonati si usano vari metodi, tra cui il preferential looking, attraverso cui si misura il comportamento di fissazione di a due stimoli, rispetto cui il bambino tramite lo sguardo farà

una scelta visiva, uno molto semplice e un altro che è un grating. Si può anche misurare attraverso l'EEG.

Sono stati fatti dei confronti sulla CSF in diverse specie, e si è visto che il gatto ha una sensibilità a frequenze medio-basse, mentre il falco ad alte.

Il grating è definito come una modulazione rispetto ad un valore medio della luminanza, quindi si tratta di un'oscillazione intorno a questo valore. Quando si mettono insieme le modulazioni di luminanza di più grating, essi vengono sommati, tramite la sintesi di Fourier (sintesi perché si fa la somma delle onde semplici per averne una più complessa), facendo la somma algebrica delle onde, le quali se sono entrambe positive daranno come risultato una luminanza maggiore (nell'immagine corrisponde alla parte alta delle onde), mentre se sono negative daranno come risultato una luminanza minore (corrispondente alla parte bassa delle onde). Infine, nel caso in cui una è positiva e l'altra negativa, si annulleranno a vicenda. Dunque, il risultato della somma di due onde sinusoidali sarà

somme di reticolli

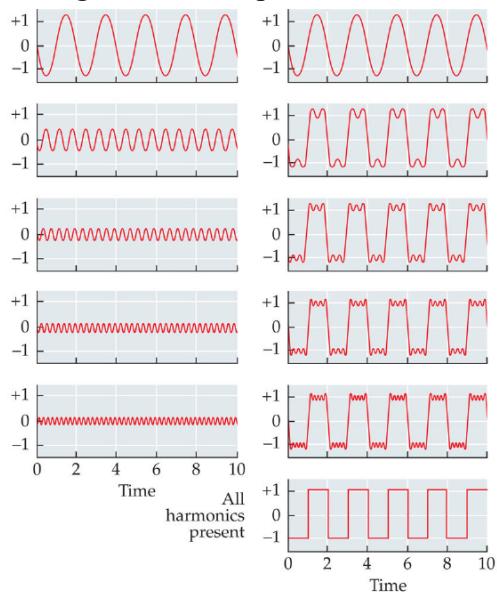


un'onda più complicata.

Si può fare anche l'inverso, ossia la somma di Fourier, dove si può prendere un segnale complesso e riscriverlo come la somma di tante componenti semplici sinusoidali, che hanno ognuna parametri diversi (frequenza, ampiezza, fase, ossia dove inizia la modulazione/onda, diverse).

Facendo la sintesi di Fourier si scopre che dentro l'onda quadra c'è una modulazione sinusoidale, ossia la F fondamentale (è la prima in alto a sinistra), la quale ha una frequenza spaziale relativamente bassa e un contrasto relativamente alto, che viene sommata ad un'altra modulazione che ha frequenza più alta e contrasto più basso, che viene sommata ad una terza che ha frequenza più alta, e così via. Dunque, sommandole alla fine della sintesi si ha un segnale complesso con un'onda quadra, la quale appunto è la somma di una serie di sinusoidi con diverse frequenze e ampiezze. Ciò non vale solo per l'onda quadra, ma per qualsiasi segnale complesso. L'analisi di Fourier, infatti, può essere usata nello

studiare le immagini naturali pensandole come un insieme di questi grating, quindi di varie



SENSATION & PERCEPTION 4e, Figure 3.10

© 2015 Sinauer Associates, Inc.

componenti.

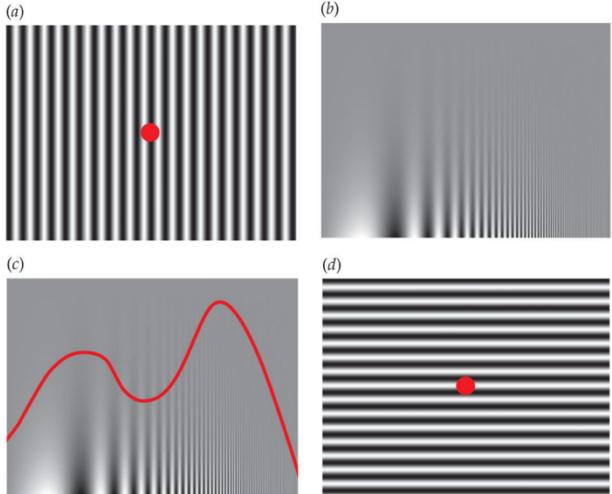
Un’immagine naturale, come un’immagine di tre zebre, può essere pensata come la somma di tanti gratings. Tuttavia, il grating è uno stimolo visivo che cambia in un’unica direzione (per tale motivo può essere descritto con un singolo profilo di luminanza). Invece, un’immagine naturale è un qualcosa in cui la luminanza varia in due dimensioni, dunque a questo proposito si dovrebbe pensare ad una sorta di grating bidimensionale, ad una modulazione in due dimensioni, dove il profilo di luminanza è un grafico tridimensionale. Però, se facciamo finta che la matematica sia la stessa di un grating normale, e si aggiunge solo una dimensione, allora si può pensare che un’immagine naturale è la somma di componenti a frequenza bassa, e il cambiamento di luminanza si può rappresentare su scala spaziale relativamente grande. Oppure, si possono togliere le parti ad alta frequenza lasciando solo quelle a bassa frequenza, ottenendo in tal modo i cambiamenti più dettagliati.

Dunque, la proposta degli studiosi che si sono occupati di ciò è che la sensibilità al contrasto può essere pensata come se nel sistema visivo ci fossero dei filtri per il contrasto sintonizzati su diverse frequenze spaziali. Più è bassa la frequenza spaziale, più abbiamo a che fare con campi recettivi grandi. Dunque, il sistema visivo sarebbe composto da una matrice di filtri sintonizzati su diverse frequenze spaziali.

Quando elaboriamo il contrasto, lo facciamo in parallelo e simultaneamente su tanti livelli di scala diversi (bassa, alta, intermedia frequenza).

Ci sono una serie di canali psicofisici/meccanismi neurali che sono separabili l’uno dall’altro e ognuno specifico per certe frequenze spaziali. Per studiare tali meccanismi si possono fare esperimenti psicofisici di adattamento, e attraverso essi si può vedere come si modifica la CSF. Quello che succede con questo tipo di esperimenti è che selettivamente si adatta un canale che codifica il contrasto, il quale codifica per la frequenza spaziale nell’immagine. Il sistema si adatta nel senso che si stanca, cosa che porta a ridurre la sensibilità, la quale a sua volta fa alzare la soglia, dunque il

contorno che marca la soglia va più giù rispetto alla CSF



normale.

La figura con le linee orizzontali non produce lo stesso effetto di quella con le linee orizzontali rispetto alla modifica della CSF. Di conseguenza, dato che la prima figura con le linee verticali possiede la stessa frequenza spaziale di quella con le linee orizzontali, il contrasto non dipenderà solo dalla frequenza spaziale, ma anche dall'orientazione. Infatti, i filtri non sono sintonizzati solo sulla codifica della frequenza spaziale, ma anche sull'orientazione di essa.

Dr. Angry & Mr. Smile



Dr. Angry and Mr. Smile

27/10/2022

Sensibilità al contrasto = Funzione che descrive come la sensibilità varia in funzione della frequenza spaziale nei grating

Frequenza spaziale = frequenza di stimolazioni nell'unità di spazio = cicli per grado visivo e densità nell'assetto ottico → ha a che fare con la scala e con il livello di dettaglio dello stimolo

Utilizzati i grating perché sono collegabili a qualsiasi immagine arbitraria

IMMAGINI NATURALI

Quando si studia la CSF (sensibilità al contrasto) si sta cercando di capire come il sistema visivo costruisce rappre interna di una immagine complessa → rete neurale organizzata in strati di filtri per il contrasto a vari livelli di dettaglio → componenti a bassa frequenza (livello di scala più globale) e ad alta frequenza (livello che analizza l'immagine più nel dettaglio)

MONA LISA'S SMILE – PERCEPTION OR DECEPTION

Anni 80' spiegazione → immagini complesse si possono scomporre in componenti a bassa e ad alta frequenza e questo potrebbe spiegare perché il sorriso viene percepito come enigmatico (Susan Blakemore)

Togliendo frequenza spaziali alte e quindi immagine diventa sfocata, c'è un effetto spet sulla bocca che nel lato sinistro (emisfero destro lateralizzato per le emozioni quindi noi saremmo più espressivi a sx rispetto che a dx) → Gioconda sorride più a sx e questo sorriso insieme agli occhi ed è più marcato nella componente a bassa frequenza → espressione neutra ad alta frequenza.

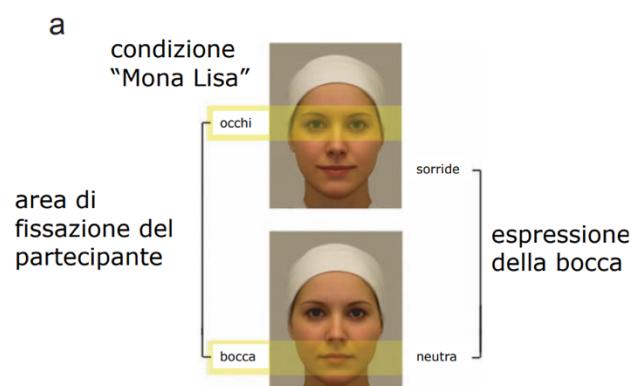
La percezione ha una natura sempre esplorativa → gli occhi si muovono nel quadro spet sugli occhi e sulla bocca → quando si fissa, finisce in fovea e quindi il segnale è ad alta definizione = rileva dettagli fini, quindi, include le componenti ad alta frequenza quindi quando si fissa la bocca l'info è più coerente con espressione neutra.



- All'interno di attività di tipo esplorativo, si alterna tra un filtro a bassa frequenza e uno ad alta frequenza = volto ambiguo ed elusivo

ESPERIMENTO

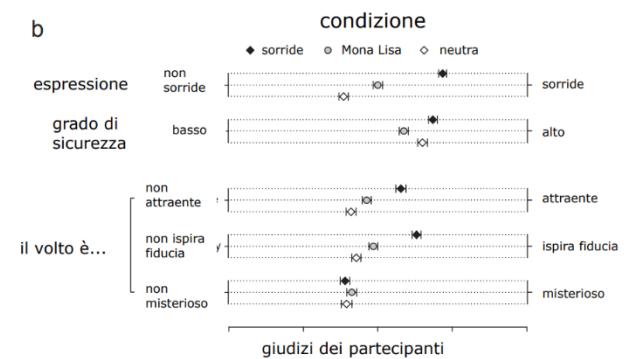
- Preso volti (senza capelli per renderlo il più neutro possibile e semplificato) e presentati usando software che controllava anche la fissazione dei soggetti
- Mentre la persona esegue un movimento saccadico, tra le saccadi c'è un fenomeno chiamato soppressione saccadica in cui la retina perde sensibilità = se si presentano degli stimoli e se vengono modificati mentre la persona sta effettuando una saccade è probabile che la persona non se ne renda conto a causa della soppressione saccadica
- 2 zone di movimento: occhi e bocca che può essere sorridente o neutra (piccola differenza)
- Condizione di controllo: volto sorridente da esplorare



- Volto neutro
- Altra condizione "Mona Lisa" → quando il partecipante sta fissando la bocca, l'espressione della bocca è neutra, ma quando parte la saccade che è probabile vada sugli occhi, il computer cambia la bocca e la rende sorridente → manipolazione dovrebbe accentuare l'effetto

RISULTATI → questionario con vari item (punto = media dei giudizi)

- Quando volto sorridente i partecipanti vedono che sorride
- Condizione ML sta a metà tra la condizione neutra e quella di sorriso ed è anche quella in cui il grado di incertezza è più alto
- Giudizio sul volto: più attraente sorridente, meno quello neutro e ML sempre a metà



VISIONE DI BASSO LIVELLO: CONTRASTO, FREQUENZA SPAZIALE E ORIENTAMENTO

Proiezione retino-genicolato-striata

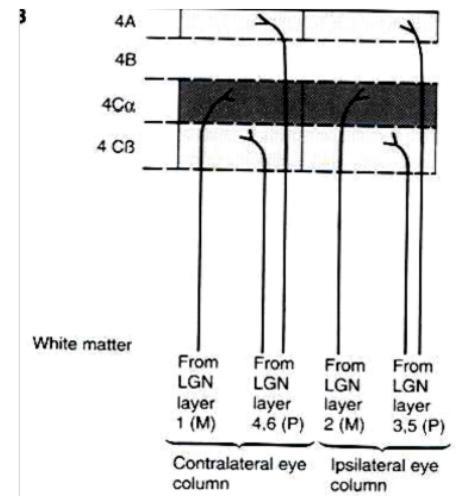
Contorno = segnale di contrasto che ha una certa orientazione (inclinazione nello spazio misurata in gradi)

In V1 ci sono meccanismi selettivi per l'orientazione locale di un contorno = gruppi di cellule capaci di rappresentare orientazione locale → filtri multidimensionali

Sensibilità al contrasto non dipende solo dalla frequenza spaziale ma anche dall'orientazione → grating verticale o orizzontale viene percepito meglio di una riga in diagonale.

HUBEL E WIESEL

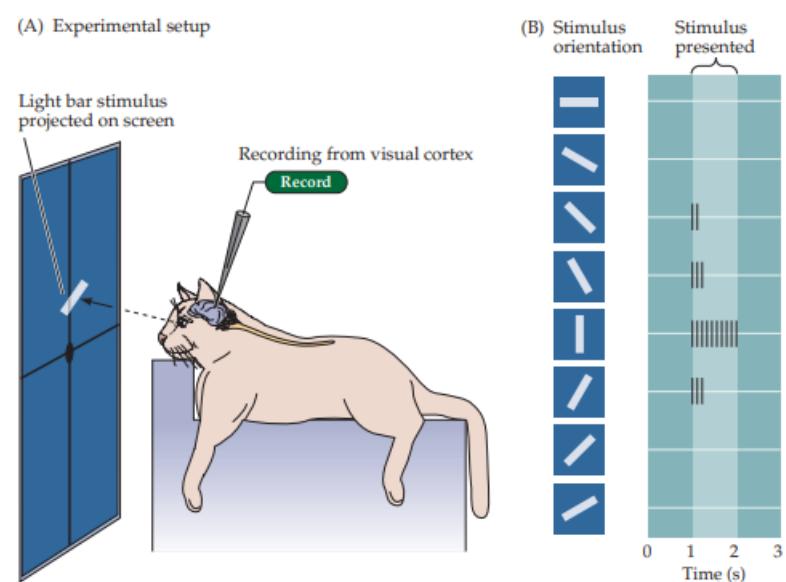
Osservazioni fisiologiche alla fine degli anni 50' → metodi molto difficili



Prime registrazioni da singole cellule e si iniziava a capire come erano i campi recettivi delle cellule gangliari e di quelle del genicolato. Nessuno aveva però capire come questo segnale era mappato in V1.

H e W studiarono V1 nel gatto → penetrazione in V1 con gatto immobilizzato e anestetizzato, davanti al suo occhio c'è uno schermo sul quale si può presentare uno stimolo visivo e usavano dei dischi luminosi posizionati in parti diverse del campo visivo.

A un certo punto c'è una certa parte del campo visivo in cui la cellula non rispondeva e dopo risponde → mostrando il disco non succedeva niente ma nel momento in cui inserivano la diapositiva, c'era un contorno che scivolava in una zona del campo visivo = era importante che ci fosse un contorno con una certa orientazione.



Capito questo iniziarono a studiare non più dischi luminosi ma delle BARRE ORIENTATE e trovarono neuroni selettivi per una certa orientazione con anche selettività anche se minore anche per orientazioni vicine.

Mappa retinotopica di campi recettivi concentrici, se convergono su unico neurone in V1, sarà massimamente stimolato quando i neuroni precedenti sono tutti attivati insieme quindi da una barra = meccanismo della convergenza.

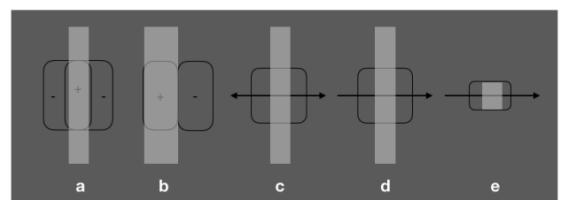
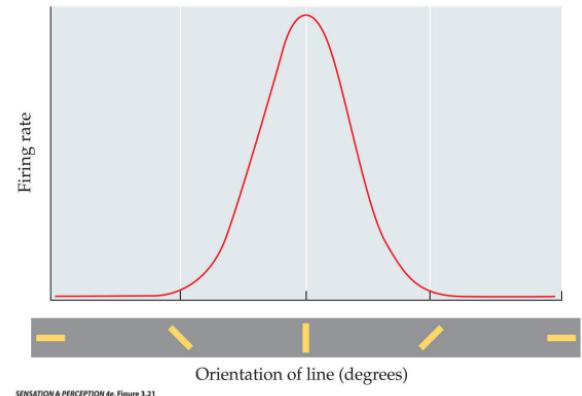
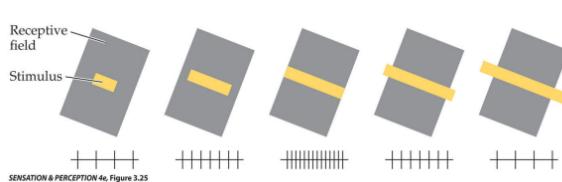
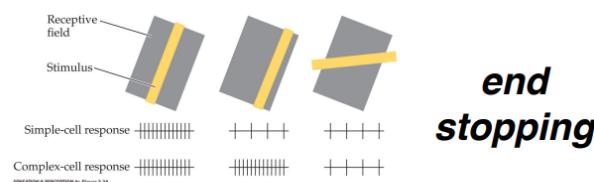
CURVA DI SINTONIZZAZIONE

Meccanismi che sono come dei filtri → algoritmo che lascia passare un segnale di orientazione molto bene in una certa zona e poi comincia a diminuire per orientazione simile fino ad escluderne altre → questa è la base per costruire le forme.

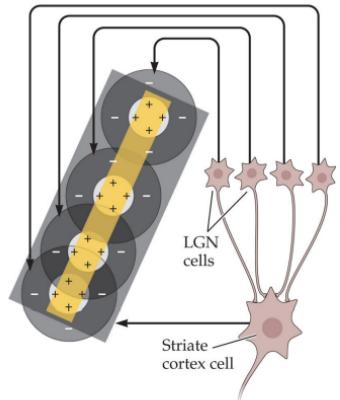
Hanno capito che non c'erano solo campi recettivi come quelli delle cellule semplici, ma c'erano tantissimi altre cellule, la maggior parte, in cui non c'è una zona chiaramente eccitatoria circondata da una inibitoria, ma una zona più grande sempre circoscritta per la quale era importante che ci fosse un contorno orientato e che passasse attraverso il campo recettivo che poteva andare bene in entrambe le direzioni (selettiva per orientazione e anche per movimento), altre selettive anche per il verso.

- Cellula semplice = a - b
- Cellula complessa = c - d
- Cellule ipercomplesse = assomigliavano alle complesse ma serviva che il contorno orientato avesse un termine (e) → oggetto che finisce nel campo recettivo
- Pensavano che questi tre tipi di cellule fossero il proseguimento e quindi il risultato di un processo di convergenza → da genicolato a cellule semplici, da cellule semplici a complesse
- Oggi questa idea è abbandonata e si cerca di capire cosa fa V1 per codificare in modo efficiente questi elementi → molti ricercatori cercano di abbandonare questa idea di campo recettivo classico ricercando altre tipologie di campo recettivo

Cellule ipercomplesse → se contorno orientato che si muove comincia a rispondere ma risposta ottimale quando anche la fine del contorno ha una sua posizione precisa = campo recettivo che incorpora una proprietà dello stimolo che può identificare una forma.



(a) e (b) semplice; (c) complesso non selettivo per la direzione; (d) complesso selettivo per la direzione; (e) ipercomplesso. Nel caso di (a) e (b) si osservano anche i campi recettivi complementari in cui l'effetto eccitatorio e inibitorio si scambiano di posto.



end stopping = inibizione terminale

H e W si sono accorti che selettività per orientazione è disposta in V1 in modo ordinato → capito andando a registrare sempre più in profondità nella corteccia e vedevano che variava l'angolo a cui la cellula era selettiva = organizzazione in colonne di orientazione

Anche organizzazione in colonne di dominanza oculare.

Problema: V1 non è piatta ma è per la maggior parte arrotolata nella scissura calcarina quindi a seconda della posizione penetrare significa andare verso l'alto o verso il basso

Fra le colonne ci sono altre strutture che contenevano cellule con campi recettivi concentrici selettivi per contrasto cromatico = blob

DALLE COLONNE ALLE GIRANDOLE

Al centro blob da cui si dipartono cellule con selettività per un certo livello di rotazione.

from columns to pinwheels

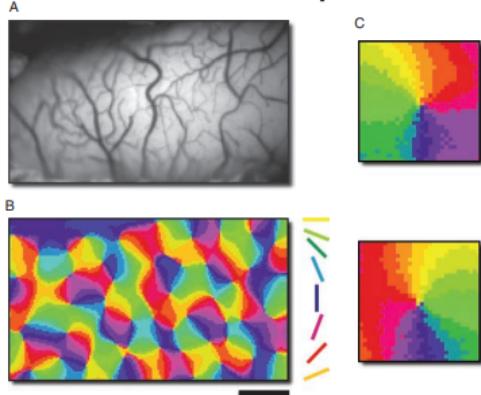


FIGURE 3.4 The organization of visual cortex in the cat, assessed with optical imaging of intrinsic signals. Panel **A** illustrates the surface of the cortex from which the subsequent images were acquired (scale bar=1 mm). **B**, Map of preferred orientations in the region illustrated in **A**, color-coded to indicate which of the 8 orientations shown on the right-hand side of the figure produced the maximal response at each location. The panels in **C** are close-up images (for these two panels, the scale bar from **B** corresponds to 300 μ m) of the centers of two of the pinwheels seen in **B**. Note the smooth transitions from one preferred orientation to the next within each pinwheel.
Source: Image courtesy of Tobias Bonhoeffer, based on Bonhoeffer and Grinvald, 1991. Reproduced with permission of Nature Publishing Group.

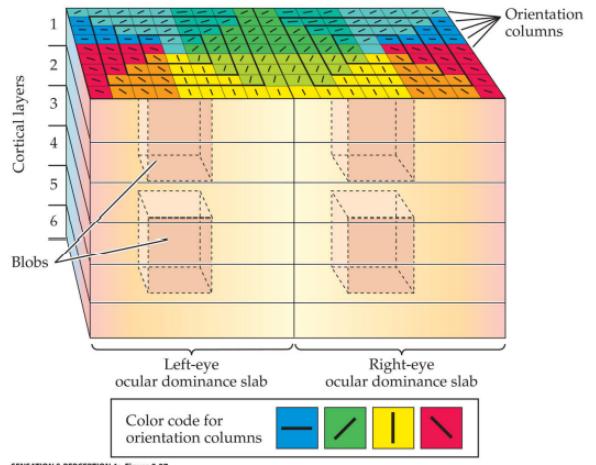
MOVIMENTO LOCALE

Illusione cascata → esperimento di adattamento in cui ci si adatta a un movimento costante nella stessa direzione → cellule per quell'orientamento affaticate quindi quando viene introdotto stimolo neutro si percepisce un movimento nella direzione opposta → acqua ferma ma movimento = si vede il movimento senza vedere oggetto che si muove

Fenomeno phi → descritto da Wertheimer in un articolo che ha dato inizio alla psicologia della Gestalt = aspetti della vita mentale che hanno la caratteristica di avere PROPRIETÀ EMERGENTI, che emergono da elementi locali che interagiscono tra di loro → non riducibili alle loro componenti anche se emergono dall'interazione tra queste componenti

Fenomeno legato al movimento apparente descritto da W insieme al movimento stroboscopico (cinema) → c'è un regime temporale in cui avviene il fenomeno phi → sembra che ci sia qualcosa che si muove da un rettangolo all'altro

Movimento non c'è negli elementi, ma emerge dall'insieme



Orientazione organizzata in petali

8/11/2022

DISPARITÀ BINOCULARE

Due occhi che acquisiscono info da parti sovrapposte del campo visivo.

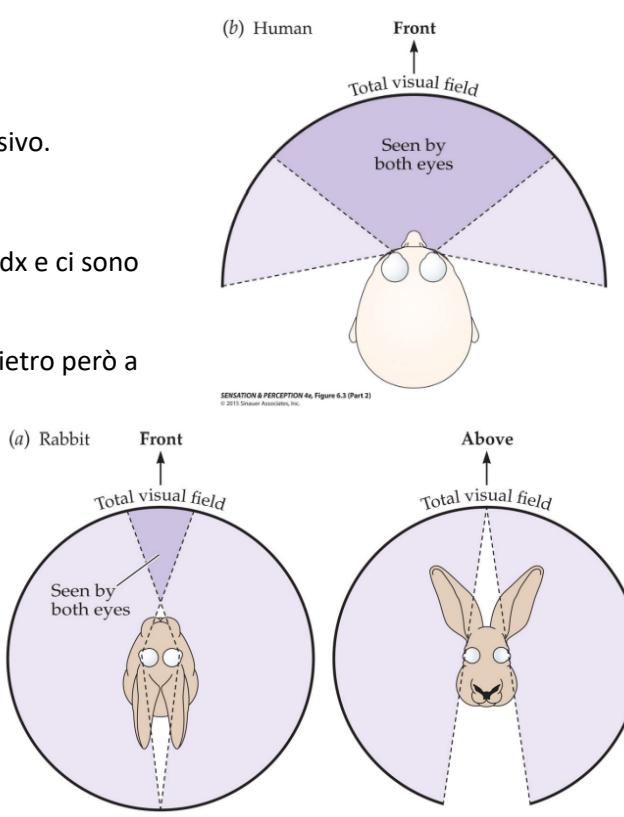
Disparità binoculare da quando c'è integrazione binoculare

Campo visivo → sovrapposizione del campo visivo dell'occhio sx e dx e ci sono zone, quelle più laterali, che sono monoculari

Per animali con occhi sui lati della testa è possibile vedere anche dietro però a discapito del campo visivo binoculare che in alcuni casi può essere anche assente

Quando si fissa un oggetto (donna), gli occhi convergono in modo che elemento esterno che viene fissato va a cadere sulle due fovee = quel punto diventa il centro di un sistema di riferimento nei due occhi retinotopico → fovea = 00

Punto di fissazione siamo sicuri che cade in posizioni equivalenti nei due occhi → disparità nulla

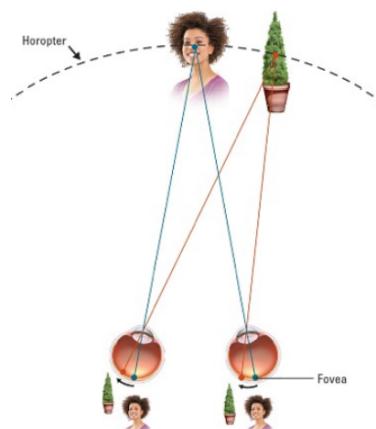


A seconda di dove si fissa si definisce un luogo di punti curvo che passa per quel punto e gira intorno

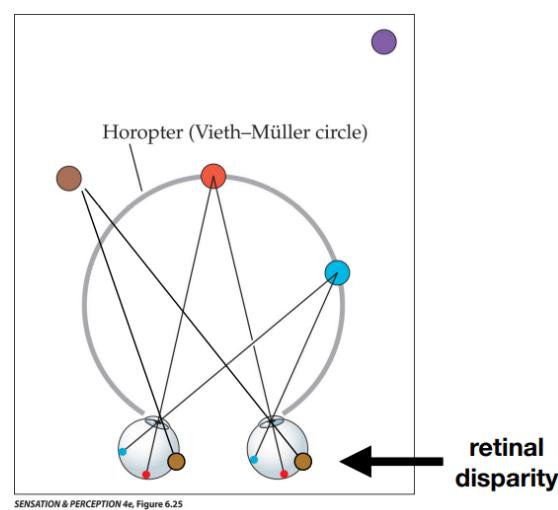
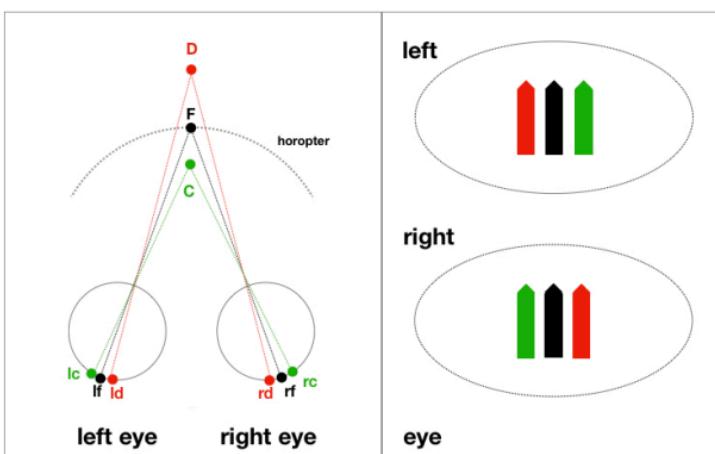
all'osservatore = OROPTERE = luogo di punti che hanno disparità nulla come il punto di fissazione = sulle due retine hanno le stesse coordinate retinotopiche

Pino sta sull'oroptere = pino sulle due retine cade su punti corrispondenti

Oggetti con disparità non nulla = le loro proiezioni sulle retine non cadono su punti corrispondenti nelle due retine → disparità retinica



Oggetto marrone → cade a dx ma nell'occhio di sx è più in posizione nasale rispetto all'occhio di dx e questa differenza è la disparità binoculare



- C = close = sta fra oroptere e soggetto → cade a sx della fissazione nell'occhio di sx e a dx nell'occhio dx = DISPARITÀ CROCIATA → tutti oggetti che stanno fra oroptere e soggetto hanno

- disparità crociata → se si volesse mettere in fovea l'oggetto verde si dovrebbero fare convergere di più gli occhi
- D = oggetto più lontano → occhio sx proiezione va a dx e nell'occhio dx va a sx = disparità non crociata → per metterlo in fovea si dovrebbero fare divergere gli occhi

La disparità binoculare è un tipo di caratteristica locale perché si può definire in base a un singolo punto ma si può mettere in relazione con la percezione dello spazio. La disparità non è solo qualitativa ma ha anche una magnitudine → più oggetto si avvicina più aumenta la distanza dalla fovea → magnitudine della disparità dice anche di quanto l'oggetto è lontano dall'oroptere quindi da ciò che si sta fissando

Non è vero che più aumenta la disparità più l'oggetto è lontano dal soggetto, perché dipende da dove è il punto di fissazione → MAGNITUDINE DELLA DISPARITÀ DA INFO SULLA POSIZIONE RELATIVA DEGLI OGGETTI, MA NON QUANTO SONO DISTANTI DAL SOGGETTO

Per sapere la distanza vera non basta la disparità binoculare ma servono info in più

CHARLES WEATHSTONE

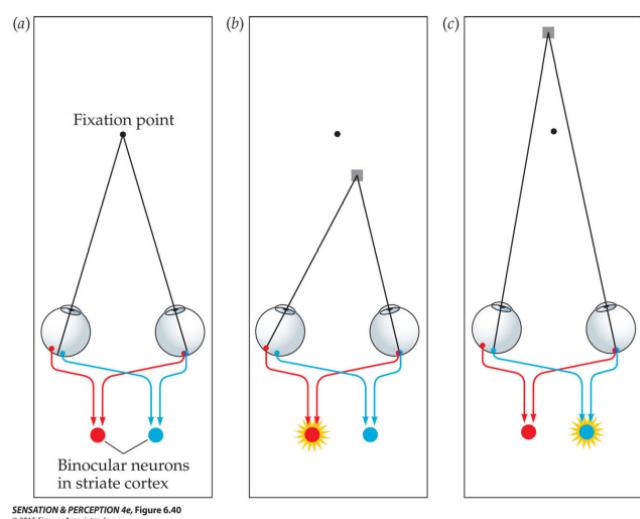
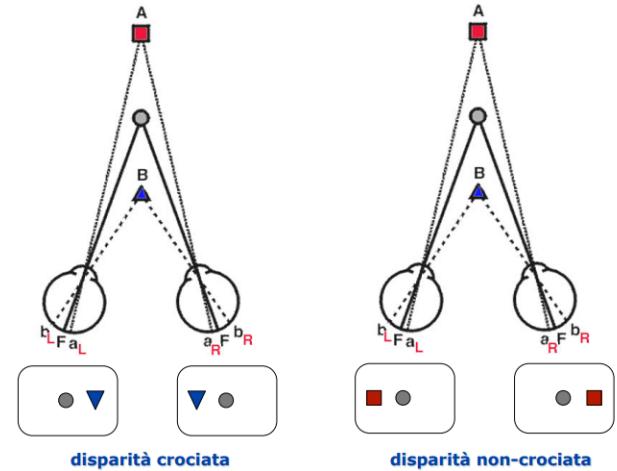
Scoperte nella prima metà dell'800 da questo scienziato scozzese che si interessava di visione binoculare e si è reso conto della disparità → si era posto il problema del perché guardando un quadro in prospettiva, si capisce che rappresenta qualcosa di tridimensionale e questa percezione della tridimensionalità nel quadro non è la stessa cosa della percezione della tridimensionalità nel mondo reale → si rese conto del fatto che guardando con due occhi, essendo il quadro in 2D entrambi gli occhi vedono la stessa cosa mentre nella vita reale gli occhi vedono cose diverse dell'oggetto

Se l'elemento cruciale per vedere oggetto che sembra 3D è che ai due occhi arrivino immagini diverse, allora questo si può riprodurre in laboratorio anche senza immagine reale → dipende dalla struttura dell'assetto ottico

Invenzione stereoscopio = oggetto che presenta immagine all'occhio sx e dx in modo separato → visore in cui si mettono gli occhi, due immagini e fra di esse c'è un tramezzo che impedisce all'occhio di un lato di vedere l'immagine dell'altro lato

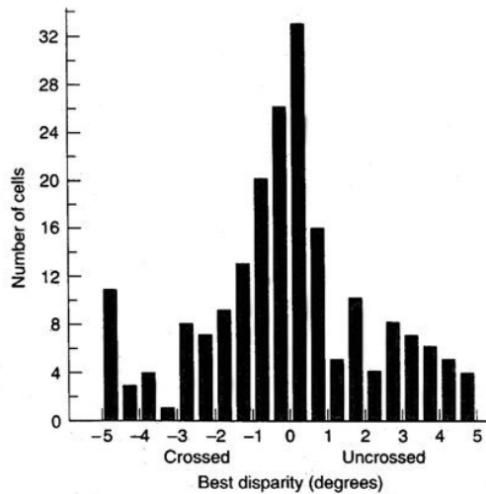
Stereogramma = coppia di immagini prese da due pdv diversi e che quindi stimolano il sistema visivo con disparità diverse

Anaglifo → fatto di due immagini sovrapposte ma prese con filtri cromatici diversi → si guardano con occhiali che hanno gli stessi filtri, diversi a seconda dell'occhio = sui due occhi si creano due immagini separate, si percepisce un po' di 3d ma si creano anche degli sdoppiamenti



Neuroni selettivi per il segno della disparità e per l'entità della disparità → collegati in modo che sappiano da che parte della retina vengono i segnali

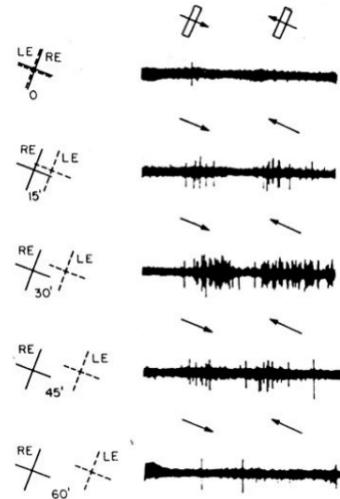
Questo può essere usato per avere una curva di sintonizzazione rispetto all'entità della disparità registrando da neurone binoculare



Si registra e si presenta uno stimolo a croce presentata sui due occhi in punti sempre meno corrispondenti → c'è una curva di sintonizzazione per cui a 0 e 15 non spara, disparità preferita intorno a circa mezzo grado visivo e minimo di risposta anche a disparità vicine a quella preferita

Neuroni anche sensibili all'orientazione quindi si deve trovare quella preferita, anche certa sensibilità al contrasto.

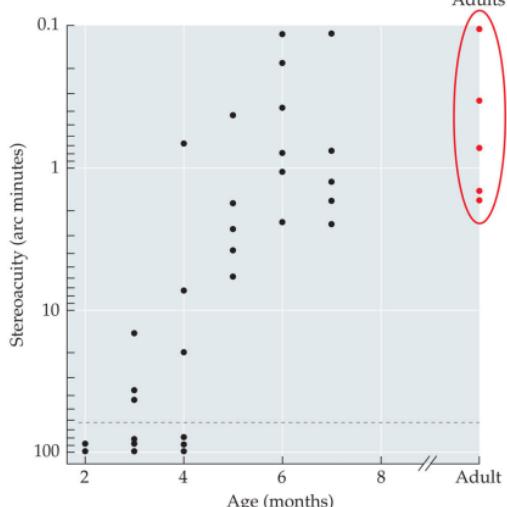
Se si registra da tanti neuroni si può avere un'idea della distribuzione di questi neuroni per il segno della disparità e per la sua entità



La disparità è una proprietà definita confrontando le due retine quindi dipende da dove si fissa e dipende da quanto è distante l'oggetto che si fissa, non proprietà dell'oggetto esterno.

La sensibilità alla disparità binoculare è una delle ultime caratteristiche di basso livello che maturano del sistema visivo:

- A 2 mesi la stereoacuità è molto scadente
- Rapidamente migliora e intorno a 8/9 mesi ha una stereoacuità comparabile a quella dell'adulto
- Conseguenza della sensibilità al contrasto → a 2 mesi sensibilità al contrasto spostata sulle frequenze basse
- Condizioni anomale = persone che non hanno la capacità di elaborare le disparità binoculari e succede se all'inizio il bambino ha uno strabismo molto forte che non viene corretto → cervello sopprime uno dei due occhi, quello pigro quindi non impara a codificare le disparità



Casi di persone che hanno recuperato stereoacuità in età adulta quindi prob differenze individuali e non si sa quanto è importante che ci sia stimolazione in periodo precoce → Susan Berry forte strabismo da bambina quindi no visione stereoscopica (stereo = solido quindi visione solida di qualcosa che è realisticamente 3d) → a 48 anni ha iniziato una terapia per migliorare la coordinazione tra i due occhi e all'improvviso ha sviluppato la visione stereoscopica → hp che la visione stereoscopia si possa sviluppare al di fuori del classico periodo di sviluppo.

BELA JULESZ

Ingeniere che si occupava di trasmissione di segnali. Si è chiesto se per vedere stereopsi fossero necessarie caratteristiche diverse → ha inventato uno stimolo = random dot stereograms

= oggetto in cui c'è una copia di immagini costruite con una matrice di punti in cui viene deciso quali punti sono bianchi quali neri. L'immagine monoculare non sembra contenere nessuna immagine visiva e infatti non c'è nessuna discontinuità che può servire per vedere un oggetto.

How Random-Dot Stereograms Are Made

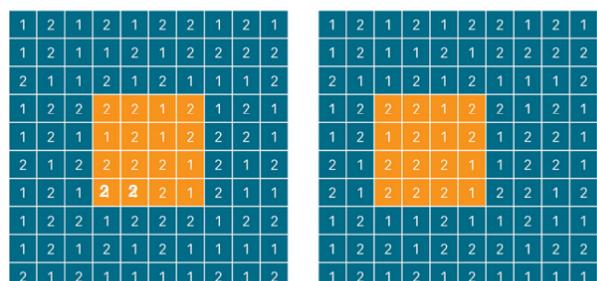
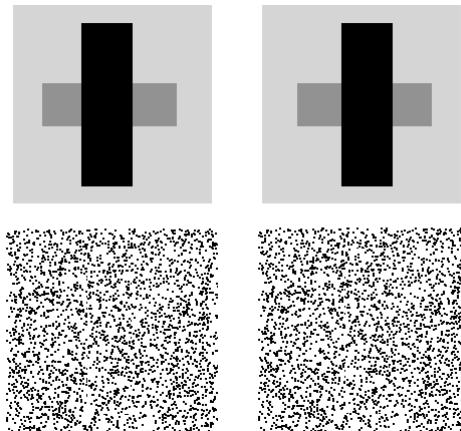


FIGURE 7.32 How Random-Dot Stereograms Are Made
To make a random-dot stereogram, you take a random grid of black and white dots. Each digit in the figure represents either a black (1) or white (2) dot. You then copy the image to make two such images. In the second image, you shift a random segment of the image one column to the left. Then you merge the two images. In each image, part of it was shifted. When we look at this through a stereograph, the shifted part will appear either in front of or behind the rest of the dots, depending on which direction it was shifted.

C'è una struttura nel confronto delle due immagini → rilevabile solo da meccanismi selettivi per la disparità

J ha fatto presente che usando questi stimoli diventa possibile bypassare il sistema visivo periferico (per cui non vede niente) e si proiettano le info ad un processo centrale (da lui chiamata retina della mente o terzo occhio) ma che in realtà è il momento di fusione binoculare in cui non c'è più rappresentazione retinotopica ma in cui le proiezioni di dx e sx vengono combinate

Per vedere un contorno non è necessario che siano stimolate le cellule selettive per orientazione ma basta che vengano stimolate le cellule binoculari



VISIONE INTERMEDIA

LA FORMA

Processi che hanno a che fare con processi locali e translocali (non ancora globali ma neanche solo locali)

FUNZIONE DI ORGANIZZAZIONE PERCETTIVA = produrre un primo livello di interpretazione non nel senso comprendere cosa si sta guardando, ma proto-interpretazione in termini di superfici = funzione di tipo integrativo dei segnali locali per arrivare a un livello di descrizione più astratto.

1. Border ownership: a chi appartiene un margine
2. Segmentazione figura sfondo: dare rappresentazione visiva in cui c'è una forma che diventa la figura e che viene separata dal resto privo di forma e che è lo sfondo → figura ha il margine a differenza dello sfondo
3. Formazione di unità o raggruppamento: elementi che vanno a fare parte della stessa unità

Il mondo è pieno di superfici che coprono altre superfici, ma noi non percepiamo le interruzioni, le avvertiamo ma si percepisce comunque una continuità.

Questo è necessario per percepire qualsiasi forma → percezione di una casa è data da segnali locali, per esempio, di orientazione per avere il contorno di una figura

VISIONE INTERMEDIA

insieme di processi non sempre ben delimitabili, caratterizzabili dall'opposizione locale - translocale (meccanismi retinotopici vs interazioni a mediolungo raggio), la cui funzione è *l'organizzazione percettiva*, specialmente in riferimento ai processi di 1) definizione della *border ownership*; 2) segmentazione in *figura e sfondo*; 3) formazione di *unità o raggruppamento*.



Figure ambigue (vedere vaso bianco al centro oppure due profili neri ai lati) a seconda di come avviene l'organizzazione percettiva → in base a chi si attribuisce il margine, quella diventa la figura e l'altro elemento lo sfondo.

MAX WERTHEIMER (anche effetto phi)

§1

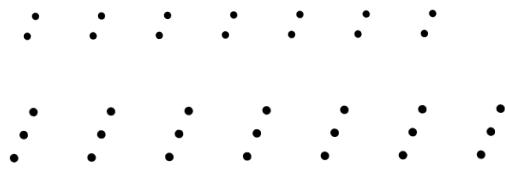
Nel 1923 pubblica "Ricerche sulla teoria della Gestalt" → si pone il problema di quali sono le condizioni che governano questi processi di formazione di unità e di figure dotate di un margine, quali sono le regole che il sistema visivo utilizza per fare emergere la figura

"Normalmente, questa fila viene percepita come una sequenza di gruppetti di punti ab/cd/ef..., e non come a/bc/de... Per la maggior parte delle persone è impossibile vedere la seconda soluzione lungo tutta la fila simultaneamente."

• • • • • • •

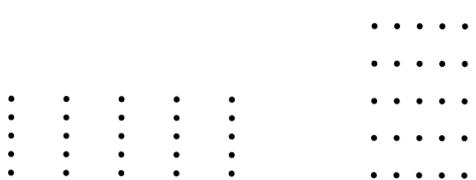
§2

"Intendo proprio vedere, non semplicemente capire. [Qui] si impone una serie di gruppetti obliqui, inclinati da sinistra in basso a destra in alto, con la struttura *ab/cd/ef...* La struttura alternativa *a/bc/de [...]* è molto più difficile da realizzare."



"ceg/fhk/iln [...] è praticamente impossibile da vedere simultaneamente su tutto l'insieme."

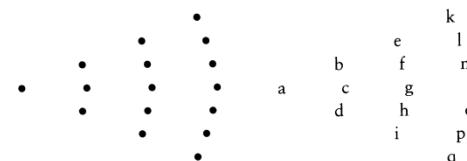
c	f	i	m	p
b	e	h	l	o
a	d	g	k	n



"...[a sinistra] si vedono tipicamente delle colonne verticali e [a destra] delle righe orizzontali."



"Inoltre *[a/bc/de]* è quasi impossibile da percepire con la stessa evidenza simultaneamente, per tutta la lunghezza della costellazione. Se poi sforzandoci riusciamo a ottenere tale risultato, esso si rivela assai più labile del primo, probabilmente per la difficoltà di mantenere stabile la fissazione e l'attenzione."



"...non si vede (o si coglie soltanto con difficoltà) un'altra segmentazione in via di principio adeguata, e cioè *kebadiq/lfchp/mgo/n.*"

§3

• • • • • "Se la costellazione contiene pochi punti, allora è più facile vedere la configurazione alternativa; ma il risultato non è più così chiaro, e tutto diventa instabile. Per esempio [...] *a/bc/de/f* diventa più accessibile."

Manipola proprietà dei puntini e cerca di trovare delle regole generali secondo cui questi punti si organizzano

§6

- Diminuendo la distanza tra i punti si percepiscono unità
- Più punti ci sono più è facile vedere un insieme

PRIMA LEGGE: FATTORE DELLA VICINANZA → tendono ad attrarsi tra di loro punti vicini tra di loro rispetto a punti lontani

"A parità di altre condizioni, le unificazioni si attuano in base alla distanza minore (*fattore della vicinanza*)."

§8

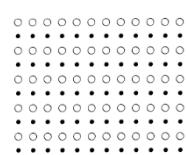
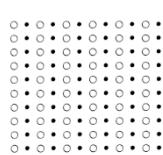
§8

"Sia data [...], ancor meglio, una matrice bidimensionale. [A sinistra] si vedono le verticali; [a destra] le orizzontali."

§8

"Sia data una fila di punti equidistanti, distinti a due a due per colore, su un campo omogeneo. [...] Domina la configurazione che raggruppa gli elementi uguali."

○ ○ • • ○ ○ • • ○ ○ • • ○ ○ • •



"A parità di altre condizioni, tendono a unificarsi gli elementi simili (*fattore della somiglianza*)."

SECONDA LEGGE: LEGGE DELLA SOMIGLIANZA → viene sempre detto "a parità di condizioni" perché l'effetto di una si può valutare solo se si tiene costante l'altra (simiglianza e vicinanza)

TERZA LEGGE: FATTORE DEL DESTINO COMUNE → movimento molto importante perché abbiamo sempre a che fare con info che sono continuamente in movimento sulla retina → tendono ad unificarsi gli elementi che si muovono in modo simile

§12

"Che cosa accade quando [...] sono presenti due di tali fattori?"



"I due fattori possono cooperare [...] oppure agire uno contro l'altro."



§19-20

Fattore del destino comune

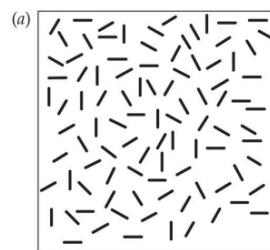


"Cambiamento anti-strutturale, in cui vengono accomunati dal medesimo destino elementi appartenenti a gruppi statici differenti."

b

§23

Continuità di direzione



È importante anche la direzionalità dei contorni per cui tendono ad unificarsi gli elementi che tendono a formare una unità con una certa orientazione nello spazio in modo tale da evitare i cambiamenti bruschi di direzione → segmenti equidistanti ma a parità di distanza il segmento in verticale sembra più lungo rispetto a quando è messo orizzontale

Esperimento dei serpenti nell'erba → vedere cosa succede ai segnali di orientazione quando si manipola la direzionalità → campo di orientazioni casuali dove dentro sono inseriti alcuni che formano un segnale con minima curvatura e quindi si unificano. Vedere in quali condizioni si vede il serpente

Unificare gli elementi, dal pdv adattivo sarebbe il modo di fare un'unificazione corretta.

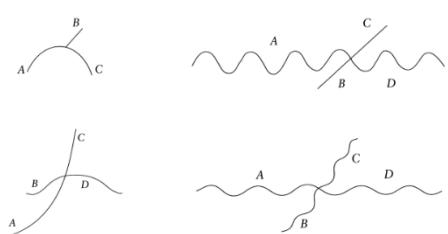
Continuità di direzione non vale solo per un segmento, ma anche per contorni curvilinei.

QUINTA LEGGE: CHIUSURA → a parità di altre condizioni si tendono a formare unità che formano elementi chiusi

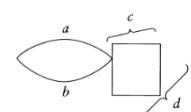
5 leggi di organizzazione percettiva che hanno la caratteristica di essere leggi relative a proprietà dello stimolo quindi che riguardano fattori di tipo bottom-up

§27

Continuità di direzione (con curve)



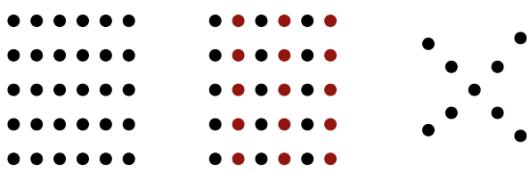
§32 Chiusura



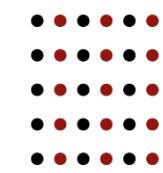
ab/cd e non ac/bd



Leggi di Wertheimer (1)



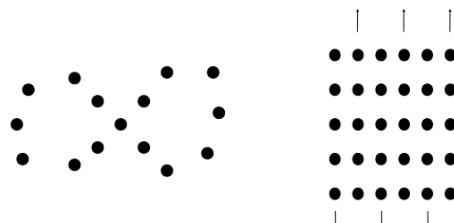
Vicinanza



Somiglianza

Buona Continuazione

Leggi di Organizzazione (2)



Chiusura

Destino
Comune

Oltre a queste 5 leggi ce ne sono altre 2 → alcuni hanno detto che in realtà queste leggi sono frutto di un'unica tendenza all'omogeneità, altri hanno aggiunto altre leggi

Le altre due non sono bottom-up ma fanno riferimento al contributo che da l'organismo:

1. Legge dell'impostazione oggettiva: dipende dalla storia della percezione del soggetto, dipende dagli stimoli percepiti in passato = tendenza a mantenere organizzazione una volta che è stata acquisita
2. Legge dell'impostazione soggettiva: situazioni in cui si vede ciò che ci si aspetta e ciò che si sa = contributo conoscenze pregresse → succede se ci sono stimoli degradati

10/11/2022

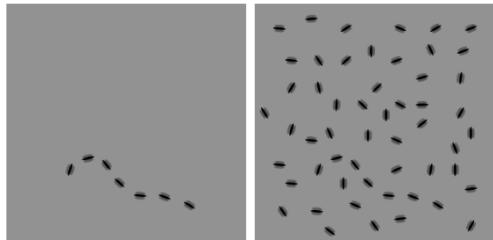
5 LEGGI relative allo stimolo quindi che funzionano in modo bottom up. Altri due principi, guidati dall'altro e che fanno riferimento al soggetto, top-down

- Impostazione oggettiva → dipende dalla storia del soggetto perché c'è tendenza del sistema percettivo a rimanere nello stato in cui era prima
- Impostazione soggettiva → forma di interazione tra percezione o cognizione perché si ricorre a info presenti nella memoria a lungo termine → legata alla visione di alto livello e alla funzione di riconoscimento

Ci sono unità neurali sensibili alla orientazione ma anche al margine → in V1 stessa risposta a livello locale anche se i due stimoli sono diversi, ma la cellula codifica la stessa cosa

I segnali locali sono di solito ambigui rispetto al movimento globale. Negli anni 80' e 90' andando a vedere le aree extrastriate ci sono cellule selettive per l'orientazione ma anche per la border ownership, quindi, rispondono solo in uno dei due casi mentre le cellule di V1 in entrambi

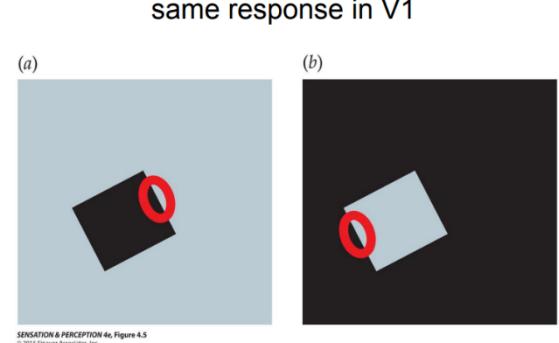
trova il serpente



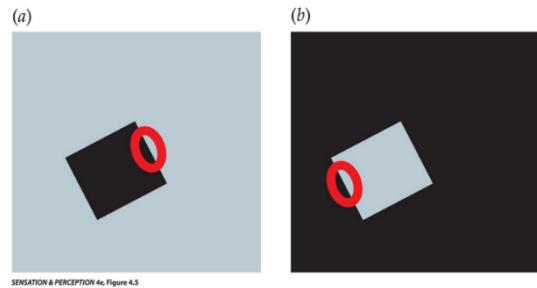
misurare la sensibilità al contrasto

Trova il serpente → vedere come cambia la sensibilità al contrasto in funzione di una proprietà trans-locale → ogni stimolo ha una propria orientazione ma alcuni sono simili e sono vicini

Processo di organizzazione → ci si chiede in quali condizioni si mettono insieme i segnali di orientazione per creare un contorno → si va a



some V2 neurons respond more to (a)



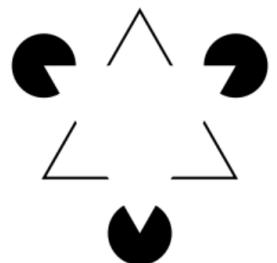
Campo di associazione = idea che si misura un meccanismo di integrazione trans-locale di questi segnali

IL COMPLETAMENTO

completamento modale e amodale

Gaetano Kanizsa → triangolo

1955 congresso degli psicologi italiani, K presenta una relazione in cui descrive questo fenomeno che poi pubblicò. Aveva chiamato questo fenomeno "margini quasi percettibili" → aveva trovato delle figure in cui si vedono dei margini dove in realtà non ci sono e dove non ci sono stimoli locali di orientazione, ma la stimolazione è omogenea senza segnale di contorno.



Non è solo vedere il margine, ma fare un'organizzazione percettiva che porta alla percezione del triangolo con anche una percezione di spazialità per cui il triangolo sembra davanti rispetto alle altre figure e risulta anche di un colore diverso rispetto allo sfondo.

Osservazione che precede anche le osservazioni di Hubel e Wiesel.

Si sono cercati meccanismi locali che potessero spiegare il fenomeno, ma alla fine le figure illusorie, come sono state chiamate alla fine, sono state spiegate da altre tipologie di fenomeni.

Termine fuorviante perché quando si è cercato con intelligenza artificiale di riprodurre la visione, non veniva percepito questo genere di margine, a volte non rileva neanche margini che ci sono se non sono ben definiti.

La modalità visiva ha caratteristiche descrivibili da un pdv qualitativo e che sono diverse dalle altre modalità sensoriali.

- **AMODALE:** Fenomeno percettivo per il quale due regioni distinte e separate di un'immagine sono viste completarsi dietro a un occludente e formare una singola superficie.
Il completamento sopperisce alle perdite di informazioni circa le superfici degli oggetti interessati, che si verificano con frequenza per via dell'occlusione di queste da parte di altri oggetti e superfici: il sistema visivo è in grado di completare le figure occluse anche quando le forme completate non sono familiari.
- **MODALE** → quando si vede qualcosa e non perché qualcosa è dietro a qualcos'altro

Quando una superficie si completa amodalmente dietro un'altra sembra restringersi

Effetto neon → figure di Kanizsa costruite in modo che la figura si riempia di un colore che è molto presente nella modalità modale

Fenomeni che si osservano in biologia quando si osservano gli animali che si mimetizzano → animale si rende invisibile controbilanciando le leggi di organizzazione e quindi rendendosi uguali agli sfondi → confonde il sistema visivo del predatore → evoluzione ha prodotto questo e suggerisce che i principi di W funzionano perché consentono di ricostruire correttamente le forme degli oggetti

Algoritmi moderni di edge detection funzionano bene perché non sfruttano solo info locali, ma anche principi di organizzazione percettiva

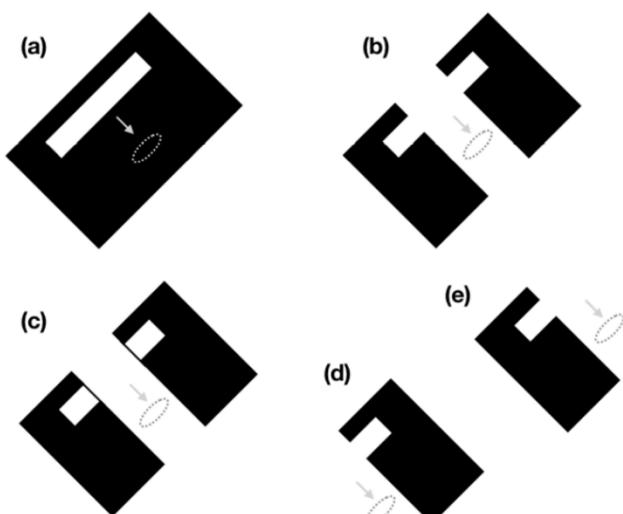
CORRELATO FISIOLOGICO CONTORNO ILLUSORIO

Percezione dei contorni non è solo fatta dalle unità studiate da H e W, ma è necessario ripensare al concetto di campo recettivo → campi recettivi selettivi per l'orientazione ma non di tipo classico

Osservazioni fatte osservando neuroni in V2 (descrive il comportamento di 3 ma dopo replicato)

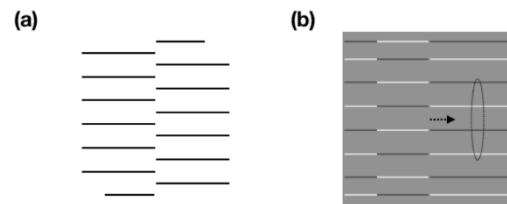
Ha creato degli stimoli che sono forme minimali di figure di Kanizsa in cui lo stimolo critico è quello in b

- Presentare figura in b dove si vede un rettangolo bianco che si completa attraverso il gap fra i due rettangoli neri
- Faceva scorrere il bianco come se scorresse sui due rettangoli neri
- Si vede un contorno nella parte centrale in un campo di stimolazione omogenea
- Registrava dalla scimmia
- Si parte da uno stimolo in a che serve per fare una diagnosi ma in a c'è un contorno vero, quindi, c'è cellula con campo recettivo che quando si fa passare il contorno nel campo recettivo, spara essendo sensibile all'orientazione, questo tipo di cellule si trovano in V1 e in V2
- Si è accorto che 3 rispondevano anche nella situazione b = quando il contorno che passa nel campo recettivo, non era vero → cellula selettiva per orientazione ma non in modo classico
- C, d ed e sono esperimenti di controllo → c c'è un margine vero quindi non si vede più il rettangolo grande bianco e la cellula con campo recettivo nel centro non risponde



- La cellula non è sensibile sono a zona bianca su zona nera, ma serve che ci sia una continuazione percettiva della forma del triangolo

Altro esperimento in cui ha mostrato alla cellula questa immagine → la salienza del contorno illusorio dipende dalla quantità di linee che si mettono che rende più evidente il contorno



IL MOVIMENTO GLOBALE

L'input alla visione non è mai uno stimolo stabile, ma è sempre qualcosa che cambia nel tempo, anche quando si fissa si muovono gli occhi, quindi, c'è sempre un cambiamento temporale dello stimolo.

Vengono codificati movimenti locali che però sono diversi dal movimento globale.

PROBLEMA DELL'APERTURA

Idea secondo la quale se c'è un contorno del quale si può misurare solo il movimento locale, un rilevatore di Reichart può misure il movimento solo nella componente ortogonale alla direzione del movimento → movimenti tratteggiati che vengono tutti codificati come una stessa direzione di movimento che è quella rappresentata dal vettore

Come mai però noi vediamo il movimento reale nella vita reale → perché non abbiamo solo segnali locali

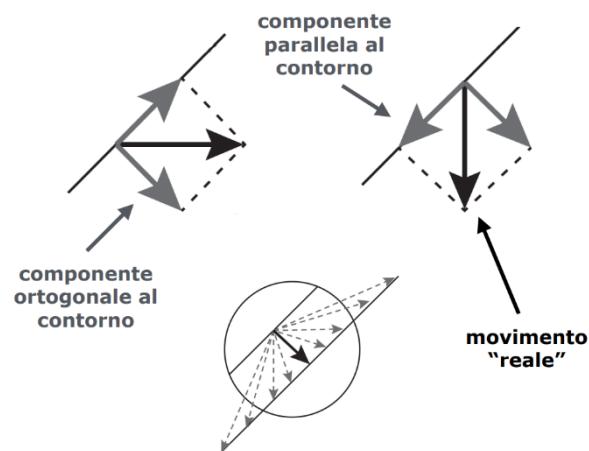
Negli anni 80' ci si è chiesto come viene risolto il problema dell'apertura ed è stato individuato lo stimolo ottimale per studiare questo fenomeno = plaid = due grating sommati l'uno all'altro = due segnali di orientazione che producono uno stimolo più complesso → per ogni coppia di fotogrammi viene sommata la luminanza

Il movimento globale del plaid è diverso dai movimenti locali dei due grating che lo compongono → segnali locali di movimento ma si vede il risultato del fatto che il sistema visivo ha combinato questi segnali locali dando origine al movimento globale che è diverso dai segnali locali

Questo ha suggerito che per prevedere il movimento di un plaid, il sistema visivo faccia un'operazione lineare (sommare) → stimolo dove c'è un segnale di movimento in una direzione e uno con un'altra (frecce grigie), se si sommano i due vettori si ottiene un vettore che è quello che indica la direzione di movimento

Questo ha suggerito che un modo per risolvere il problema dell'apertura sia facendo un'operazione lineare combinando i segnali locali

Questo ha stimolato varie linee di ricerca e una di queste ha suggerito che il problema dell'apertura coinvolgerebbe l'area MT che nell'uomo è omologa a V5



operazione lineare sui vettori locali

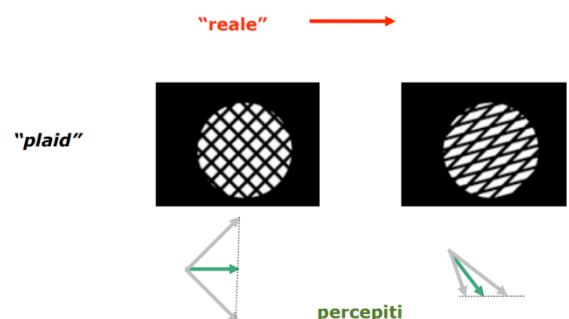
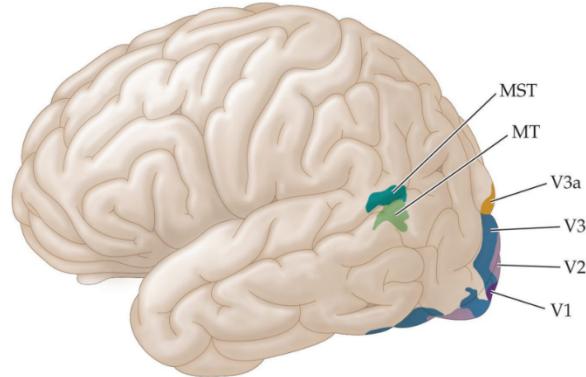


Figure 8.8 Motion-sensitive areas in the human brain



Where are “global” motion detectors? Three hints:

Lesions in magnocellular layers of LGN impair perception of large, rapidly moving objects.

Lesions to middle temporal area (MT) result in akinetopsia.

The vast majority of neurons in MT are selective for motion in a particular direction.

Si voleva capire dove potessero essere questi rilevatori di movimento globale → indizi disponibili in quegli anni

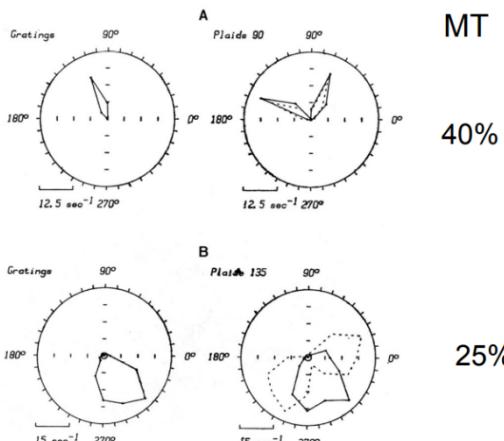
- Lesione a via magnocellulare del genicolato = deficit a carico della percezione del movimento
- Pazienti con lesione a MT nella scimmia = akinetopsia = deficit nella capacità di vedere correttamente il movimento di un oggetto ma non vedono il mondo fermo
- La maggior parte dei neuroni in MT risponde al movimento in una particolare direzione

Metà anni 80' uscirono lavori dal laboratorio di Boston basati su dati analizzando V1 e MT e andando a vedere la selettività per il movimento in queste due aree

È emerso che cellule complesse in V1, quando si presenta un grating, la risposta è nella direzione ortogonale a quella del contorno = risposta alle componenti locali e non al movimento globale

In MT ci sono tante cellule che rispondono come quelle di V1, quindi rispondono al movimento locale, ma altre che secondo le stime sarebbero ¼ rispondono così

- Se si mostra un plaid con due componenti ortogonali, la cellula non risponde alle componenti singole ma a una somma delle due



- Cellule selettive per componente ortogonale sia nel grating che nel plaid
- Cellule pattern selective

single unit physiology

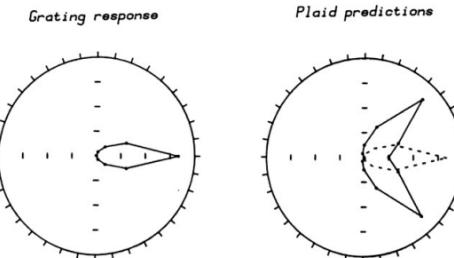


FIG. 9. Hypothetical data illustrating component and pattern directional selectivity. See text for details.

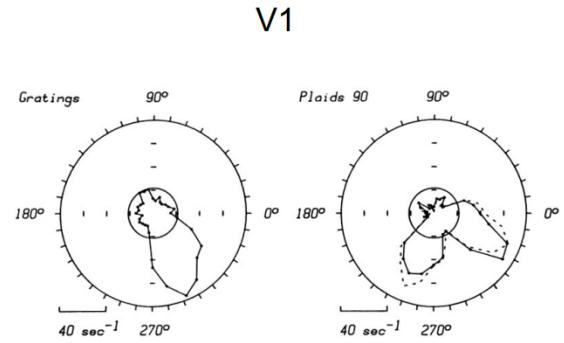
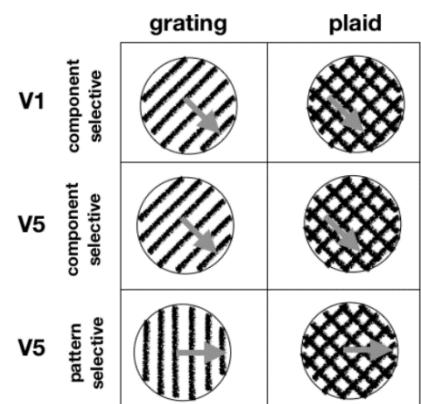


FIG. 10. Directional selectivity of a special complex cell recorded in area 17 of a cat. The spatial frequency was 1.2 c/deg, and the drift rate was 4 Hz. On the left is shown the neuron's tuning for the direction of motion of single gratings, and on the right is shown the neuron's response to moving 90° deg plaids. The dashed curve on the right shows the expected response of a component direction selective neuron. The inner circles in each plot show the neuron's maintained discharge level. For this cell the component correlation was 0.976, and the pattern correlation was -0.076 (n = 32).

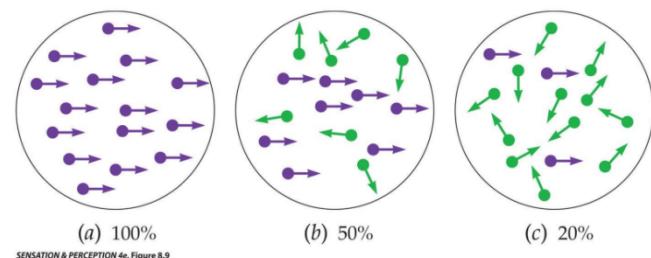


STUDIO DI LESIONE CON paradigma dei cinematogrammi di punti casuali

Punti disposti a caso che si fanno muovere ed è possibile manipolare quanti di questi si muovono in una direzione coerente

- Livello di coerenza del 100%
- Livello di coerenza del 50% (altra metà si muove in modo random)
- Livello di coerenza del 20%

monkey lesion studies



Cinematogrammi a vita limitata = i vettori che partono dai punti descrivono il cambio di posizione da un frame a quello successivo e solo in quello, dopo potrebbe essere un altro punto per fare sì che ci sia sempre una coerenza ma evitare che sia sempre lo stesso punto che si muove in modo coerente perché può produrre un segnale non di movimento ma statico

Trovare la soglia di coerenza = quella al di sotto della quale una persona non è più in grado di rilevare la direzione di movimento

Esperimento

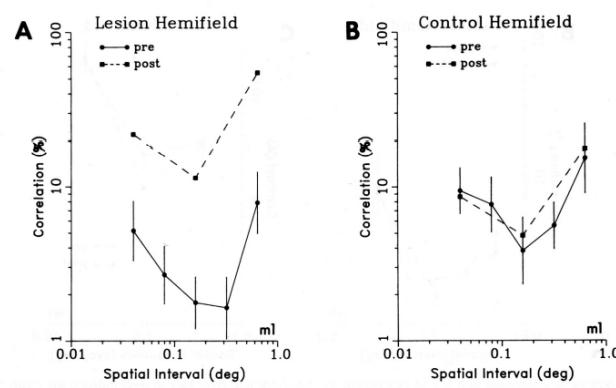
- Scimmie pre-operazione e vedere comportamento quando vengono mostrati movimenti
- Lesione in area MT scimmia in un solo emisfero e poi presentato movimento nell'emicampo controlaterale alla lesione
- rappresenta la soglia in funzione della velocità
- dopo lesione tutte le soglie si alzano = rappresenta il fatto che la scimmia non rileva il movimento globale con la stessa efficienza con cui lo faceva prima della lesione
- confrontato con quello che succede nell'emicampo non lesionato → le due curve sono sovrapposte
- con questo esperimento si confronta la scimmia con sé stessa nell'emicampo lesionato e in quello intatto
- perdita di sensibilità nella capacità di mettere insieme i movimenti locali per vedere il movimento globale

Potrebbe essere semplicemente un deficit visivo, non lesione selettiva per la percezione del movimento, ma danno globale alla sua percezione dei dettagli

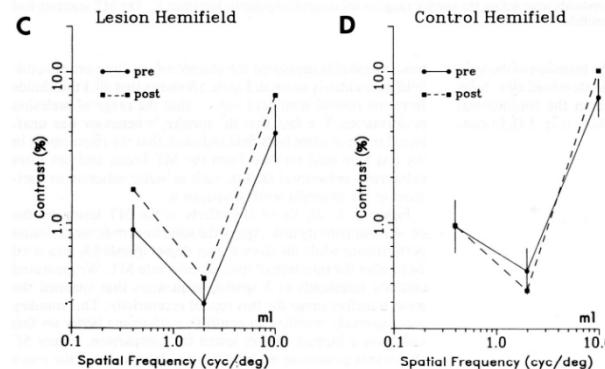
Esperimento di controllo = CSF = curva di sensibilità al contrasto

Lesione MT = elevamento soglia per la percezione globale ma non per la sensibilità al contrasto

motion sensitivity



contrast sensitivity



15/11/2022

Prima idea di come avvenisse il movimento globale → integrazione segnali locali facendo una media di essi e queste evidenze vengono dallo studio di movimento dei pleid (solitamente due grating sommati).

Casi particolari in cui i segnali locali non sono soggetti al problema dell'apertura → segnali dei terminatori del segmento

Effetto barber pole → quando il cilindro ruota, guardandolo da una certa distanza è come se ci fosse un grating ed è come se i segmenti colorati si muovessero verso l'alto → non si muovono nella direzione ortogonale a quella del segmento, sembrano seguire il modo in cui è orientato nello spazio il palo

In questo effetto succede che dal pdv dei segnali locali, nel segmento ci sono segnali ortogonali, ma i segnali dei terminatori scivolano sul bordo del palo; quindi, succede che i terminatori si muovono verso l'alto = preponderanza dei segnali dei terminatori che si muovono verso l'alto

Il sistema visivo usa i segnali dei terminatori e in alcune condizioni questi segnali sono usati per percepire il movimento globale → questo suggerisce un approccio diverso all'integrazione dei segnali locali → il sistema non fa semplicemente una media dei segnali locali senza considerare le caratteristiche strutturali dello stimolo.

Effetto COCE = colore non è determinato dall'intensità della luce, ma dal momento in cui c'è un cambiamento, un segnale di contrasto

Nel palo, lungo il segmento c'è un segnale omogeneo, ma lungo il bordo c'è un segnale diverso che predomina.

Stessa cosa del plaid → vengono rilevati i segnali di movimento dei punti in cui c'è informazione quindi quelle di incrocio tra le due direzioni

2 strategie:

- Media dei vettori = semplice ma cieca alla struttura dello stimolo
- Feature tracking = rilevare le caratteristiche informative dello stimolo (fenomeno dell'inibizione terminale quindi cellule sensibili alla terminazione = fenomeno messo in relazione con questo metodo di integrazione info locali)

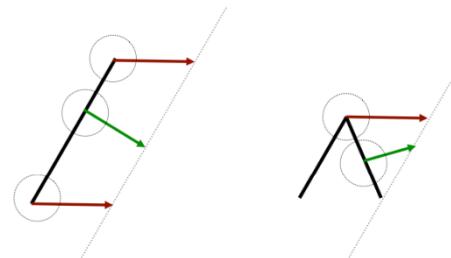
Effetto barber pole → facendo muovere un grating attraverso un'apertura e a seconda dell'apertura dal quale si guarda si percepisce un movimento globale diverso → più è stretta l'apertura, più questo prevale e quindi si vede meglio il movimento globale perché prevalgono i segnali dei terminatori

Negli anni 90' e primi 2000 molti ricercatori cercavano dei casi di integrazione dei movimenti locali in cui si potesse evidenziare l'idea che il sistema usa l'organizzazione globale della scena

4 segmenti che si muovono in verticale e in controfase (quando uno va in su l'altro va in giù e viceversa) → analizzando i movimenti locali, sulla parte centrale ci sono dei segnali ortogonali, ma nei bordi i segnali dei terminatori vanno in verticale.



segnali dai terminatori



effetti della struttura globale / organizzazione



Dopo si aggiungono 3 rettangoli rossi che cambiano la scena → dal pdv della figura statica aggiungendo i rettangoli, questi diventano la figura e il nero va dietro, gli elementi neri si unificano diventando un quadrato ruotato (diamond) perché hanno lo stesso colore e formano una forma chiusa (leggi di Wertheimer) e si unificano perché il sistema visivo unifica attribuendo la proprietà del margine al rettangolo rosso quindi il segnale del nero non è più un terminatore ma è come se continuasse dietro al rettangolo essendo una figura chiusa → dato che non è più un terminatore, c'è una conseguenza sul movimento che si vede = il diamond sembra muoversi in modo globale e quindi unico e si muove non in verticale come prima i 4 segmenti da soli, ma si muove in orizzontale.

= non è possibile spiegare che il quadrato si muove in orizzontale solamente prendendo i movimenti locali e facendo una media. La differenza la fa il contesto trans-locale che è diverso → cruciale chi è il proprietario del margine.

Come si può controllare se in una situazione come questa in cui non si cambia nulla, il segnale del terminatore è proprietario del nero o del rosso? Creando una versione stereoscopica di questo stimolo → in questo modo si possono creare 3 stimoli diversi:

- Ai due occhi arriva la stessa immagine come nella figura con rettangoli rossi e figura dietro nera
- Stereogramma in cui i rettangoli neri sembrano stare davanti e impressione del quadrato nero dietro è ancora più forte perché i segnali dei terminatori appartengono ancora meno al nero
- Portare dietro i rettangoli rossi → si percepisce il movimento sei singoli segmenti neri perché il terminatore torna ad essere di proprietà del nero

effetto "breathing square"

Quadrato messo davanti o dietro quindi due organizzazioni diverse della scena

- Quadrato dietro: sembra contrarsi ed espandersi mentre ruota



Se si considera il movimento locale, quando il quadrato passa sulla zona bianca, l'info locale è la stessa ma in realtà la percezione è diversa perché quando è davanti non ha la componente di contrazione ed espansione.

L'angolo del quadrato è il punto dove c'è info veridica di come si muove quel segmento. A sx quando gli angoli sono sul nero è come se la rotazione rallentasse perché diminuisce il segnale di contrasto rispetto a quando è sul bianco → percezione della velocità dipende dal segnale di contrasto.

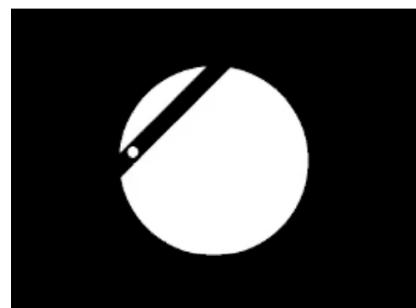
Il sistema è capace di valutare la scena nel suo complesso (rete neurale che lo fa), sceglie di usare alcuni segnali e ne trascura altri.

organizzazione gerarchica

Pallino che si muove sul segmento che può essere seguito dal sistema e che quindi lo può localizzare → pallino si muove in orizzontale ma sembra muoversi in diagonale

Segmento nero si muove rispetto al sistema di riferimento del bordo, mentre il pallino in base al segmento → il sistema fa una scomposizione

Questi aspetti di organizzazione percettiva coinvolgono delle componenti anche top-down quindi legate a processi molto globali.



solutions to the AP

1. vector averaging
2. terminators
3. border ownership / scene interpretation
4. multisensory interactions

COME SISTEMA VISIVO RISOLVE PROBLEMA APERTURA: molte strategie diverse → dall' 1 al 3 sono strategie sempre più globali e complesse, media dei segnali locali ma PESATA quindi alcuni segnali hanno più peso di altri e questo dipende dall'interpretazione della scena

Livello ancora più globale → noi siamo in grado di apprezzare il movimento non solo con la vista nel mondo reale, ma anche con altri sensi come l'udito che analizza la direzione da cui proviene il suono, anche tatto

Dal pdv della percezione globale del movimento ci sono altri 2 elementi:

- Ci si aspettano delle interazioni multisensoriali
- Costanze percettive → **scopo ultimo della percezione di livello intermedio è quello di dare una percezione unitaria e stabile del mondo** → stimoli che arrivano sono continuamente mutevoli dato che la percezione è sempre un processo esplorativo → funzione di capire quali sono gli elementi stabili = COSTANZA PERCETTIVA permette di distinguere quando nel mondo cambia qualcosa o quando il mondo è stabile ed è il soggetto che cambia

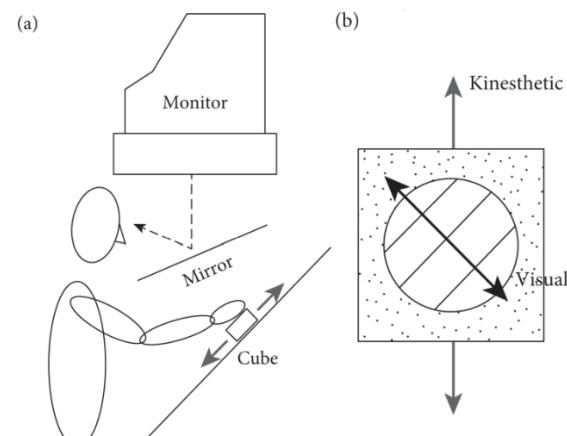
Dimostrazioni che suggeriscono che la percezione del movimento in condizioni normali sfrutta le integrazioni multisensoriali → area hMT+ è attivata da una stimolazione elettro-tattile alla lingua.

Dimostrato che sia in individuo normale che in cieco alla nascita, questa area è attivata da segnali tattili → area che tradizionalmente era considerata un'area specifica per la vista ma che in realtà ha proprietà multisensoriali.

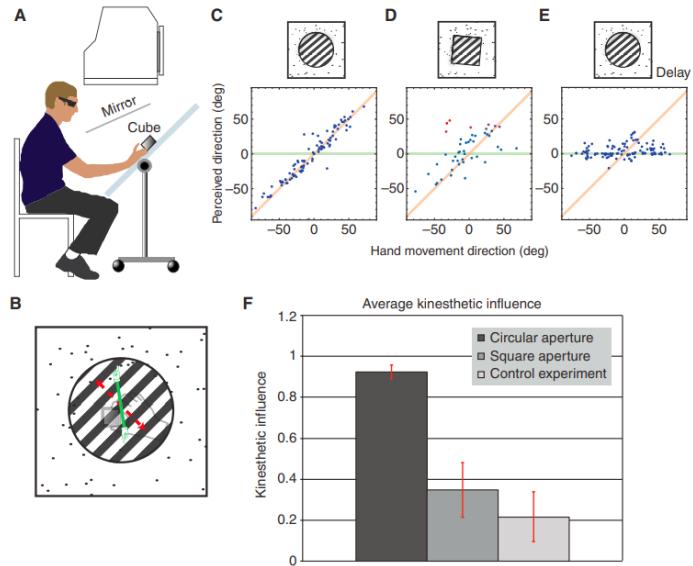
Altro paper → fonte di suono che si sposta nell'ambiente e permette una percezione di movimento (grazie all'organizzazione in linee di ritardo = differenza binaurale, anche intensità del suono in base alla distanza) → il movimento di una sorgente sonora che trasla viene percepito facilmente ma fin ora è stato difficile trovare prove chiare che dimostrassero la percezione di movimento nella corteccia uditiva. Questo perché non sono nella corteccia uditiva ma in un'area visiva specializzata per il movimento.

ESPERIMENTO: esaminare percezione movimento globale grating in condizioni in cui lo si vede e si sente tattilmente il movimento

- Stimolo = cubo tenuto in mano dal soggetto e montato su una rotaia quindi lo si può muovere in una traiettoria vincolata = stimolo tattile che sta dietro uno specchio messo a 45°
- Davanti allo specchio c'è monitor di computer e su questo si fa comparire stimolo visivo → specchio riflette quello che c'è sul monitor perché soggetto guarda lo specchio e non il monitor
- Specchio crea immagine virtuale che non è sul piano dello specchio ma dentro di esso e dietro della distanza che c'è tra lo specchio e il punto di vista
- Si ha l'impressione di vedere e sentire il movimento nello stesso punto ma senza vedere la mano
- Alla fine, si ha un oggetto a cui è associato un segnale tattile e visivo ma non c'è segnale visivo relativo alla mano, ma solo propriocezione per la mano
- Da un pdv di analisi dello stimolo ci sono due segnali, visivo e cinestesico
- Segnale visivo è un grating che si muove attraverso il buco quindi si muove nella direzione ortogonale all'orientazione del contorno
- Come si vede muoversi il grating? Vince visione o propriocezione o compromesso tra i due?



- grating si muoverebbe nella direzione della freccia rossa se ci fosse solo la visione
- 3 condizioni di visione (delay = ritardo tra segnale visivo e tattile)
- Grafici = funzioni psicofisiche perché plottano direzione percepita del movimento in gradi in funzione del movimento della mano
- Primo grafico = se vincesse la visione (visione movimento in base al segnale locale) senza considerare movimento non si vedrebbe sempre movimento ortogonale → in realtà la direzione è quella della mano
- Se è il soggetto che muove il grating prevale quella info anche se c'è problema dell'apertura
- Se apertura quadrata uguale anche se si riduce un po' a causa dei terminatori
- E uguale a C ma con ritardo tra segnale visivo e propriocettivo → ritardo dovrebbe impedire che segnale propriocettivo abbia un effetto sulla percezione ed è quello che succede quindi viene percepito il vettore rosso



17/11/2022

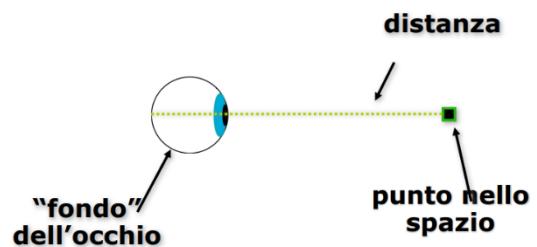
LA DISPOSIZIONE NELL'AMBIENTE DELLE SUPERFICI

Come noi vediamo la proprietà di una superficie che è quello che fa la visione intermedia → analisi di proprietà trans-locali.

"it is agreed by all that distance, of itself and immediately, cannot be seen" → Berkeley trattato su una nuova teoria della visione perché si è capito come funziona l'ottica dell'occhio. La distanza non può essere vista e neanche lo spazio, anche se noi vediamo in 3D → questo perché nella sua teoria, la visione avviene grazie alla proiezione della luce sul fondo dell'occhio

Lo spazio è quello di Euclide (sistema di coordinate 3D che definisce ogni punto nello spazio) e la distanza è il segmento che unisce un punto nello spazio esterno con la sua proiezione sul fondo dell'occhio e questo non si può vedere perché l'info che c'è sul fondo dell'occhio è ambigua = non discrimina tra distanze diverse lungo il segmento perché la proiezione è sempre la stessa

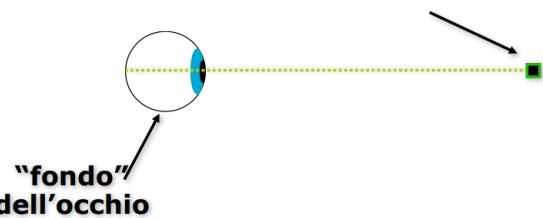
modello di Berkeley



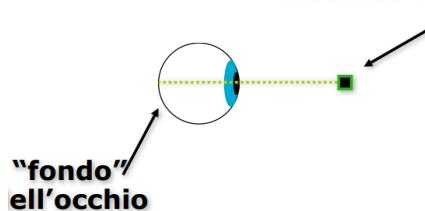
modello di Berkeley

modello di Berkeley

distanza maggiore



distanza minore



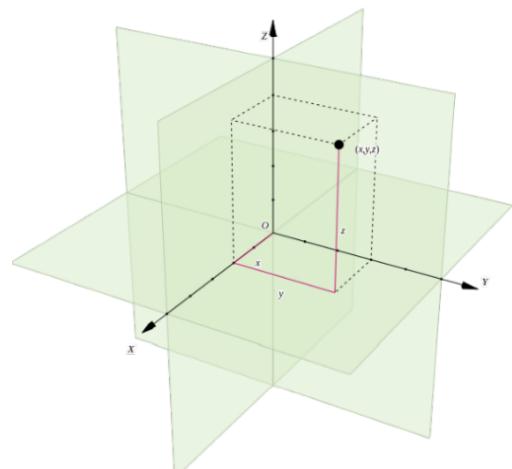
La distanza non può quindi essere vista in quanto distanza e senza mediazione → c'è un effetto per infinite cause di questo stesso effetto → occhio non funziona come un ecoscandaglio (sonar che misura eco di ritorno).

Questa analisi vale se si ragiona in termini locali, quindi applicabile a una direzione del campo visivo e a una coordinata retinotopica.

Una scena può avere senso a livello trans-locale ma non a livello globale come le scene di paradossi visivi.

Nel cervello non c'è un centro che fa analisi delle proprietà spaziali = no rappresentazione unitaria delle proprietà legate allo spazio, ma ce ne sono diverse.

All'inizio codifica retinotopica = prima mappa spaziale che poi si trasforma in altre mappe con altre coordinate quando si sale di livello → fusione binoculare = momento in cui due mappe retinotopiche si fondono per formare una nuova mappa.



Prove che vengono dalla neuropsicologia → studio Marshall e Halligan (studio di doppia dissociazione) neuropsicologi inglesi che hanno studiato il neglect (problema di direzione dell'attenzione spaziale → tendenza a non prestare attenzione a ciò che succede nell'emicampo visivo di sx, diverso da emianopsia in cui c'è una perdita di una parte di V1).

Pseudo-neglect → molte persone quando si chiede di fare bisezione di un segmento tendono ad avere un bias piccolo a sx, quasi tratto di personalità stabile per cui una persona manifesta sempre lo stesso bias → differenze individuali nella lateralizzazione

Paziente con danno parietale nell'emisfero di dx = neglect → se richiesto di fare bisezione della linea, questo avviene più a dx rispetto al centro perché non viene prestata attenzione all'emicampo di sx, no consapevolezza cosciente ed è come se non ci fosse.

Pseudo → motivo per cui esistono queste variazioni sistematiche è probabile perché ci siano differenze individuali nella lateralizzazione dell'attenzione spaziale

Dati dell'esperimento si riferiscono al compito di bisezione → ricercatori hanno seguito un paziente con neglect che era abile a giocare a freccette nonostante avesse il neglect dato che serve mirare il centro → problema è che il bersaglio è al di fuori dello spazio peripersonale del soggetto.

Hp che lui ha il neglect quando deve guidare l'attenzione nello spazio peri, ma non se deve dirigere l'attenzione a cose più distanti → dissociazione tra due mappe spaziali, peripersonale ed extrapersonale (molta relazione con vista e udito = sensi distali).

Esperimento → si fa fare il compito di bisezione al paziente in due condizioni

- Compito con foglio e matita su un tavolo quindi nello spazio peri
- Compito con cartone appeso al muro con utilizzo di puntatore laser, linea più grande rispetto a quella sul tavolo per poterla vedere → affinché le due condizioni siano equivalenti dal pdv della stimolazione percettiva = calcolo del segmento lungo in modo che compensasse esattamente la distanza
- 6 segmenti diversi nella condizione near e far e le distanze sono accoppiate in base a dei calcoli affinché l'angolo visivo fosse lo stesso
- Asse x = esito della bisezione
- Differenza tra le due condizioni che dimostra la dissociazione → condizione vicino ha per tutti i segmenti un bias verso dx sempre più o meno pari a circa $\frac{1}{4}$ della lunghezza totale
- Nel caso del segmento lontano non c'è nessun errore sistematico verso dx, ma 5 segmenti su 6 hanno un errore nella direzione opposta che è quello che succede a tutti = pseudo neglect
- = no rappre unitaria dello spazio ma ci sono rappre multiple ed è anche possibile avere un danno a una e basta

FONTI DI INFO SULLE DISTANZE

Perception of layout → molti meccanismi diversi che permettono di percepire le superfici e possono essere distinti in base all'incrocio di due categorie:

- Quale occhio si usa = meccanismo monoculare o binoculare
- Natura di queste info

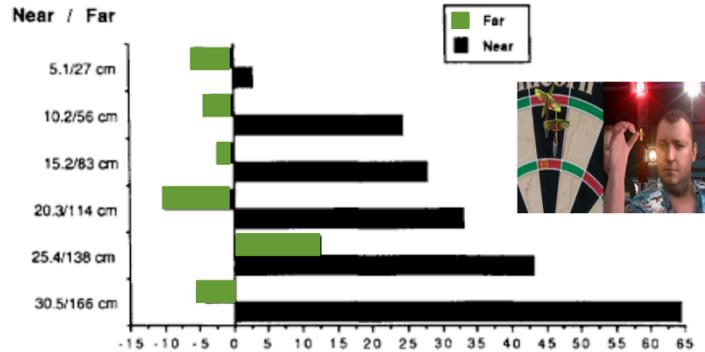
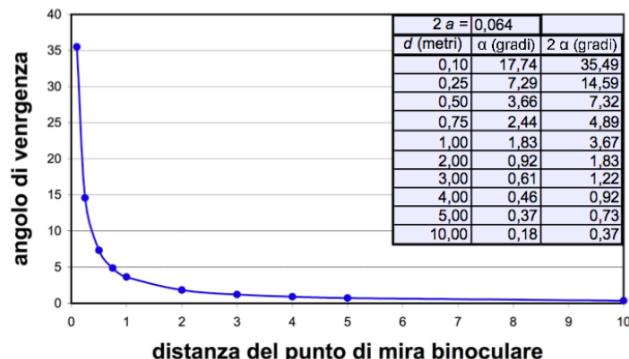
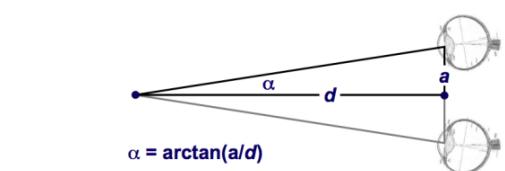


FIG. 1.17 A comparison of neglect for near and far space on line bisection.

Halligan & Marshall (1991)

- oculomotorie
- Basate sulla parallasse: fenomeno per cui un oggetto sembra spostarsi rispetto allo sfondo se si cambia il punto di osservazione. Due fonti di info in base alla parallasse:
 - Disparità retinica
 - Parallasse di movimento: anche considerando un solo occhio si può cambiare il punto di vista muovendo l'occhio o muovendosi
- Info pittoriche: solo monoculari

Non è vero che la parallasse binoculare ha un ruolo speciale, ma tutti i meccanismi sono importanti, hanno solo caratteristiche diverse. In alcuni casi una tipologia di info può annullare le altre.



OCULOMOTORIE

Accomodazione = modificare forma della lente per mettere a fuoco oggetti vicini al naso e avviene grazie ai muscoli ciliati quindi lo sforzo di questo muscolo è un segnale propriocettivo che il cervello può usare per stimare la distanza di un oggetto. Tuttavia, questo vale solo per oggetti vicini.

Accomodazione controlla la messa a fuoco.

Convergenza = quando si avvicina un oggetto, gli occhi ruotano per mantenerlo sulle due fovee e cambia l'angolo di convergenza ed è prodotto da un movimento oculare e potenzialmente quell'angolo è disponibile al cervello e si

potrebbe ricostruire la distanza. Con una formula trigonometrica si può trovare la distanza del punto.

Usciti dallo spazio peripersonale quell'info binoculare non c'è più.

PARALLASSE DI MOVIMENTO

più impo dei meccanismi monoculari

Cambio di punto di vista nel tempo e questo produce un cambio delle posizioni relative delle strutture nell'assetto ottico.

Su un treno in movimento e 3 oggetti T, C, F. si deve prendere un sistema di riferimento e rispetto a cosa si valutano i movimenti. In questo caso la fissazione è sulla mucca C

- C rispetto al finestrino e al movimento del treno che va da sx a dx si muove da dx verso sx ma rimane in fissazione
- F più vicino al soggetto rispetto a C si muove nella direzione opposta rispetto al movimento del soggetto
- T più lontano rispetto a C quindi si sposta nella stessa direzione di movimento
- Direzione opposta = porzione di spazio tra il punto di vista e il punto di fissazione
- Stessa direzione alla direzione di movimento = tra punto di fissazione ed orizzonte

fonti di informazione sulle distanze

oculomotorie

accomodazione
convergenza

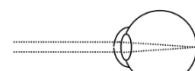
basate sulla parallasse

disparità retiniche
parallasse di movimento

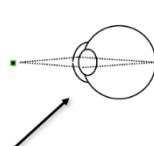
pittoriche

una lunga lista...

oggetto lontano

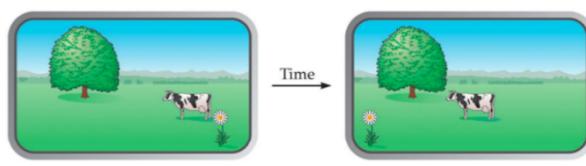
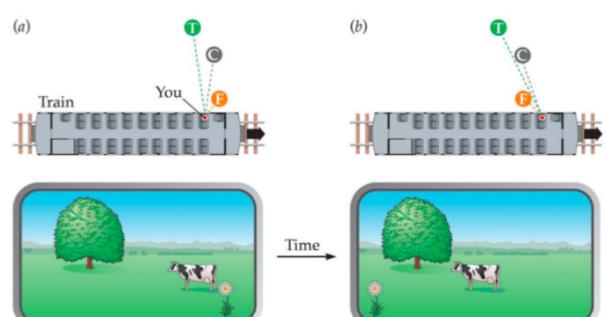


oggetto vicino



accomodazione

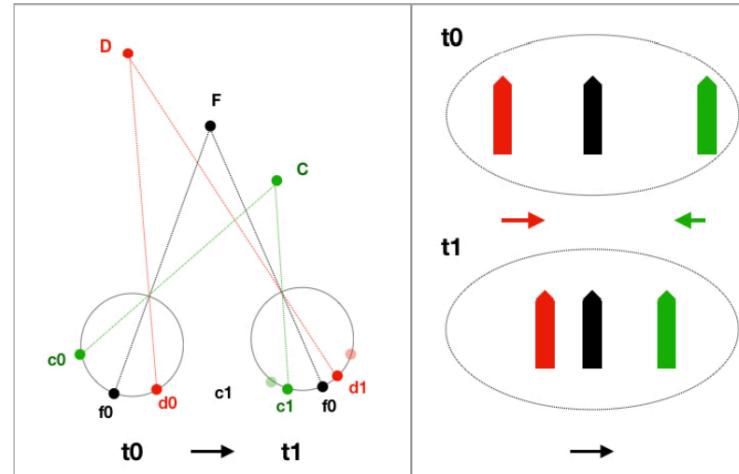
parallasse di movimento



La parallasse come la disparità ha un segno, davanti o dietro rispetto al punto di fissazione ma anche una magnitudine = cambiamento di posizione può essere più grande o più piccolo (fiore si sposta di più dell'albero) ed è in funzione della distanza di quell'oggetto dall'oggetto che viene fissato

Cosa succede sulla retina:

- F: punto di fissazione
- C: punto vicino che al tempo t_0 è più temporale e quando si sposta lo diventa meno
- D: più lontano è nasale e quando si sposta lo diventa meno



Una manifestazione globale della parallasse di movimento è il FLUSSO OTTICO = parallasse di movimento nel campo globale e in tutto il campo visivo (termine che deriva di Gibson).

variabile importante = come si controlla la propria direzione di movimento in base a info che derivano da info dell'assetto ottico.

Punto di fissazione è dove la parallasse è 0 perché quel punto è fermo e sono tutti quelli attorno che si muovono.

Nell'area MT si attivano delle unità se vengono mostrati dei pattern radiali che si contraggono ed espandono = rilevatori di flusso ottico che è un segnale importante non solo per controllare la direzione del proprio movimento e per collocare le superfici nello spazio, ma anche per il controllo della postura.

Equilibrio controllato grazie a dei meccanismi multisensoriali → segnale visivo molto importante e a volte più importante di quello vestibolare.



Esperimento stanza mobile → soffitto e aperto da una parte per entrare, le pareti non posano sul pavimento così la stanza può essere mossa. Se viene messo dentro bambino che ha da poco imparato a camminare, cade. Con adulto basta metterlo in una posizione più instabile affinché cada. Con occhi chiusi più difficile perché manca il contributo visivo.

Quando lo sperimentatore muove la stanza verso il soggetto, c'è un flusso ottico radiale. Importante per la postura.

Visione vince perché dal pdv del segnale vestibolare il senso dell'equilibrio sta dicendo al cervello che si è in equilibrio ma il segnale visivo dice una cosa diversa, la stanza che si muove che è un segnale analogo alla persona che si muove verso la parete, ma dato che questo non succede può essere che si stia cadendo in avanti. Quindi succede che il soggetto in modo automatico compensa la caduta in avanti andando indietro ma dato che non si stava veramente andando in avanti si cade all'indietro.

Sembra quindi che la visione predomini sul senso dell'equilibrio → in queste condizioni in cui l'info vestibolare è imprecisa, in altri casi potrebbe prevalere l'equilibrio.

22/11/2022

3° categoria di indicatori di posizione = info ottenute con un occhio solo e da immagine statica > né movimento né binocularità = indicatori pittorici perché sono aspetti dell'info ottica che si possono manipolare con un disegno, quadro o foto.

Esperienza di visione volumetrica si può ottenere anche in condizioni particolari di visione pittorica.

Quando si guarda un quadro si guarda qualcosa di fisicamente piatto, ma i tratti tracciati sul quadro contengono delle potenziali info sulla tridimensionalità → è una situazione di conflitto tra alcuni processi di percezione spaziale che danno info che si è di fronte a una superficie piatta e questo viene dalle info di disparità binoculare, allo stesso tempo sul quadro ci sono altri tipi di info che sono presenti nella vista statica monoculare e se tiene la testa ferma specificano una certa visione 3D.

Percezione del quadro è duplice.

Indicatori pittorici = disegno in prospettiva → più oggetto è grande più è vicino al soggetto e se è piccolo allora è lontano, poi se è vicino è anche più in basso rispetto ad oggetti lontani che sono più in alto. Oggetti lontani tendono a perdere il contrasto.

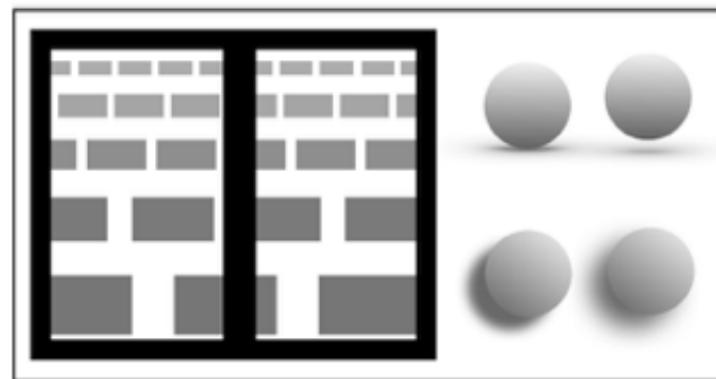
Prospettiva aerea → come Leonardo dipinge le montagne in lontananza

Retta parallele che convergono nel quadro sullo sfondo.

Completamento ha una conseguenza → superficie sopra all'altra, occlusione, indica che si stanno mettendo le figure in un certo ordine spaziale per cui oggetto che occlude sta sopra a quello occluso (in base a chi è proprietario del margine)

Finestra attraverso cui si guarda una scena di elementi tutti uguali ma ci sono delle differenze che in base alla prospettiva suggeriscono che alcuni rettangoli sono più vicini e altri più lontani.

Percezione monoculare del volume di un oggetto e delle relazioni spaziali fra gli oggetti e hanno a che fare con le ombre → sistema visivo le usa anche se molte volte non ci facciamo caso. Palla può essere a contatto con qualcosa o sollevata in base a come è l'ombra. Anche sulla superficie dell'oggetto c'è ombra (chiaro-scuro) e determina percezione di convessità o concavità.



Illusione cratero-colline

- Sfera con ombra in alto è un buco, avallamento
- Sfera con ombra in alto sembra una collina

Questo assumendo che la luce arrivi dall'alto (sole) quindi esperienza che si fa tutti i giorni → cervello usa ombreggiatura come info per capire la struttura 3D dell'oggetto e per fare questo deve avere assunzione su direzione di provenienza della luce che da sempre per l'uomo viene dall'alto. Evoluto sistema visivo in condizioni in cui illuminazione viene sempre dall'alto.

Nella vita quotidiana si hanno sia info monoculari che binoculari. Metterle in conflitto e vedere che info predomina.

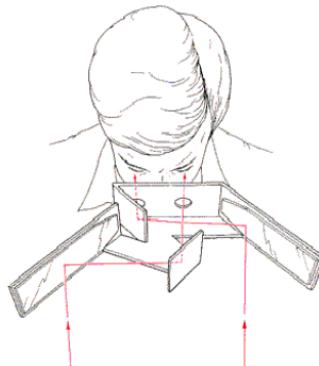
Pseudoscopio a specchi → sistema di specchi che inverte immagine dell'occhio dx e sx e succede che disparità retiniche cambiano segno (crociate diventano non crociate e viceversa) quindi gli oggetti dovrebbero scambiarsi di posto.

Nella maggior parte delle situazioni non succede questa inversione, c'è solo una sensazione strana ma non scambio di posizioni.

In altre situazioni può avvenire uno scambio di posizione ma sono situazioni più rare.

Pseudoscopio fatto con un sistema di prismi.

pseudoscopio a specchi



cosa succede quando la stereopsi è in conflitto con gli indici monoculari?

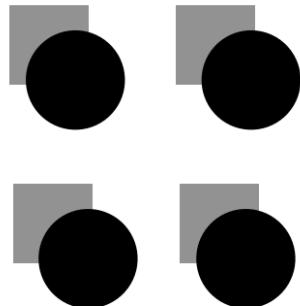
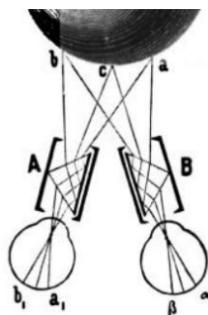


FIGURA 50. Sinistra: lo pseudoscopio a prismi inventato da Wheatstone (fonte: Wikimedia commons, immagine nel pubblico dominio). Esistono anche pseudoscopi a specchi, che ridirezionano l'immagine da destra verso l'occhio sinistro, e viceversa, che sono però poco adatti a guardare oggetti vicini. Destra: uno stereogramma in cui disparità e occlusione segnalano che il cerchio è davanti (sopra) e uno stereogramma in cui la disparità segnala che il cerchio è dietro (sotto). Notate che si continua a vederlo davanti, come se l'occlusione esercitasse una specie di "potere di voto" sulla soluzione coerente con la disparità.

prospettiva inversa

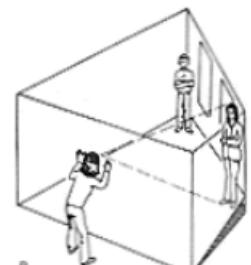


Patrick Hughes

Nel 600' e 700' questi concetti erano molto diffusi ed utilizzati da artisti in vari ambiti.

Stanza distorta → stanza in cui si guarda da un buco e attraverso sembra di vedere una stanza normale ma se persone entrano una sembra più grande e l'altra più piccola → gioco illusionistico di distorsione in cui sulle pareti sono dipinti elementi che tendono a suggerire una stanza normale ma in realtà le superfici non sono rettangoli ma trapezi, il pavimento tende a salire, il soffitto tende a scendere e la parete di fondo sembra fronto-parallela ma in realtà è inclinata in profondità → dato che la si guarda con un occhio solo, la percezione è dominata dagli indici pittorici

Dipingere un quadro in prospettiva ma non su superficie piatta ma in bassorilievo → superfici che vengono in fuori e altre che vanno in dentro → conflitto tra le fonti di info spaziale.



Due soggetti sembrano equidistanti dal soggetto che guarda.

Illusione di Ponzo → effetto in cui due elementi di uguali dimensioni sembrano di dimensioni diverse se messe in un contesto che suggerisce diverse posizioni nello spazio. Due angoli visivi che sono uguali ma interpretazione 3D della scena è che uno è più vicino e uno è più lontano ma se proietta lo stesso angolo visivo allora quello lontano deve essere più grande e quello vicino più piccolo.

Alcuni quadri usano come estetica il trompe oeil, illusione di vedere un oggetto reale. Funziona se lo si guarda da un certo punto di vista, non si deve essere troppo vicini al quadro.



Chiesa di S. Ignazio a Roma → effetti di sfondato = dipinto sul soffitto o parete usando indicatori pittorici e se vista da un certo pdv da impressione che parete sia sfondata e il disegno sia oltre. Anche in questo caso funziona se lo si guarda da un particolare pdv, altrimenti non si percepisce → nella chiesa c'è un punto in cui ci si deve mettere per vedere bene questo effetto.

PERCEZIONE DEL COLORE DELLE SUPERFICI

Colore non è elaborato in isolamento ma insieme a info su luminanza e forma degli oggetti per ottenere una rappre unificata del mondo.

Quando si parla di colore nella corteccia si fa riferimento all'hp di Zeki secondo cui la parte della corteccia che da il colore alle superficie è V4 → dato da studi di lesioni di pazienti

a color center in the cortex?

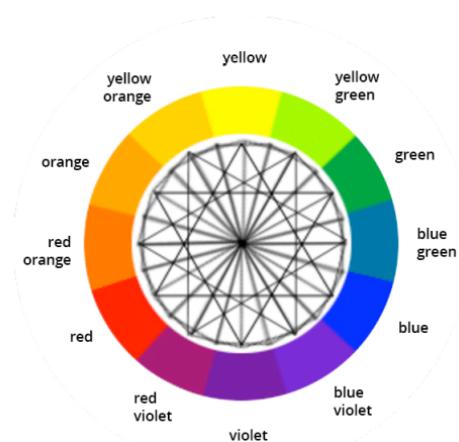
"... patients ... with cerebral achromatopsia have lesions in ... extrastriate cortex ... homologous to monkey V4"

"However, neuroimaging ... shows strong responses to color ... in V1 and V2 ... [and] it is established that area V4 is [also] a main centre for ... spatial vision ... and a link between vision, attention, and cognition."

percezione del colore deriva dall'attività di molte aree corticali e quindi da processi di natura integrativa

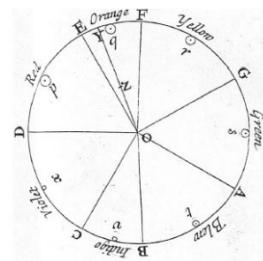
"... our experience of color probably depends on the activity ... in several cortical areas ... more emphasis has to be given to ... computations ...

Color wheel

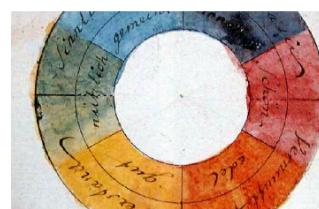


spesso ci si trova di fronte a modelli matematici o geometrici che vogliono rappresentare la struttura della percezione del colore → modelli in cui i colori sono in una struttura circolare in cui si passa da un colore all'altro

Newton



Goethe



secondo una logica di avere alcuni colori che sono primari e per passare da uno all'altro di passa da miscele secondarie

altre strutture circolari si trovano anche i Newton o Goethe

modelli della struttura percettiva che si usano oggi → colore percepito come un doppio cono in cui la struttura circolare rappresenta le varie tinte che si possono avere e questo cerchio delle tinte si combina con altre due proprietà

- Saturazione = quanto è distante dall'acromatico quindi dal grigio
- Chiarezza, brightness

spazio sempre 3D perché noi siamo organismi

tricromatici = dipende dal fatto che ci sono 3 tipi di cono quindi 3 segnali di contrasto cromatico

sistema Munsell → doppio cono approssimativo in cui ci sono tanti cartoncini con 3 dimensioni:

- Croma = saturazione
- Value = chiarezza
- Tinta

DIEDRO DI MACH

Spazi cromatici sono un modo per classificare il colore, ma la percezione del colore è più complicata perché non lo si percepisce mai in astratto ma come proprietà di qualcosa. In primis riferito alle proprietà spaziali delle superfici.

La percezione del colore dipende da come il cervello interpreta la struttura 3D della scena → come accade per la percezione del movimento globale della scena che dipende sia dai segnali locali che dalla struttura 3D della scena.

MODI DI APPARENZA DEL COLORE

Nella percezione visiva il colore può essere attributo di molte cose e non solo delle superfici.

Analisi dei diversi modi in cui un colore può apparire nella percezione visiva

- Colore di una superficie
- Superficie trasparente
- Colore che occupa un volume
- Colore che luccica
- Colore che sembra appartenere a una superficie che emette luce
- Film color = colore filmare, colore di riduzione

COLORE di riduzione → quello che vede quando fa un uguagliamento metamerico → se si guarda una luce attraverso un buco si può trovare una miscela di radiazione che equivale a un certo colore

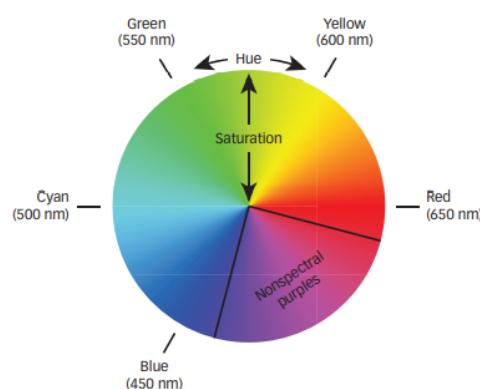


FIGURE 6.6 The Color Circle

The color circle is a two-dimensional representation of how hue and saturation interact. Hue is represented around the perimeter, whereas saturation is represented as distance from the center (along the radius of the circle). The most saturated hues are along the perimeter, and saturation decreases as one moves toward the center.

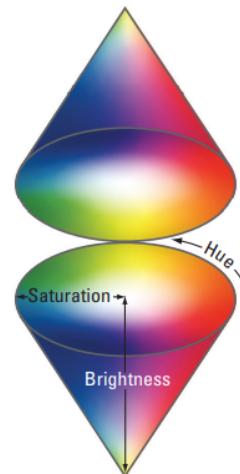
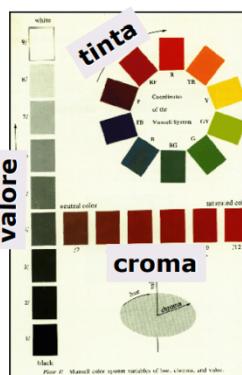
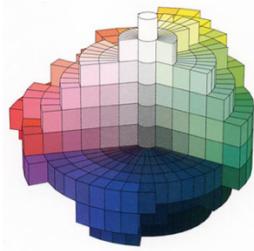


FIGURE 6.7
The Color Solid

Munsell (Value, Chroma, Hue)



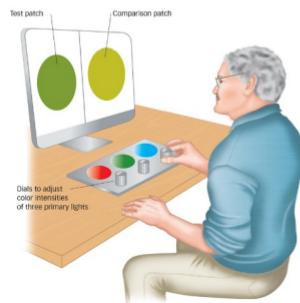
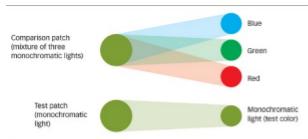
modi di apparenza del colore

**surface
film
transparent
voluminous
luster
glow**



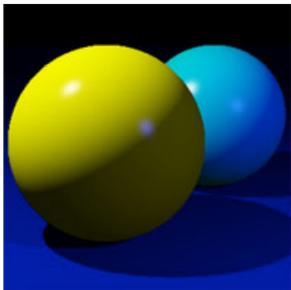
David Katz

*Die Erscheinungsweisen der Farben
(Katz, 1911)*

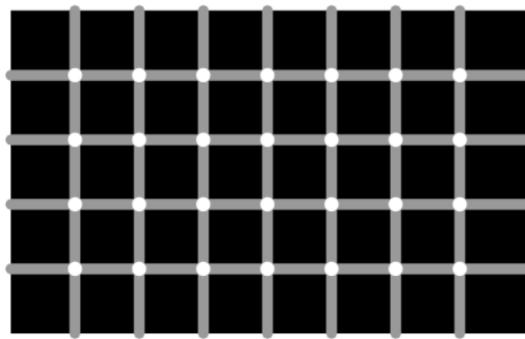


film: colore di riduzione

voluminous:
colore che
riempie un
volume

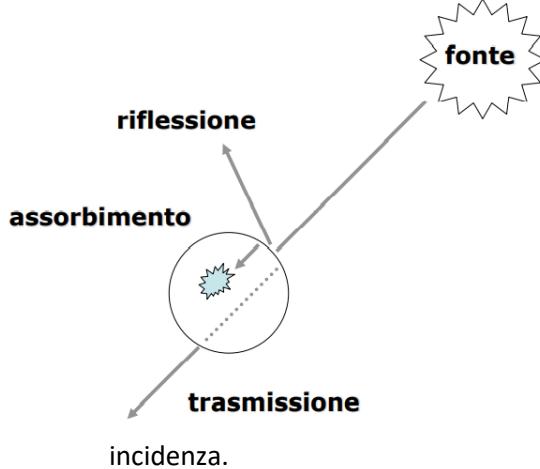


luster:
colore
riflesso



luster: luccichio

ILLUMINAZIONE E RIFLETTANZA



Come la luce interagisce con le superfici.

Un raggio luminoso che esce da una fonte di illuminazione può subire 3 destini: assorbimento, riflessione e trasmissione → può accaderne solo una o le 3 combinate insieme.

Riflettanza di una superficie è quella funzione di lambda (lunghezza d'onda) che esprime il rapporto tra luce riflessa e



**glow: colore riferito
all'illuminazione**

$$R(\lambda) = \frac{I_r(\lambda)}{I_i(\lambda)}$$

(spectral reflectance)

Luce solare è una miscela di radiazioni in tutto lo spettro visibile e a seconda della superficie che incontra, una parte è assorbita e un'altra parte è riflessa.

Spettrometro restituisce una funzione che descrive la superficie della luce riflessa in base alla luce incidente in funzione di lambda → differenze fisiche nelle proprietà del materiale

Non è semplice dire che il colore è la rappresentazione della riflettanza di una superficie perché colori che sembrano uguali dal punto di vista percettivo possono avere funzioni di riflettanza diverse.

Quando si guarda il mondo non abbiamo uno spettrofotometro nell'occhio e la luce che arriva dal mondo può essere illuminata da fonti diverse quindi è più difficile.

Semplificazione → si prende lo spazio dei colori e lo si riduce limitandosi a studiare i colori acromatici → studio superfici che vanno lungo questa dimensione

Vantaggio = colore acromatico ha una riflettanza che può essere espressa con un singolo numero.

riflettanza "acromatica"

$$R = \frac{I_r}{I_i}$$

(reflectance)

funzione psicofisica in cui il livello di grigio percepito è proporzionale al logaritmo della riflettanza

PSICOFISICA DEL COLORE ACROMATICO e la riflettanza si riduce a un singolo numero che è indipendente dalla lunghezza d'onda e questo permette di definire la luminanza che è la luce che arriva all'occhio ed è il prodotto dell'illuminazione che arriva alla superficie per la riflettanza di quella superficie.

equazione fotometrica fondamentale

$$L = R \times I$$

Equazione = relazione fondamentale che definisce le caratteristiche di intensità della luce che arriva all'occhio → versione semplificata

posto che la riflettanza non è direttamente rilevabile dall'occhio perché all'occhio arriva il prodotto, quale è la base per la percezione dei colori?

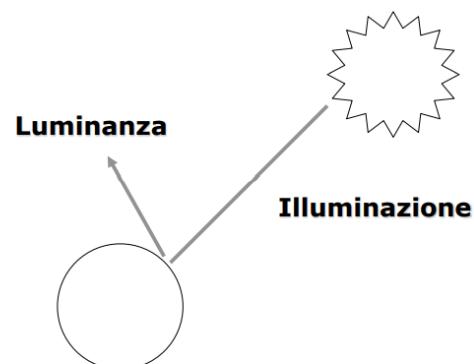
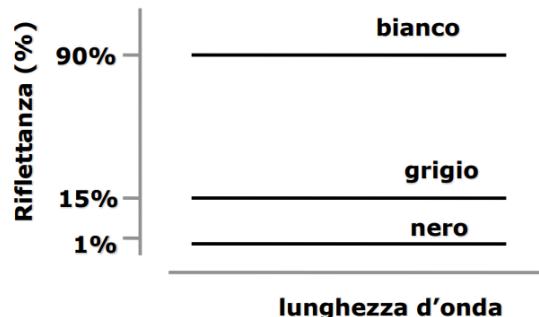
La percezione dei colori non è la rilevazione di una quantità assoluta perché il sistema visivo di basso livello è strutturato per rilevare i contrasti.

Wallach ha chiarito quale è il principio fondamentale su cui si basa la percezione del colore acromatico = RATIO PRINCIPLE = colore acromatico dipende dal rapporto di quella superficie con il suo sfondo quindi dal contrasto e non dalla sua luminanza

Paradigma per studiare come il colore di una superficie dipende dal rapporto tra luminanza di una figura e la luminanza del suo sfondo

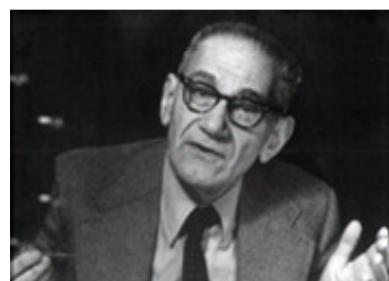
- Due configurazioni disco-anello in cui una è fissa con un certo livello di contrasto
- Standard con anello che può essere diverso dall'altro e si deve aggiustare l'anello che si può modificare finché non appare uguale a quello fisso

cartoncini "acromatici"



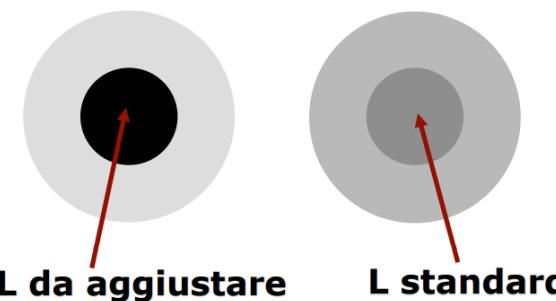
$$\text{Luminanza} = R \times I$$

3. il principio di Wallach



Hans Wallach (1905-1998)

esperimento di Wallach



- Due grigi appaiono uguali non quando hanno la stessa luminanza ma quando hanno lo stesso rapporto con il loro sfondo

= in queste condizioni si può prevedere il livello di grigio percepito se si conosce il rapporto tra figura e sfondo

**es. uguagliamento
(L in cd/mq)**



disco: 25
anello: 50



disco: 20
anello: 40

principio di Wallach (1)

la lightness non dipende dalla luminanza

ma dal rapporto fra luminanze adiacenti (in configurazioni disco/anello)

- L1 luminanza figura
- L2 luminanza sfondo

Quello che noi chiamiamo illusioni sono delle deviazioni rispetto a come di solito le cose appaiono.

La luna la vediamo bianca come conseguenza di una particolare relazione tra la figura e il suo sfondo → zona ad alta luminanza rispetto a uno sfondo a bassa luminanza tenderà a suggerire bianco su nero secondo il principio di W.

Effetto Gelb → ricercatore che l'ha descritto per la prima volta

- Cartoncino nero e proiettore che lo illumina

Contrasto simultaneo → due grigi appaiono diversi perché presentati con due sfondi diversi

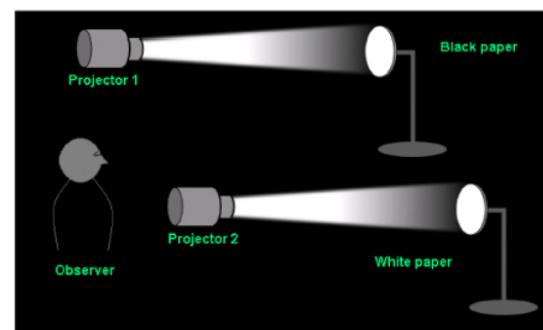
Modelli della percezione del colore cromatico cerano di descrivere come in una scena complicata con più relazioni tra gli elementi, tanti segnali locali di contrasto che il sistema visivo deve mettere insieme.

principio di Wallach (2)

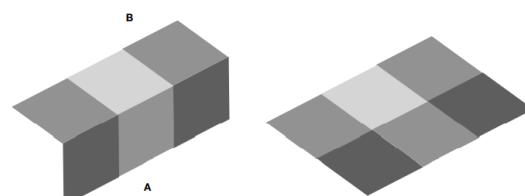
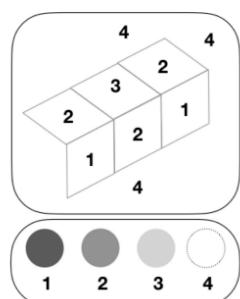
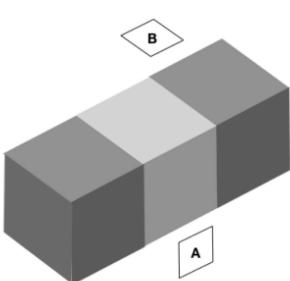
due grigi appaiono uguali se stanno in uguale rapporto con lo sfondo

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{R_1 \times I}{R_2 \times I} \\ = \frac{L_1}{L_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

effetto Gelb



il colore superficiale dipende da come è percepita la struttura 3D



Grigi non appaiono uguali quando sono in una superficie 3D rispetto a quando sono su una superficie piatta.

24/11/22

Il colore delle superfici è prima di tutto basato su dei segnali locali, ovvero quelli che codificano un contrasto a un bordo. Facendo esperimenti come quelli di Wallch si può vedere che due superfici appaiono avere lo stesso livello di grigio quando i rapporti di luminanza e sfondo sono uguali, quindi fondamentalmente quando i segnali di contrasto sono gli stessi. Si tratta di una situazione molto semplificata, poiché c'è solo il segnale locale per determinare il colore delle superfici.

È stata posta un'altra idea, simile all'integrazione dei segnali locali di movimento, ossia che i segnali locali di contrasto non vengono presi da soli o combinati in un modo semplificato, ma sembrano venire inseriti in un algoritmo sofisticato, che tiene conto di come è fatta la scena che guardiamo, nelle sue caratteristiche spaziali. Dunque, il colore non dipende solo dal colore in sé, ma anche dallo spazio.

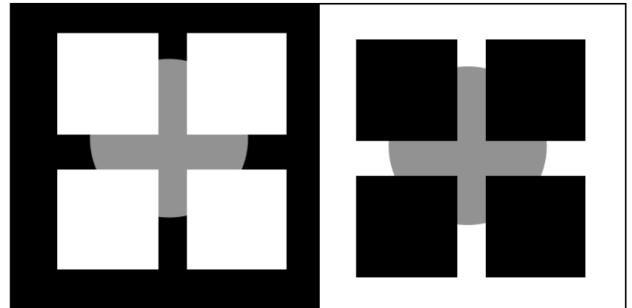
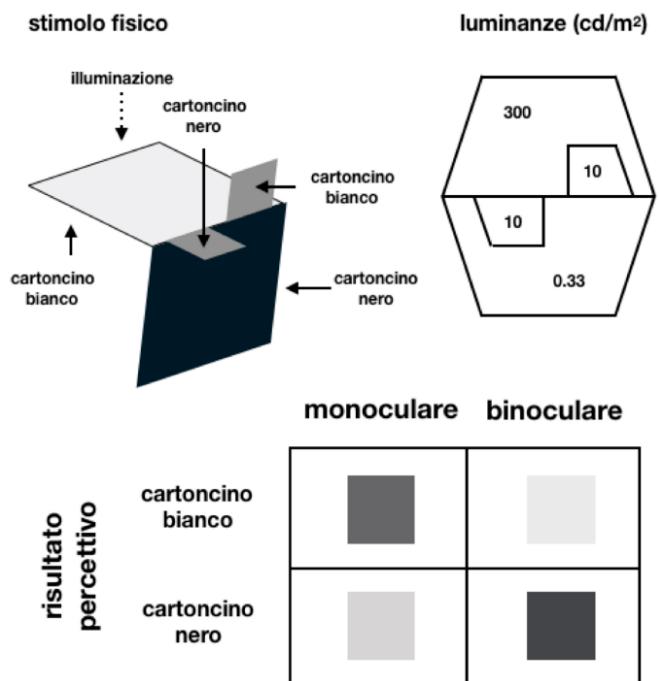
Rispetto alla figura della scacchiera con tre tipi di grigio fisici, ci interessa la percezione del colore acromatico delle superfici, che appaiono con un certo livello di grigio, le quali sono inserite in un contesto più complicato di una figura e uno sfondo, poiché quella scacchiera è circondata da sfondo, e al suo interno ha delle modulazioni della luminanza. I segnali locali di contrasto sono quattro. Gli stessi quattro segnali di contrasto sono presenti anche nella figura bidimensionale. Però, i segnali di orientazione sono diversi, e soprattutto l'interpretazione globale della scena è diversa: la prima è formata da sei superfici complanari ed è piatta, l'altra è tridimensionale e riprende la struttura del diedro. Se prendiamo la superficie A e la B e ci domandiamo se il grigio di A è uguale a quello di B, sembra che effettivamente ci sia una differenza, la quale però è molto debole. Il segnale locale di contrasto tra A e la superficie a destra di essa viene trattato in modo diverso da quello sopra A, poiché A e quella di sopra non sono sullo stesso piano, non sono complanari. Se le superfici sono complanari, è più plausibile assumere che ci sia la stessa illuminazione, mentre se non lo sono è più plausibile pensare che da una parte arrivi più luce, e dall'altra meno.

Ci sono degli studi di questo tipo di fenomeni, che hanno mostrato effetti molto più grandi di quelli che si vedono con la superficie a scacchi. In una dimostrazione fatta con una struttura tridimensionale molto semplice di cartoncini grigi, che viene illuminata in una maniera controllata. Praticamente è una scatola in cui si può guardare dentro, poiché al suo interno ci sono dei cartoncini. La cosa interessante di questa dimostrazione è che se guardiamo un cartoncino con un occhio solo, ci appare nero, mentre guardandolo con entrambi, appare bianco, invece, l'altro cartoncino appare in modo opposto. Attraverso lo spioncino si vede una configurazione formata da due rettangoli regolari piccoli, circondati, ma non completamente (poiché condividono un margine) da uno sfondo. Guardandolo con un occhio appare piatto, mentre se lo si guarda con due occhi appare tridimensionale. Ci sono due rettangoli, uno nero, quindi con una riflettanza molto bassa, e uno bianco, quindi con una riflettanza molto alta, posti a 90°, che sul nostro occhio assumono la forma di un trapezio, quindi c'è un effetto prospettico. I due quadratini sono anch'essi di colori diversi. L'illuminazione viene fatta arrivare dall'alto, e succede che lo sfondo in alto è uno sfondo che è poco illuminato, ma che essendo bianco, ha una luminanza molto alta. Invece, l'altro quadrato è nero, quindi ha una riflettanza bassa, è non essendo illuminato, ha una luminanza bassissima. Aggiustando i parametri di ciò, si possono ottenere dei pattern di contrasti locali: abbiamo due quadrati piccoli (i due bersagli) con luminanza 10, e i due sfondi, uno con luminanza che è 30 volte di più, e l'altro che è 30 volte di meno. Dunque, c'è un segnale di contrasto che è un rapporto di 30 a 1, mentre dall'altra parte c'è un segnale di

contrasto che è di 1 a 30. Sono in direzioni diverse. Tra i due sfondi c'è un segnale di contrasto enorme, che può essere da 1 a 3000 o da 3000 a 1, a seconda di come lo si guarda.

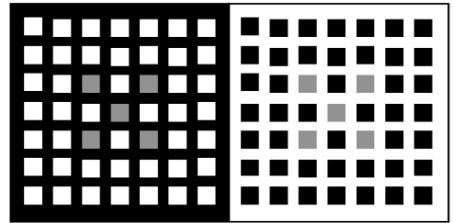
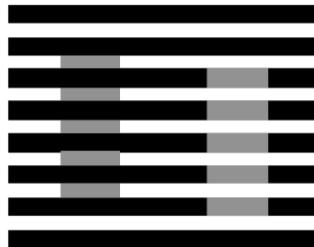
Se lo guardiamo in visione monoculare, appare piatto, e il colore del cartoncino a destra dovrebbe essere dominato dalla sua relazione con lo sfondo di sopra, quindi dovrebbe predominare il fatto che dal cartoncino allo sfondo c'è un decremento della luminanza di un fattore 30. Infatti, in visione monoculare, il cartoncino in alto appare nero. Invece, guardandolo in visione binoculare, non si vede più piatto, ma si vede in modo tridimensionale, quindi si vedono le relazioni spaziali. Il cartoncino in alto non è più complanare allo sfondo sopra, ma a quello in basso, in cui c'è un incremento della luminanza di un fattore 30, e dunque il cartoncino si vede bianco. Con l'altro cartoncino succede l'opposto sia in un caso che nell'altro. L'insieme dei contrasti locali è lo stesso, la cosa che lo fa cambiare è guardarla con uno o con due occhi, e si riesce a far diventare lo stesso cartoncino o bianco o nero in funzione della superficie complanare. Nella proiezione retinica, quello che conta non è il segnale di contrasto locale in coordinate retinotopiche, ma la superficie che è più probabile sia illuminata nella stessa maniera (complanare). Dunque, il colore acromatico di una superficie dipende dalla sua disposizione spaziale percepita.

Questo fenomeno è stato esplorato anche in altri modi, cosa che ha permesso di fare altre scoperte. Un esempio sono questi quattro quadrati posti su un disco che è su uno sfondo. La cosa importante è il colore del disco. La differenza di colore percepito tra i due dischi non è enorme. Ciò è interessante perché le due intensità di grigio sono le stesse, però appaiono diverse. Consideriamo la figura a sinistra. La zona grigia del disco non è circondata da un campo omogeneo, ma dai quattro quadrati bianchi e dallo sfondo nero. Quindi, si potrebbe pensare che in termini di contrasti locali, il grigio contrasti con il bianco. Dunque, ci si aspetterebbe che il contrasto con il bianco prevalga, il quale dovrebbe farlo apparire più scuro, mentre nella figura a destra dovrebbe prevalere quello con il nero, che quindi dovrebbe farlo apparire più chiaro. Invece ciò non succede. Non possiamo mettere insieme i contrasti locali semplicemente pesandoli con la quantità di contrasto che ha il contorno, poiché ci sono pochi pezzi in cui il disco contrasta con il nero, mentre lunghi segmenti in cui contrasta con il bianco. Se con un algoritmo calcolassimo il contrasto locale e lo pesassimo con l'estensione nello spazio, vedremmo quanto sono lunghi i segnali orientati di contrasto, e vedremmo che secondo l'algoritmo sono quelli bianchi ad essere maggiori. Dunque, se prendiamo i segnali locali di contrasto, ci aspetteremmo che quello di sinistra risulti più scuro rispetto a quello a destra. Invece accade il contrario. Ciò perché il segnale di contrasto del disco con il nero, anche se sembra essere meno importante poiché meno presente, ha un effetto maggiore. Dunque, non si può soltanto fare la somma dei contrasti locali e riferirsi alle quantità. Il sistema visivo trascura i quadrati, poiché non si trovano sullo stesso piano, non sono complanari, e quindi li considera davanti al disco.



Un altro esempio di questo effetto sono le configurazioni di White (un esempio di esse è costituito dalla figura a sinistra), in cui i due rettangoli appaiono avere un grigio diverso.

Una spiegazione di ciò deriva dal fatto che quando assegniamo un colore alle superfici, lo facciamo in funzione di un processo di organizzazione globale della scena, rispetto a cosa diventa figura e cosa sfondo. Dunque, attraverso le leggi di buona continuazione, essi si unificano e segregano rispetto agli altri. Quello che conta per

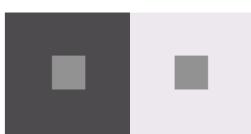


determinare il colore delle superfici, nel caso del rettangolo che appare più scuro, è il contrasto locale con le sbarre bianche, poiché quelle nere è come se fossero percepite davanti ai rettangoli. Il rettangolo a destra alcune persone dicono di vederlo trasparente, quindi come se fosse davanti a tutte le barrette, sia nere che bianche.

La figura a destra è di una professoressa di Padova, la quale ha pensato che, se il colore delle superfici dipende da processi di organizzazione percettiva, ossia da come il sistema visivo opera una segregazione, un'attribuzione dei margini, e così via, allora dovrebbe essere possibile cambiare il colore delle superfici anche in una situazione analoga a quella di un contrasto tra un quadrato grigio su sfondo bianco/nero. Dunque, ha fatto una configurazione con tanti quadratini, dove a sinistra la maggior parte sono bianchi, mentre a destra sono neri. I quadratini grigi sono uguali tra le figure, ma appaiono diversi, e quelli a destra sembrano più chiari. Ciò quindi è nella direzione opposta a quello che ci aspetteremmo, poiché dato che quello di sinistra è completamente circondato dal nero, dovrebbe risultare più chiaro di quello totalmente circondato dal bianco, invece succede l'opposto. Ciò sembra dipendere da un puro processo di unificazione-segregazione, tutti i quadrati formano una matrice regolare, quindi diventano un'unità, le quali vengono interpretate come figure rispetto allo sfondo nero e a quello bianco. Dunque, dato che c'è questa relazione di appartenenza, i quadratini grigi a destra vengono visti un po' più in rapporto al nero, mentre quelli a sinistra un po' più rispetto al bianco. Dunque, i processi di organizzazione tramite unificazione-segregazione sembrano spiegare questi tipo di effetti, che di conseguenza non possono essere spiegati dai soli segnali locali.

contrasto simultaneo

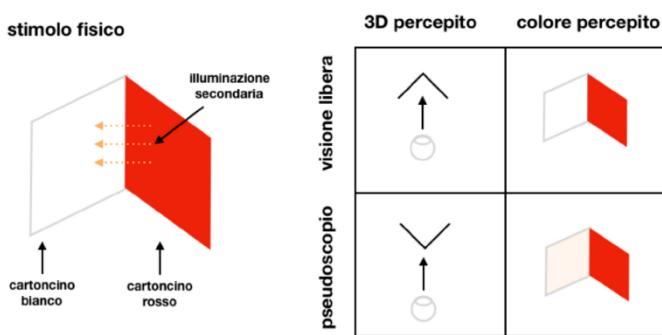
Questo struttura acromatico, al formano un angolo



ragionamento, ossia il fatto che il colore dipende dalla tridimensionale, è stato esteso anche, oltre al colore colore vero e proprio. Consideriamo due superfici che che punta nella direzione opposta a quella dell'osservatore, dove una delle due è rossa e l'altra bianca. La manipolazione consiste nel tipo di informazione tridimensionale. In visione libera, quindi guardando con due occhi, si percepisce la struttura tridimensionale. Se l'illuminazione è comune tra le due superfici, quando formano un angolo di 90°, da quella rossa viene riflessa una componente di raggi che sono a lunghezza d'onda lunga, e quella che si ha è una specie di illuminazione secondaria. Ciò succede perché su queste due superfici arrivano insieme i raggi luminosi, e poi dalla superficie rossa parte un'illuminazione secondaria che arriva all'altra parete, creando una velatura rossa. Però, il sistema percettivo è così ben tarato nell'usare le informazioni sulla tridimensionalità, che è capace di togliere quell'illuminazione secondaria da cui deriva la velatura rosata, che appunto non è il risultato del fatto che quella superficie è rosa, ma di un'illuminazione secondaria. Dunque, in visione libera il risultato è che la parete di sinistra appare comunque bianca. Invece, se guardiamo questo stimolo attraverso lo pseudoscopio, che inverte l'input dell'occhio sinistro con quello dell'occhio destro e viceversa, dunque inverte i segni delle disparità. Dato che i segni delle disparità sono invertiti e che non ci sono altre

informazioni, sembra che l'angolo venga in fuori verso l'osservatore. In queste condizioni, dato che la tridimensionalità viene vista dall'alto e che la figura sembra essere illuminata dall'alto, la parete prende il colore rosa, poiché per il sistema visivo non ha senso pensare che la superficie rifletta un'illuminazione secondaria all'altra, poiché la figura punta in un'altra direzione. Dunque, se il sistema visivo pensa che quel rosa non è dovuto ad un'illuminazione secondaria, vuol dire che appartiene alla superficie, e quindi la parete appare rosa.

La stabilità



non c'è solo un cambiamento spettrale, ma anche di intensità. Inoltre, in modo ancora più evidente, cambiano quando si passa da un ambiente all'altro, ad esempio, se ci spostiamo dalla savana alla foresta, in essa arriva meno illuminazione solare, e quella che arriva lo fa attraverso riflessioni multiple tra le foglie, e dunque tutte queste illuminazioni secondarie donano la tinta verde alle foglie. Inoltre, le caratteristiche spaziali in due dimensioni delle rappresentazioni in coordinate retinotopiche, cambiano con il cambiamento delle relazioni spaziali fra il punto di vista e l'oggetto osservato. Tutti questi continui cambiamenti a cui è soggetto l'input che vediamo in coordinate retinotopiche, quindi a basso livello, al livello intermedio di descrizione visiva vengono annullati e combinati in una rappresentazione che è estremamente stabile. Ad esempio, il colore delle superfici può cambiare con la luce, infatti il processo di stabilizzazione dei colori può essere alterato quando abbiamo una fonte di luce diversa dal sole, la quale è quella per cui siamo adattati.

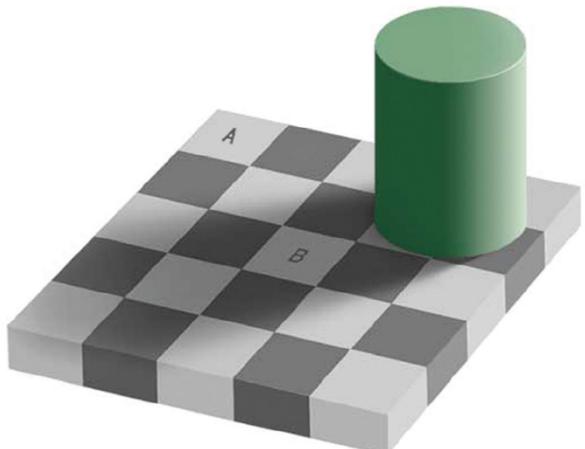
Questa stabilizzazione del mondo viene spesso

chiamata "costanza percettiva", e di essa ci sono vari tipi, ad esempio la costanza del colore.

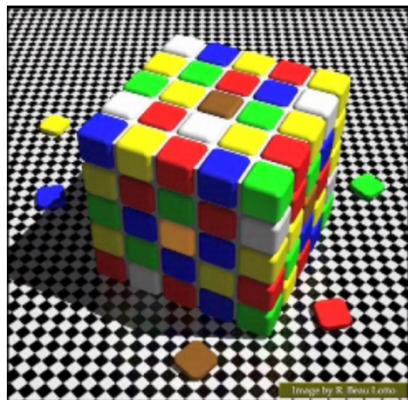
Una dimostrazione di costanza del colore è nell'immagine, dove il quadrato B è sotto un'illuminazione diversa da quella su A, poiché su di esso c'è un'ombra, e ciò significa che la zona A è illuminata. Il fatto che A e B sembrino dello stesso colore deriva proprio dalle costanze percettive, dalla costanza superficiale del colore, poiché in realtà la luminanza di B è molto minore di quella di A. Dunque, il cervello tiene conto delle differenze di illuminazione, e ciò è proprio la manifestazione delle costanze percettive. Il colore non dipende dal materiale con cui è fatto un oggetto, ma dipende da come il cervello combina insieme le informazioni di contrasto che ha. Esse vengono combinate insieme in modo diverso a seconda di come esso ritiene l'illuminazione, se più bassa o più alta.

La rappresentazione che si ottiene è stabile. Quando pensiamo alla codifica degli stimoli in coordinate retinotopiche, esse sono instabili, poiché cambiano continuamente le condizioni delle loro rilevazioni. Se siamo in un ambiente naturale, cambiano le condizioni di illuminazione, ad esempio rispetto al fatto che il sole si sposta nel cielo, oppure al fatto che possono arrivare delle nuvole, le quali riducono drasticamente l'intensità, dunque

costanza del colore acromatico superficiale



costanza del colore superficiale

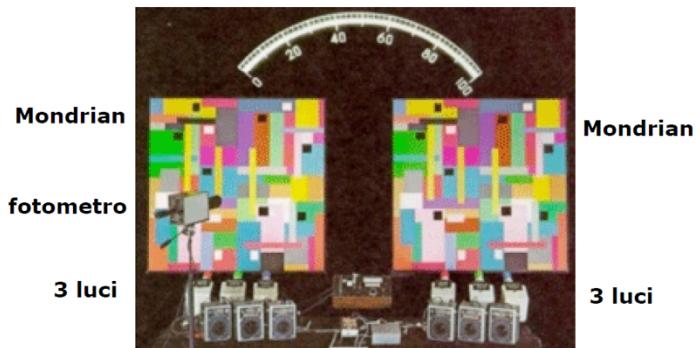


Il colore dipende dal contesto e da come la struttura tridimensionale viene messa in relazione con l'illuminazione. Se prendiamo una scacchiera tridimensionale colorata, possiamo avere due zone che non solo sono identiche per intensità della luce, ma anche composizione spettrale della luce. Il cervello, a causa della tridimensionalità, tiene conto del fatto che una zona è più illuminata dell'altra.

I modelli su come il cervello riesce a produrre questa stabilizzazione, a compensare per le differenze di illuminazione quando decide di che colore è superficie, sono modelli computazionali molto sofisticati della costanza del colore, e le idee

fondamentali alla loro base derivano dal contributo di Land. Egli era un inventore, e ha inventato la fotocamera istantanea, la quale è stata un'innovazione per la fotografia. Inoltre, ha inventato anche la fotografia a colori. Egli era molto interessato alla percezione del colore, e infatti ha sviluppato un modello che prevede il fatto che il colore rimane costante al variare delle condizioni di illuminazione. Egli ha inventato un tipo di stimolo, che si usa ancora oggi quando si fanno studi computazionali del colore cromatico, basato su delle immagini che riprendono i quadri di Mondrian. Ha usato degli stimoli che hanno superfici di colore diverso, per capire come gli effetti del contesto consentono al sistema visivo di ottenere la stabilizzazione del colore quando vengono cambiate le condizioni di illuminazione. Dunque, egli usava tre luci con un filtro diverso, alcune a frequenze corte, altre lunghe, e altre medie, che potevano essere regolate aumentando la potenza della parte corta, lunga o media delle lunghezze d'onda. Queste tre luci producono un'illuminazione che è una miscela, la quale è un'approssimazione della luce solare. Esse arrivano su delle superfici, ossia dei cartoncini, ognuno con la sua riflettanza. Dunque, la luce arriva sul cartoncino e rimbalza indietro. Con un fotometro si può misurare qual è la luce che torna indietro. Inoltre, una volta capito qual è la luce che arriva all'occhio potenziale del soggetto, si possono fare delle previsioni per capire quale colore vedrà la persona. Facendo degli esperimenti di questo tipo si può capire una cosa fondamentale, ossia che il colore della superficie è del tutto indipendente dalla luce che arriva da quella superficie, infatti leggendo solo dal fotometro qual è l'intensità della composizione spettrale della luce che arriva da una certa zona, non si può prevedere di che colore sarà. Invece, per prevederlo si deve tenere conto di come la superficie sta in relazione con tutte le altre.

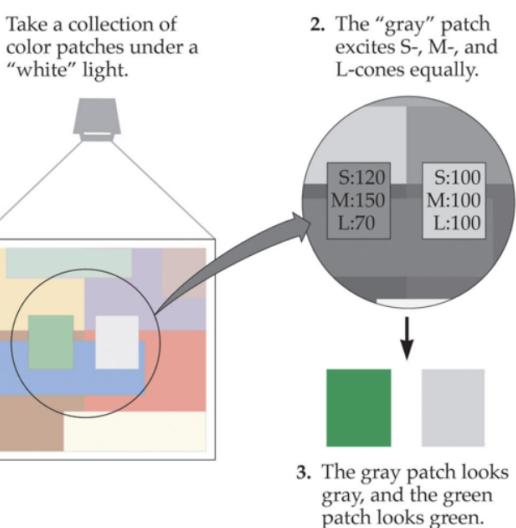
esperimenti con i Mondrian



Nell'esperimento ci sono due zone di cui ci interessa valutare il colore. Se illuminiamo le superfici con una certa miscela, ad esempio con una luce bianca, misurando con il fotometro e sapendo qual è la risposta spettrale dei coni, è possibile fare una stima di qual è il livello di attivazione che si avrà nei tre tipi di cono. La luce bianca può essere regolata fino a quando una delle superfici (quadrato a destra) attiva i tre tipi di cono in modo uguale. Però, se si illumina l'altra superficie (quadrato di sinistra) con la stessa illuminazione, dato che la riflettanza è diversa, ciò non provoca la stessa attivazione dei coni, infatti c'è più attivazione di coni medi e di quelli corti rispetto a quelli lunghi. Quindi, abbiamo due superfici che riflettono all'occhio e producono una risposta dei coni di natura diversa, e quello che si vede sono che le due superfici hanno colore diverso, una appare acromatica e l'altra verde. La diversa attivazione quindi è causata dalla diversa qualità della luce, e il risultato sono due colori diversi.

Vediamo che succede cambiando la natura dell'illuminante. Mettendo una luce più virata verso la parte lunga dello spettro, si può vedere che è la luce del secondo target che eccita i coni in modo uguale, mentre l'altro no, poiché dato che l'illuminante è più virato verso il rosso, esso eccita soprattutto i coni più sensibili alla parte lunga dello spettro. Dunque, dato che è stato scambiato quale dei due stimoli eccita i coni nella stessa maniera, ci dovremmo aspettare che adesso quello che appare grigio è quello a sinistra e quello che appare verde è a destra. Invece, ciò non succede poiché i colori rimangono invariati. Ciò deriva dalla costanza del colore superficiale: quindi anche cambiando l'illuminazione e di conseguenza la natura dello stimolo locale, cosa che non fa più eccitare i coni nella stessa maniera, si vede comunque che i colori rimangono gli stessi.

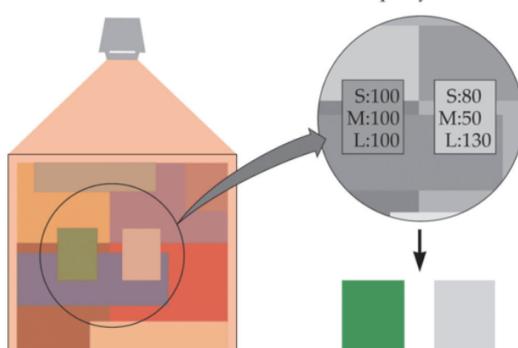
Land ha chiamato il suo modello retinex, poiché ciò non accade al livello dei coni, ma nella proiezione della retina. I tre coni funzionano come tre canali indipendenti, e in ognuno dei tre canali indipendenti, vengono elaborati dei segnali di contrasto, ossia il rapporto di eccitazione all'interno di ognuno dei



SENSATION AND PERCEPTION, Figure 5.18 (Part 1) © 2006 Sinauer Associates, Inc.

4. Change the illuminant to a reddish light.

5. Now, what was the "green" patch excites S-, M-, and L-cones equally.



SENSATION AND PERCEPTION, Figure 5.18 (Part 2) © 2006 Sinauer Associates, Inc.

tipi di cono, come se ci fossero tre immagini prese da tre sensori con sensibilità spettrale un po' diversa tra loro, però queste immagini sono monocromatiche, sono solo livelli di grigio diversi dove ci sono segnali di contrasto. Dunque, questa è la stessa idea del principio di Wallach, ossia il fatto che in prima battuta il colore dipende dal segnale locale del contrasto, però in questo caso aggiungiamo che dipende dal segnale di contrasto nei tre canali indipendenti, ossia i coni. Quindi, per ogni superficie, rispetto allo sfondo, ci sono tre segnali di contrasto e non uno solo. Questa superficie è all'interno di un contesto in cui ci sono altre superfici, quindi altre triplettine, e in un Mondrian si può immaginare che avvenga

un processo di integrazione spaziale, in cui i segnali di contrasto, rispetto allo spazio, vengono messi tutti insieme in modo tale che, quando l'illuminazione cambia, cambiano tutte le luminanze locali, le eccitazioni dei coni, mentre questi segnali di contrasto alla fine rimangono stabili, hanno delle

caratteristiche invarianti. Ciò funziona bene con un Mondrian che è un oggetto bidimensionale, ma il colore dipende anche dall'organizzazione in tre dimensioni, e infatti nel caso delle figure tridimensionali la cosa si complica un po'.

di che colori è?



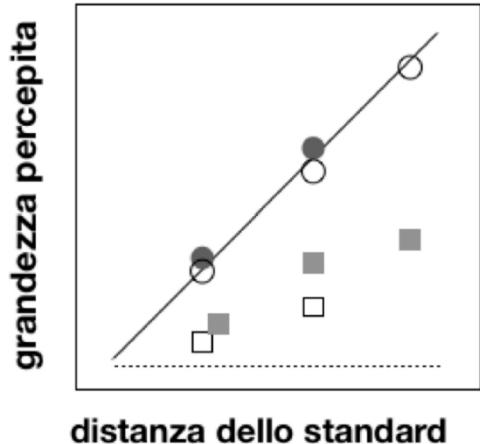
- a) blu e marrone
- b) bianco e oro
- c) blu e nero
- d) nero e bianco

Il cervello tende a concludere che il colore è di un tipo o di un altro. Quindi, la componente top-down fa un qualche tipo di assunzione sull'illuminazione, cosa che altera il colore fisico della superficie.

Un altro aspetto della stabilizzazione che il cervello fa sul mondo è che cambiando il punto di vista sull'oggetto, questo oggetto subisce trasformazioni in coordinate retinotopiche, ad esempio avvicinando una moneta agli occhi, la proiezione di essa si espande, oppure, se invece di avvicinarla la si ruota, la proiezione si distorce assumendo l'aspetto di un'ellisse. Però, comunque noi riconosciamo che si tratta sempre di una moneta, questo grazie alla costanza di forma e di grandezza.

La costanza della forma e quella di grandezza dipendono dall'informazione spaziale. Siamo tanto più bravi a mantenere costanti forma e grandezza, quanto più abbiamo informazioni su dove gli oggetti si collocano in tre dimensioni. Boring, in un esperimento, ha fatto una manipolazione che ha fatto con il fatto di guardare un disco in un corridoio. Questo disco poteva essere più o meno vicino e più o meno grande, dunque in questo modo sulla retina il disco occupa lo stesso spazio. In questo modo si può analizzare la costanza di grandezza, e valutare quali sono le condizioni che consentono al cervello di arrivare ad una grandezza costante. Se lo si guarda in visione binoculare, le

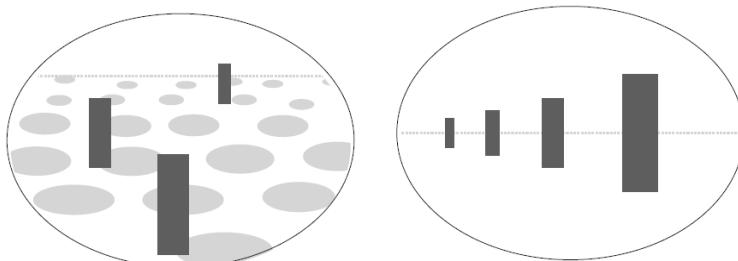
disparità retiniche sono informazioni molto importanti sulla distribuzione nello spazio di una superficie. Ci sono anche condizioni di osservazione monoculari. Si tratta di una funzione psicofisica, in cui la grandezza percepita è in funzione della distanza. Dato che più è lontano più è grande, l'immagine sulla retina è sempre costante, e dunque indipendentemente dalla costanza. I dati relativi al guardare con un solo occhio sono molto vicini alla retta tratteggiata. Quando invece vediamo in visione binoculare si vede che più è distante il disco, più grande viene giudicato, il soggetto riesce ad apprezzare che è un disco più grande, ma più lontano, ciò non in base a qualcosa che si avvicina all'angolo visivo. Dunque, si vede la grandezza del disco, e ciò significa che riesce a compensare il fatto che si colloca a distanze diverse. Però, il dato sulla retta obliqua è coerente con un processo di costanza di grandezza, ossia che compensa il fatto che più è distante e più si riduce. Però, quando vengono tolte le disparità binoculari, non si ottiene esattamente questa previsione, poiché in una qualche maniera il cervello cerca sempre di compensare il fatto che cambia la distanza, anche in assenza di visione binoculare, infatti essa è importante per certi aspetti della percezione dello spazio, ma non è l'unica cosa necessaria.



Dunque, l'idea è che ci sono dei segnali di contrasto che vanno messi tutti insieme, e a seconda di come vengono messi insieme si possono ottenere dei colori piuttosto che altri.

Un esempio di questo fenomeno è il vestito oro e bianco/nero, i cui veri colori sono blu e nero, ma verso cui ci sono opinioni diverse su quale sia effettivamente il colore. L'ipotesi più accreditata sul perché ciò succede è che si tratta di una figura ambigua nel senso della relazione fra l'oggetto e l'illuminazione. È un'immagine un po' decontestualizzata. A seconda di come si pensa che dovrebbe essere l'illuminazione, il

Dagli indici pittorici della disposizione degli oggetti nello spazio, vediamo che alcuni rettangoli sono più grandi e altri più piccoli, altri più vicini e altri più lontani. Però, rispetto a come queste informazioni vengono messe insieme, le figure hanno delle relazioni con il terreno, il rettangolo più vicino interseca due cerchi. Ciò vuol dire che c'è un aspetto di relazione tra gli elementi dati nell'assetto ottico monoculare, che rimangono stabili e costanti, dunque si tratta di una proprietà invariante delle relazioni spaziali, che si può legare alla proprietà invariante delle superfici. Dunque, per avere la costanza di grandezza, non è necessaria la visione binoculare, ma basta basarsi sulle proprietà invarianti, e questo infatti si vede dal fatto che anche con un solo occhio si ottiene la costanza.

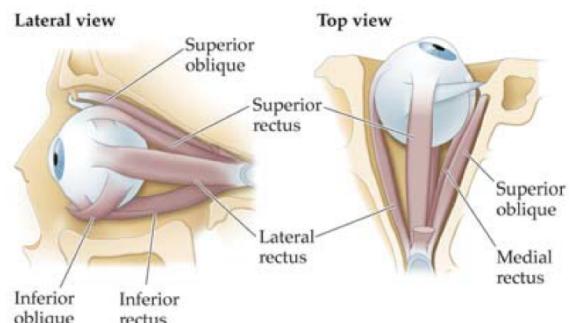


Nella figura a destra ci sono dei rettangoli che via via si allontanano dal punto di vista. Dunque, i rettangoli dati nell'assetto ottico, diventano sempre più piccoli in funzione della distanza, sono messi in prospettiva. Però, comunque noi sappiamo che sono della stessa dimensione. Il fatto di vedere la dimensione costante, si riflette nel fatto che nell'assetto ottico il rapporto con l'orizzonte è sempre lo stesso, infatti ognuno dei rettangoli neri interseca l'orizzonte circa a metà, dunque c'è una relazione che rimane costante indipendentemente dalle differenze.

Un aspetto generale di questa stabilità del mondo percepito è la costanza di direzione, ossia il fatto che se vediamo che qualcosa proviene da una determinata direzione nel mondo, indipendentemente da come ci muoviamo o muoviamo gli occhi, continueremo a vedere che deriva da quella direzione. Dunque, si tratta di una stabilizzazione, poiché quando muoviamo gli occhi, tutto si sposta. Ciò succede perché la percezione visiva è intimamente legata al movimento oculare. Ci sono tanti movimenti oculari che sono resi possibili dal lavoro di sei muscoli, i quali consentono ai nostri occhi di ruotare lungo la direzione orizzontale, verticale, e anche in una specie di semicerchio. Anche quando fissiamo un oggetto, l'occhio comunque non è fermo, ma ha una specie di microtremore. Dunque, l'immagine si muove sempre, la dimensione temporale c'è sempre nello stimolo visivo.

Ci sono vari movimenti oculari:

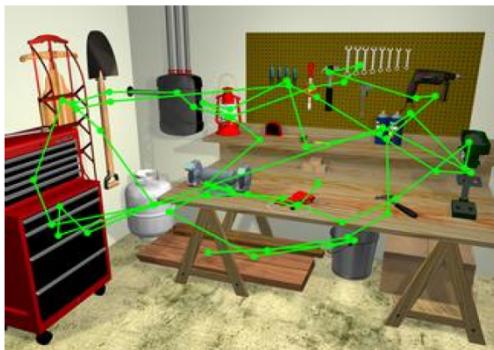
- il riflesso vestibolo-oculare, che è quel movimento involontario che facciamo quando vogliamo fissare qualcosa e teniamo ferma la testa. Esso coinvolge il segnale vestibolare, che si ha rispetto alla rotazione nello spazio, e il movimento degli occhi che compensa ciò mantenendo la fissazione;
- il movimento di inseguimento lento, che si ha quando un oggetto si muove e noi lo fissiamo. In questo caso gli occhi si muovono lentamente per mantenerlo sulle fovee;
- il movimento di convergenza, che è una sorta di inseguimento lento, in cui gli occhi convergono o divergono, rispetto a se l'oggetto si avvicina o si allontana, in modo da tenerlo in fovea;



Tutti questi movimenti sono caratterizzati dal fatto che sono lenti;

- invece, i movimenti saccadici sono rapidissimi, si tratta di cambi di posizione nell'occhio che avvengono su una scala temporale di millisecondi. Essi vengono fatti quando guardiamo qualcosa. L'occhio fissa una certa porzione della scena e poi esegue un salto rapidissimo in un'altra posizione, in modo da avere la rappresentazione di tutta la scena.

movimenti saccadici



Quando eseguiamo un riflesso vestibolo-oculare, oppure un movimento di inseguimento dove l'oggetto trasla nel campo visivo e noi lo seguiamo, o anche quelli di convergenza e divergenza, ciò che accade è che manteniamo sulla fovea un qualche elemento che si trova nel campo visivo, mentre tutto il resto del campo visivo si sposta. Si tratta della parallasse di movimento. Questo tipo di cambiamento produce un segnale di movimento sulla retina, che viene registrato, infatti viene usato dalla parallasse per capire le distanze tra oggetti, però viene stabilizzato sulla retina. Ciò vale anche per i movimenti saccadici, rispetto ai quali, ogni volta che l'occhio esegue un movimento di questo tipo, sulla retina cambiano tutte le coordinate retinotopiche, dunque tutto si sposta. Dunque, dato che tutto si sposta, come è possibile che il mondo rimanga comunque stabile?

29/11/2022

VISIONE INTERMEDIA: LA STABILITÀ

Nonostante gli occhi si muovano continuamente, il mondo appare stabile.

concetto che viene dalla cibernetica → si occupa del controllo dei movimenti negli organismi e nelle macchine

per guidare un movimento si deve fare una trasformazione sensori-motoria = acquisire info tramite un sistema percettivo e a partire da queste si mandano dei segnali per produrre output motori che spesso sono concettualizzati come un insieme di movimenti organizzati in modo sofisticato = azione

2 flussi di info:

1. Afferenti = segnali sensoriali che vanno in corteccia
2. Efferenti = dal centro alla periferia

due strategie

esistono 2 strategie per la guida percettiva di un'azione:

a circuito chiuso

basata sul controllo on-line
usa il feedback sensoriale
poco costosa ma lenta

a circuito aperto

richiede pianificazione
movimento balistico
veloce ma costosa

Due strategie per guidare un movimento:

1. Circuito chiuso (close loop) → controllo del movimento, in questo modo, significa chiudere il circuito del ciclo percezione-azione = ci si muove e poi si controlla lo stato della situazione e si continua a farlo finché il movimento non è concluso = si basa unicamente sul segnale afferente e

trasformazione senso-motoria

processo psicologico che produce output motori a partire da input sensoriali

output = movimenti

che costituiscono azioni (insiemi di movimenti coordinati, volti a uno scopo)

due flussi di informazione

afferente

dai muscoli (propriocezione e cinestesia) verso la corteccia
dalla retina (visione) verso la corteccia

efferente

nell'altra direzione

- quindi il controllo motorio avviene online durante il movimento, si basa sul feedback sensoriale (segnale afferente) → vantaggio è che è poco costosa dal pdv cognitivo
2. Circuito aperto (open loop) → guidare il movimento a circuito aperto significa acquisire info prima di muoversi che serve per settare i parametri del movimento = pre-programmare il movimento, dopo movimento avviene in modo balistico quindi senza ulteriore modifica durante il suo svolgimento, una volta che è partito non si può modificare → vantaggio è che il movimento può essere eseguito velocemente perché non si deve controllare niente durante la sua esecuzione ma servono molte energie prima per programmare

Apprendimento motorio → fase iniziale in cui si imparano le diverse componenti dell'azione e si imparano ad eseguire a circuito chiuso, all'inizio si deve prestare attenzione a tutti i movimenti e si deve monitorare il segnale afferente, gradualmente quando le azioni si automatizzano si riescono sempre di più a fare a circuito aperto.

Dal pdv visivo significa che se si esegue azione a circuito aperto si hanno gli occhi chiusi

Se si controllassero i movimenti solo a circuito chiuso non si potrebbero automatizzare i movimenti e rispondere in modo rapido

Idea che il movimento non è basato solo sul segnale afferente ma richiede dei modelli interni = PROGRAMMA MOTORIO = rappresentazione astratta che si crea prima di iniziare a muoversi e che contiene tutte le info necessarie per eseguire il movimento senza avere un feedback

PRIMA PROVA

Ricerca di Woodworth che nella sua tesi di dottorato pubblicata nel 1899 e che contiene una teoria sul controllo del movimento corretta.

Usava un chimografo = rullo fatto ruotare da un motore in modo costante e sul quale c'è un braccio con un pennino → spostamento del foglio di carta mosso dal rullo rappresenta il tempo. Sul foglio si registra altra dimensione, quella ortogonale al movimento.

Con questo poteva avere info su come viene eseguito il movimento → lascia sul foglio una traccia di come il movimento ortogonale alla rotazione del rullo avviene sia nello spazio che nel tempo.

Chiedeva ai partecipanti di partire da una posizione e andare verso una posizione bersaglio, tipo raggiungimento, e chiedeva di usare la posizione ricordata precedentemente come bersaglio per il movimento successivo → così vedeva se in funzione del tempo il movimento e anche l'errore rispetto al bersaglio.

problema

**un ciclo di feedback visivo
richiede circa 150-200 ms**

**un ciclo di feedback
propriocettivo, circa 80 ms**

**sarebbe impossibile svolgere
azioni molto veloci**

concetto di "programma" motorio

rappresentazione astratta

creata prima di iniziare a muoversi

**contenente informazioni sulle
caratteristiche invarianti del movimento
ordine
struttura temporale (tempi relativi)
forze relative**

grafico in cui c'è il tempo di movimento che può essere rapido o lento → non controllato perché dipende dal soggetto

in funzione di questo plottava l'errore medio = differenza tra bersaglio e punto di arrivo

- Con occhi chiusi errore medio è elevato ma più o meno sempre lo stesso quindi indipendente dalla velocità del movimento → sempre errore grande ma sempre uguale
- Occhi aperti succede che per un periodo iniziale l'errore non cambia di molto ed è simile a quello che si fa ad occhi chiusi, dopo all'aumentare del tempo del movimento più errore si riduce
- Le due curve divergono e questo W lo interpreta come conseguenza del fatto che quando si muove la mano si usano entrambe le strategie di controllo = parte iniziale del movimento in cui non c'è feedback visivo c'è errore grande, dopo più il movimento è lento si possono fare più cicli di verifica quindi errore si riduce
- Suggerisce che quando si guida un movimento c'è un trade-off tra componente a circuito aperto e una a circuito chiuso
- Impulso iniziale = pre-programmato
- Controllo corrente = controllo durante esecuzione del movimento
- Chiamati così da W

Modello di Jeanneroad

Nella presa di precisione la mano inizia a muoversi e arriva molto rapidamente vicino all'oggetto e facendo questo le dita si aprono tanto, molto di più del necessario, dopo questa fase iniziale rapida del movimento, c'è un momento cruciale di transizione in cui le dita raggiungono la massima apertura e la fase di trasporto della mano raggiunge un picco, dopo tutto rallenta quando la mano è vicina all'oggetto. In questo fase si può eseguire un controllo online

Compromesso migliore tra vantaggi delle due strategie → si arriva all'oggetto rapidamente senza avere bisognod i calcolare in modo preciso come andranno mosse le dita durante afferramento, basta idea approssimativa della direzione in cui si deve andare e idea generale della dimensione dell'oggetto, apertura maggiore ma comunque proporzionale alla grandezza dell'oggetto → non serve pre-programmazione precisa ma nella fase finale si deve sempre programmare una fase di chiusura.

Grafico in cui è rappresentata apertura delle dita in funzione del diametro di un oggetto

- Stima manuale → guardare oggetto e ci si fa un'idea di quanto è grande e poi riprodurlo con apertura delle dita

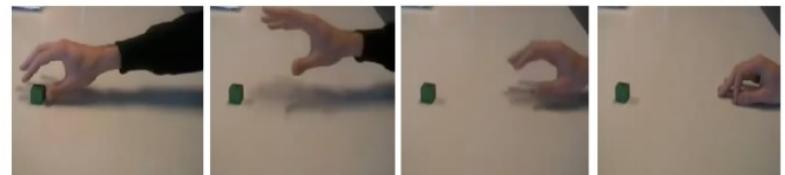
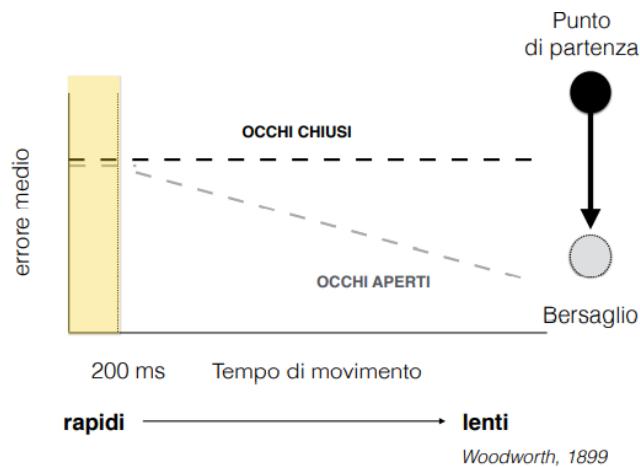
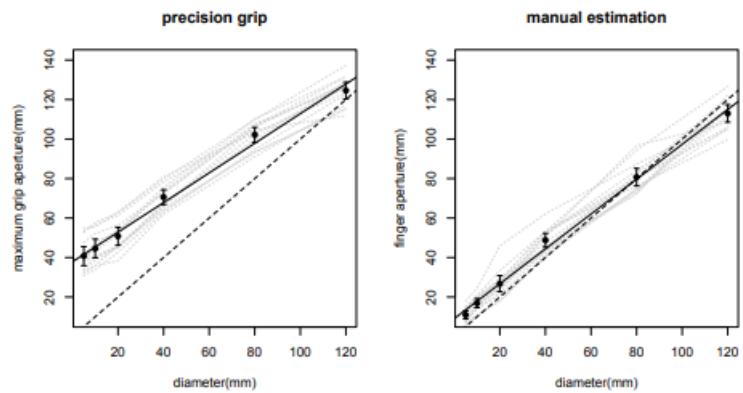


Figura 1.5. Raggiungimento e prensione nella presa di precisione. La mano si solleva durante lo spostamento e le dita si aprono, raggiungendo il punto di massima apertura poco dopo la prima metà del movimento. Sia l'ampiezza della massima apertura sia la durata delle fasi precedente e successiva alla massima apertura dipendono dalle caratteristiche dell'oggetto.



- Nel caso dell'azione si riferisce all'apertura massima delle dita durante il movimento, studio della cinematica del movimento → grafico sx
- Grafico dx aperture riportate dal soggetto
- Due compiti diversi
- Confronto tra rappre grandezza usata dal sistema motorio e quella usata per produrre rappre cosciente → differenza
- Nel match cross-modale, dx, si vede stima apertura mano per oggetti di diversa grandezza
- Massima apertura delle dita è sistematicamente più grande rispetto alla grandezza dell'oggetto → aprire di più consente di non programmare in modo troppo preciso prima di eseguire il movimento ma poi aggiustare quando si è vicino all'oggetto → più l'oggetto è grande meno si può aprire la mano perché è già apertura massima → massima apertura delle dita è proporzionale all'oggetto ma con anche un margine di sicurezza

DEAFFERENTAZIONE SOMATOSENSORIALE

Studi di lesione con modello animale per vedere se movimento è possibile anche senza afferenza sensoriale → scimmia deafferentata si comportava come se fosse paralizzata, usavano solo la mano buona, quindi, sembrava che il feedback fosse indispensabile per muoversi.

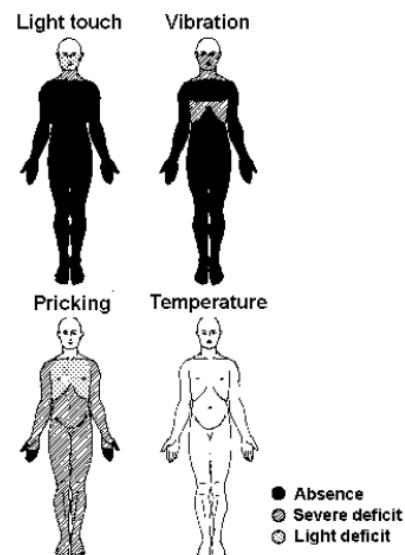
Se si fa deafferentazione da entrambe le parti, la scimmia muove entrambe le mani = dato precedente aveva un problema perché se c'è un braccio che funziona male si muove l'altro. Se tutti e due funzionano male, si devono per forza usare.

Nell'uomo uno dei modi per produrre temporanea interruzione afferenze è quella di bloccare circolazione sanguigna. Esistono pazienti che hanno una deafferentazione somatosensoriale = neuropatie periferiche che danneggiano le radici dorsali → paziente G.L. sta in sedia a rotelle perché non riescono a camminare, uso della mano ma con continuo monitoraggio visivo.

A seconda della soglia ci può essere:

- Totale assenza afferenze
- Deficit severo
- Deficit leggero
- Tocco leggero con es piuma non sente da nessuna parte tranne nella parte superiore
- Percezione della temperatura normale → passa da fibre nervose diverse
- Non in grado di coordinare info visive con vestibolari e muscolari per controllare la postura → difficile camminare perché ci si deve basare solamente sulla visione mentre i riflessi legati alla postura non ci sono

PATIENTE G.L.



Paziente si è prestata ad essere studiata ed alcuni esperimenti sono la prova che nell'uomo ci sono modelli interni di movimento e che si possono usare per guidare il movimento in modo feedforward quindi senza afferenza sensoriale

Esperimenti basati su un paradigma spesso usato per studiare capacità di modificare movimento durante la sua esecuzione = paradigma del doppio passo/gradino = double step

- Eseguire risposta motoria verso bersaglio e quando ci si inizia a muovere il bersaglio può cambiare posizione quindi serve correggere movimento iniziato
- Schermo con punto di partenza su cui si mette il dito
- Compare bersaglio e quando compare si deve eseguire un pointing
- Quando inizia il movimento il bersaglio si sposta
- Si deve quindi correggere il movimento per mettere comunque il dito sul bersaglio
- Nel fare questo esperimento viene manipolata la visibilità della mano → visione mano nella fase iniziale, ma quando inizia il movimento la mano non si vede più anche se si vede il bersaglio
- Si vede che il bersaglio si sposta e si deve correggere il movimento senza vederla, la si deve solo sentire
- Domanda: come si comporta GL
- Quando non vede mano non sa dove è quindi aspettativa sarebbe che abbia difficoltà nel compito ma i dati dicono diversamente
- Numeri in x = posizione bersaglio e le prime 3 sono di bersaglio che non cambia
- Y = posizione finale della mano
- Grafico controlli = persone prendono il bersaglio quando è fermo. Quando si muove sono comunque medie vicine al bersaglio → più accurati se correzione la si deve fare continuando ad andare in avanti rispetto a quando si deve andare indietro
- GL → indistinguibili da quelli del campione normativo con unica differenza che le bande di errore sono più ampie (variabilità del singolo rispetto a quella di un gruppo e in più c'è effetto della deafferentazione sulla precisione ma non sulla accuratezza).

Interpretazione → unica spiegazione possibile è che lei sa dove è la mano ma non grazie all'afferenza somatosensoriale o visiva, quindi non grazie al feedback sensoriale, ma grazie al fatto che nella fase iniziale ha programmato come muoversi quindi ha info su dove circa si trova la mano in questo programma motorio = info che viene da una rappre predittiva = FORWARD MODEL = modello predittivo efferente di come il movimento si svolgerà in futuro.

Alcuni modelli hanno ipotizzato che il movimento viene iniziato e poi viene controllato non rispetto al feedback che sarebbe troppo lento, ma grazie al fatto che in modo predittivo si sa dove circa sono gli arti.

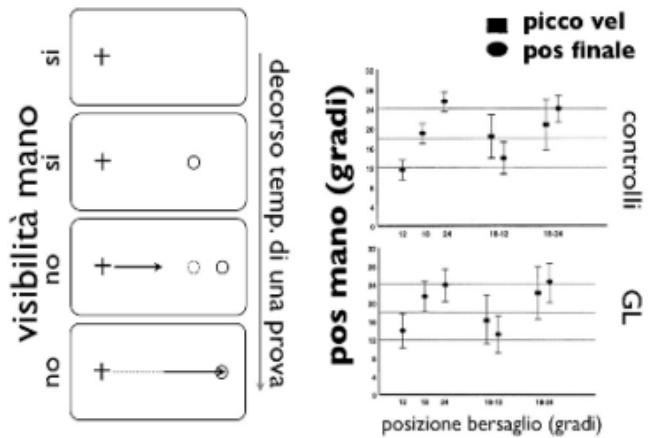


Figura 1.10. A sinistra, le fasi di una prova nel paradigma double-step. Posto il dito sulla posizione iniziale (croce); compare un bersaglio da raggiungere (disco); durante lo spostamento della mano, il bersaglio si sposta; il partecipante deve modificare il movimento già iniziato per raggiungere la nuova posizione. La mano è visibile prima di iniziare il movimento ma diventa invisibile durante il movimento. A destra, i risultati medi relativi a un gruppo di partecipanti senza patologie e alla paziente GL. Le prove in cui il bersaglio è a 12, 18 o 24 gradi sono prove normali. Quelle indicate con 18-12 e 18-24 si riferiscono a situazioni double-step in cui il bersaglio rispettivamente si sposta all'indietro, o in avanti come nell'esempio a sinistra (adattato da Bard et al, 1999).

MOVIMENTI SACCADICI

Sono movimenti controllati spt a circuito aperto dato che sono molto veloci.

Metà 800' interrogati su cosa poteva spiegare la costanza di percezione → inseguimento lento è a circuito chiuso perché oggetto viene messo in fovea e si controlla di quanto si sposta rispetto alla fovea quindi non è un problema.

Movimento saccadico è però a circuito aperto quindi come è possibile che cervello sappia come si è mosso l'occhio per strabilizzare il mondo.

Dibattito che vedeva alcuni che sostenevano che unico modo per cui cervello poteva fare questo era grazie all'afferenza dei muscoli oculomotori. Altri come H. hanno dimostrato che compensazione non poteva avvenire con segnali afferenti.

Esperimento → partecipante iniettato con curato in uno dei muscoli oculomotori per paralizzarlo. Dal pdv neurale succede che quando si decide di fare un movimento controllato da quel muscolo l'occhio non si sposta e quindi non c'è afferenza somatosensoriale. A livello centrale c'è meccanismo che ha deciso di fare quel movimento quindi c'è modello predittivo di questo movimento saccadico.

Dal pdv pratico ed empirico → esperimento in cui si dice alla persona di provare a muovere occhio e gli si chiede cosa è successo al mondo → quando prova a muovere gli occhi gli sembra che ci sia una perdita di costanza

Persona ha deciso di fare un movimento ma il movimento non è accaduto quindi non c'è stata afferenza = prova che la costanza di posizione nel mondo e la stabilizzazione avviene non sulla base dell'afferenza dei muscoli oculomotori ma sulla base di un modello predittivo di come il movimento oculare altera l'afferenza visiva.

Poi chiamata **COPIA EFFERENTE** = copia del programma motorio e del segnale che viene mandato ai muscoli

MODELLO

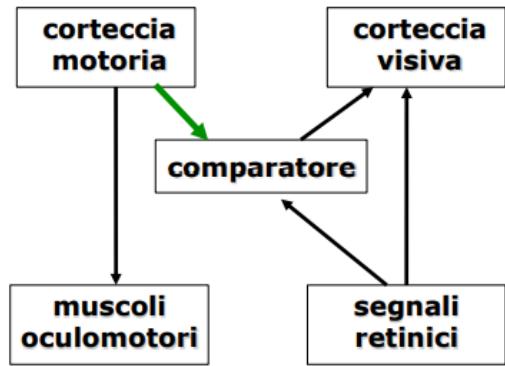
- Quando si esegue un movimento bisogna che corteccia motoria manda a oculotori un segnale su quello che si deve fare = segnale efferente
- Mandato anche, copia, a un meccanismo comparatore che riceve anche afferenza dalla retina
- Quando si muovono occhi sulla retina c'è un cambiamento che viene mandato alla corteccia visiva e anche al comparatore
- Comparatore confronta il segnale retinico con la copia e da questo confronto rimanda alla corteccia visiva un segnale di stabilizzazione



H. von Helmholtz

se il muscolo oculomotore viene paralizzato
... quando il soggetto cerca di muovere
l'occhio ... l'oggetto sembra muoversi
nella direzione opposta al movimento
desiderato
quindi deve esserci una sensazione di
innervazione
o "copia efferente" (von Holst, 1954)

copia efferente



- Copia efferente o scarica corollaria a quella principale produce come effetto il fatto che una modifica dell'input sensoriale dovuta al movimento, all'interno di un certo circuito, viene cancellata = ha come effetto che una stimolazione autoprodotta diventa una stimolazione nulla e che non ha effetto da pdv cosciente

soppressione saccadica

riduzione sensibilità durante la saccade
serve ad eliminare i *motion streak*
pensate ad una fotografia mossa

PROBLEMA DEL SOLLETICO

Non c'è un unico tipo ma due:

1. Solletico a metà tra piacevole e spiacevole, tipo carezza → può essere anche autoprodotta
2. Solletico con valenza sociale e succede quando si viene toccati da un'altra persona e che produce un riso incontrollabile → gargalesi è impossibile da provocarsela da soli

Possibile spiegazione → cervello tende ad annullare l'effetto di una sensazione autoprodotta e per questo non si riuscirebbe a farsi il solletico da soli.

Più piacevole farsi toccare da un'altra persona → significato sociale

Per interpretare input che arriva dai meccanismi sensoriali in molti casi si deve togliere componente che viene dal proprio movimento.

1/12/22

Visione di alto livello

Percezione e coscienza

Le proiezioni di V1 anatomicamente si sdoppiano in via ventrale e via dorsale. Da V2 ci sono proiezioni che vanno a IT, la quale nell'uomo ha un ruolo particolare.

La visione di alto livello ci consente di riconoscere, di avere accesso alla coscienza, di guidare i movimenti. Dalla retina si riconosce, dal punto di vista anatomico, anche un'altra proiezione, in cui ci sono meno fibre. Essa manda input retinico al collicolo superiore e poi ad altre strutture sottocorticali, tra cui pulvinar, e poi alla corteccia parietale posteriore, senza passare per V1.

Sono state fatte molte ipotesi sull'interpretazione funzionale di queste due proiezioni. Dei passi in avanti sono stati fatti da Pohl, attraverso studi di lesione sulla scimmia, attraverso l'addestramento della scimmia a fare un compito e vedendo quanto tempo ci mette per imparare a farlo. Ci sono due tipi di compito: uno è quello di rispondere sulla base di un landmark, per esempio dove è collocato un oggetto, ciò fa da criterio per rispondere correttamente e avere la ricompensa, questo è un tipo di compito che richiede una discriminazione spaziale, l'altro tipo di compito è basato su una discriminazione di forma. Sono due tipi di compito che la scimmia non ha difficoltà ad imparare. Uno richiede la codifica legata alla registrazione di dov'è il landmark, l'altro codifica per capire cos'è qualcosa. Lo studio di lesione che fece Pohl era basato su due gruppi sperimentali. In uno ha fatto una lesione alla PPC, e un altro a livello di IT. I dati sui compiti di landmark e forma, mostrano la velocità con cui la scimmia imparava in diverse sessioni, uno o l'altro dei due compiti, quindi sull'asse y c'è il numero di errori prima di arrivare al criterio imparato e sull'asse x le ripetizioni. Sono state analizzate quattro scimmie, tra unoperated e operated. C'è la baseline, all'inizio ci sono molti errori per arrivare al criterio, e poi scende a 0, quindi vuol dire che la scimmia ha imparato, invece nelle scimmie con lesione parietale o temporale, e anche frontale, la lesione frontale assomiglia a quelle delle unoperated, ma anche quella temporale, mentre la scimmia con lesione parietale non impara mai

il compito. Rispetto al compito basato sul riconoscimento della forma, non ci sono quelle non operate, poiché non sbaglierebbero mai, ma si vede che anche quelle con lesione parietale e frontale non sbagliano mai, mentre con lesione temporale gli errori rimangono alti. Quindi questa è quella che in neuropsicologia viene chiamata doppia dissociazione tra due tipi di compito e due tipi di lesione. Ciò è stato interpretato nel senso che la proiezione dorsale verso la PPC ha più a che fare con codifica spaziale, mentre quella a IT più con il riconoscimento. Dunque, la via dorsale viene definita via del dove, e quella ventrale via del cosa.

Tra la fine degli anni 60 e l'inizio degli anni 70, un neuropsicologo inglese, Weiskrantz, ha scoperto che i pazienti con scotoma o emianopsia, quando gli viene mostrato un oggetto nel campo contralaterale alla lesione, non lo vede, invece se gli si presenta nel campo ipsilaterale, questi pazienti fanno dei gesti, degli orientamenti con gli occhi, anche se il paziente non si rende conto di farlo, poiché per lui crede di andare a caso. Questo fenomeno si chiama *blind sight*. Questi pazienti non hanno alcuna coscienza di vedere, però sembrano elaborare gli stimoli, anche se non a livello cosciente. Weiskrantz ha studiato una scimmia, di cui ha tolto la V1, per vedere cosa succedeva, in modo da metterla in una condizione analoga a quella di un paziente con cecità corticale. Queste scimmie destriate, cominciavano a fare cose sorprendenti. Una decina di anni dopo hanno studiato un'altra scimmia, sempre destriata, che si vede che comunque riesce a prendere gli oggetti, ma lo fa con una presa non congrua alla grandezza dell'oggetto, poiché ad esempio oggetti piccoli non li prende con la presa di precisione (si comporta come se fosse un paziente aprassico). In più, si è visto che se si trova a dover camminare per cercare del cibo, si vede che cammina prevalentemente a quattro zampe, cosa che le rhesus di solito non fanno.

Nel 2008 è stata pubblicata un'osservazione su pazienti con abilità di navigazione spaziale intatte, dopo una lesione bilaterale alla corteccia visiva. Ciò dimostra che ci sono proiezioni extrastriate in grado di supportare le abilità visuo-spaziali sofisticate, anche in assenza di coscienza percettiva (potrebbe essere quella che passa per pulvinar e arriva a V5).

Quindi, è possibile usare informazioni visive per guidare il movimento in assenza di coscienza. Quando si apprende un movimento, si acquisisce la capacità di farlo senza pensarci, infatti si possono dedicare risorse cognitive a fare altro.

Abbiamo risposte motorie rapidissime, capita che diventiamo consapevoli di aver fatto qualcosa dopo che lo abbiamo fatto, non mentre le facciamo. In questi casi, viene utilizzata la proiezione dorsale, la quale utilizza informazioni visive, anche passando per V1, però ha un accesso limitato a coscienza, non c'è necessariamente il fatto di produrre esperienza cosciente.

Negli anni '90 c'è stata un'ulteriore interpretazione della via dorsale e della via ventrale, a partire da una paziente, D.F. che è stata studiata da Goodale e Milner. Aveva avuto un avvelenamento da anidride carbonica, che le ha causato un danno neurologico bilaterale permanente all'area LOC, che è parte della via ventrale. Aveva un'agnosia visiva per la forma, e nel momento in cui toccava un oggetto, immediatamente accedeva al riconoscimento, quindi è un problema solo visivo. Se le chiedevano di riportare l'orientamento di un oggetto, non era capace di farlo. Ciò sembra un problema visivo di basso livello, poiché è un problema di orientazione.

Tramite esperimenti di riconoscimento, hanno visto che si attivava l'area occipitale laterale, la quale corrispondeva alla lesione.

Vision in a monkey without striate cortex: a case study

N K Humphrey

Sub-Department of Animal Behaviour, University of Cambridge, Madingley CB3 8AA, Cambridge, England

Received 1 November 1974

Abstract. A rhesus monkey, Helen, from whom the striate cortex was almost totally removed, was studied intensively over a period of 8 years. During this time she regained an effective, though limited, degree of visually guided behaviour. The evidence suggests that while Helen suffered a permanent loss of 'focal vision' she retained (initially unexpressed) the capacity for 'ambient vision'.

1 Introduction

In 1965 Weiskrantz removed the visual striate cortex from an adolescent rhesus monkey, Helen. In the 8 years between the operation and her death in 1973 this monkey slowly recovered the use of her eyes, emerging from virtual sightlessness to a state of visual competence where she was able to move deftly through a room full of obstacles and could reach out and catch a passing fly. Helen's history has been told in part in earlier papers (Humphrey and Weiskrantz, 1967; Humphrey, 1970; 1972; Weiskrantz, 1972). Now that she is dead and histological evidence of the extent of the brain lesion is available it is time to take stock. This paper provides an account of the histology, a résumé of the behavioural evidence, and a brief theoretical discussion.

Goodale chiede alla paziente di prendere una matita, e si accorge che riesce a guidare il movimento in modo da orientare il polso secondo l'orientazione della matita, e riuscire a prenderla. Dunque, sembra un meccanismo che non comporta un accesso alla coscienza.

Nella paziente D.F. è proprio l'area PPC che si attiva quando fa atti di afferramento, che è la stessa che si attiva in soggetti sani.

C'era una dissociazione rispetto alle risposte di riconoscimento e quelle motorie. Una variabile dipendente in cui la risposta motoria è di tipo espressivo, oppure una risposta motoria di tipo performativo. È stato usato un paradigma che si usa con soggetti aprassici, che non riescono ad eseguire movimenti fini. Esso testa la capacità di orientare il polso, al fine di infilare l'oggetto in una fessura con un'orientazione arbitraria. Nell'altro test le è stato chiesto di indicare, attraverso la rotazione del polso, come sembra ruotata la fessura. Questo tipo di secondo paradigma sperimentale, non è altro che un uguagliamento cross-modale di Stevens, poiché si egualia un percepito in modalità visiva con uno in modalità propriocettiva.

In ogni prova, l'orientazione della fessura viene variata in modo casuale, e per descrivere i risultati si mette in verticale l'orientazione vera, e ognuno dei segmenti rappresenta la risposta. I soggetti di controllo in entrambi i tipi di compito riescono ad eseguire il compito. Invece, la paziente, nel compito di posting, compito su oggetto, diretto a un fine, non fa meno bene dei controlli, anche se comunque c'è una certa variabilità. Invece, nel compito di matching non ha idea di come sia orientata la fessura nello spazio.

Quindi, sembrava che D.F. fosse in grado di guidare la risposta motoria nello spazio, senza avere consapevolezza del percepito corrispondente.

Hanno fatto un altro esperimento, in cui il compito era di afferramento. Rispetto ad un oggetto, viene registrata la cinematica. In un tipo di compito si presenta l'oggetto e la risposta è performativa, poiché si deve andare ad afferrare, e nell'altro compito si deve fare un uguagliamento cross-modale. In questo caso, D.F. è stata confrontata con un paziente atassico. Dai dati si vede che c'è un parallelismo con i dati di Pohl sulle scimmie. Viene plottata l'apertura delle dita, in funzione della grandezza dell'oggetto. Di solito l'apertura delle dita è proporzionale all'oggetto, però con un margine di sicurezza. Nel compito percettivo, il paziente atassico, se deve riportare con le dita quanto gli sembra grande l'oggetto, da una risposta più bassa quando l'oggetto gli sembra piccolo, e più alta quando gli sembra grande, dunque, la risposta è scalata sulla grandezza dell'oggetto: si comporta in modo abbastanza simile a chi non ha lesione. Invece, nel compito motorio, in cui deve afferrare l'oggetto, l'apertura della mano è al massimo, e poi quando arriva all'oggetto la chiude. Invece, D.F., quando deve afferrare l'oggetto, lo fa in modo molto appropriato, nel senso che la sua massima apertura delle dita è ben scalata rispetto alla grandezza dell'oggetto. Invece, nel compito percettivo, c'è una variabilità enorme nella media, quando prende un oggetto piccolo, certe volte apre molto la mano, e quando prende un oggetto grande, a volte l'apre poco. Il paziente con atassia riesce a riferire sulla propria percezione della grandezza, ma non riesce ad eseguire l'afferramento. Invece, D.F. non riesce a riferire percettivamente sulla propria grandezza, ma fa bene il compito di afferramento.

La via dorsale non sarebbe semplicemente una via dedicata alle codifiche spaziali, ma sarebbe la via con cui usiamo la visione per controllare e guidare i nostri movimenti. Una caratterizzazione più precisa di queste vie è che la dorsale è più di alto livello e finalizzata all'azione, mentre quella ventrale è di alto livello e finalizzata al riconoscimento. Inoltre, visione per azione e visione per riconoscimento, significa visione che utilizza relazioni spaziali centrate sul proprio corpo, egocentriche, e relazionali spaziali centrate su relazioni spaziali fra oggetti, esocentriche.

Hanno proposto che quando guidiamo un movimento possiamo farli in larga misura senza accesso alla coscienza, mentre il riconoscimento comunque richiede accesso alla coscienza.

Rispetto alla via dorsale, in essa ci sono anche soprattutto nell'emisfero dx, delle aree che hanno a che fare con il controllo dell'attenzione, con la guida dell'attenzione nello spazio. È stato ipotizzato che ci sia collegamento molto stretto tra l'allocare risorse attentive e il diventare consapevoli su qualcosa. Una delle ipotesi sulla funzione dell'attenzione nell'ambito dei processi cognitivi è essere una porta di accesso alla coscienza. Si parla di cecità da disattenzione, "inattentional blindness", ossia

il fatto che non si ha coscienza di qualcosa che in realtà si sarebbe visto semplicemente prestando attenzione. Ciò può essere connesso al neglect.

Simons ha fatto una dimostrazione di ciò, molto convincente attraverso un video di persone che si passano una palla, e nel frattempo passa un gorilla, e si vede che molte persone non se ne accorgono.

Il riconoscimento

Dal punto di vista psicologico si tratta di un tema molto classico. È la prima cosa che viene in mente quando si pensa a cosa serve la visione. David Marr ha scritto un libro sulla visione. Per sapere cosa un oggetto è, è necessario dare di questo oggetto una descrizione sufficientemente astratta da confrontare con qualcosa in memoria. Si tratta di una forma di categorizzazione, che può avvenire a livelli diversi. Per fare ciò si devono risolvere problemi che hanno a che fare con il costruire una rappresentazione su come è fatto l'oggetto. Il problema del riconoscimento consiste nel fatto che guardando un oggetto siamo capaci di dire cos'è, che oggetti visivamente diversi appartengono alla stessa categoria. Quindi, bisogna capire cosa c'è dietro capacità di raggruppare gli oggetti, come si può rappresentare quello che c'è in comune. Inoltre, dovremmo anche essere in grado di dire cos'è, anche se viene visto da punti di vista diversi, da fonti di illuminazione diversa, riconosciamo che si tratta dello stesso oggetto.

A questo problema si è cercato di rispondere in due modi molto diversi. Esiste un dibattito fra due modelli alternativi: uno si chiama “modello basato sulle descrizioni strutturali”, e uno chiamato “modello basato sui punti di vista”. Il primo ipotizza che quando riconosciamo dobbiamo fare un confronto tra input corrente e quello che abbiamo in memoria. Di quello che abbiamo in memoria abbiamo la descrizione sulla struttura tridimensionale, è un modello geometrico che descrive come è fatta la tridimensionalità di un oggetto. Il riconoscimento visivo vuol dire confrontare la rappresentazione in memoria della struttura tridimensionale. Il riconoscimento avviene perché le rappresentazioni interne vengono confrontate con l'input percettivo corrente, che viene elaborato fino ad un livello alto, in cui viene descritto in termini di una struttura tridimensionale, che però deve essere fatta a partire dall'informazione ottica. Riconosciamo l'oggetto perché sulla retina acquisiamo informazioni, in base a queste informazioni viene data una descrizione tridimensionale della struttura, e poi questa descrizione viene confrontata con una rappresentazione strutturale in memoria. Questo match permette il riconoscimento. Il modello è in grado di fare questo doppio lavoro, ossia una grammatica in grado di creare oggetti in memoria.

E stata elaborata una grammatica di caratteristiche dell'input ottico con cui si possono creare descrizioni strutturali. Queste caratteristiche primitive vengono chiamate da Biederman “geoni”. L'altro modello è molto diverso perché propone che non facciamo questo lavoro di ricostruzione della tridimensionalità, ma che il riconoscimento avviene perché in memoria abbiamo una grande quantità di ricordi di come gli oggetti appaiono sotto diversi punti di vista, e non facciamo altro che confrontarli con gli input correnti.

La differenza tra questi due modelli è che il secondo presuppone che bisogna fare poco lavoro, semplicemente bisogna ricordarsi delle “istantanee” di come le cose appaiono da punti di vista diversi. Però, pone un problema a livello computazionale, poiché presuppone che dovremmo avere una quantità enorme, infinita, di queste immagini.

Invece, il primo modello è più elegante. Biederman ha fatto un modello computazionale, e sostiene che con una trentina di giorni si possono rappresentare le forme di qualsiasi oggetto tridimensionale. Non c'è nessuna esplosione combinatoria, ma funziona come il linguaggio, dove attraverso un numero limitato di fonemi si possono creare parole, così anche con i geoni, con un numero limitato

two competing proposals

structural description model

this model proposes that objects are represented in memory by 3D structural descriptions; recognition is achieved by comparing these internal representations to input structural descriptions that are constructed from proximal stimuli; Biederman worked out a “grammar” of primitive 3D features to construct structural descriptions (“geons”)

view-based model

argues that the SD model predicts viewpoint invariance in recognition but the data show that this does not hold; hence it proposes that objects are instead represented by a large (but not infinite) collection of 2D “neural snapshots” of the object's appearance from experienced viewpoints

di essi e con una “grammatica” si possono creare gli oggetti. Però, il modello di Biederman ha un problema empirico, poiché uno dei concetti cruciali non sembra confermato dai dati. Dato che è basato su dimensioni strutturali in tre dimensioni, dovrebbe essere relativamente ininfluente il punto di vista da cui si vede l’oggetto, non del tutto ininfluente perché comunque gli oggetti sono costituiti da parti elementari, i geoni, i quali possono essere più o meno visibile all’informazione ottica. ...

Se i geoni critici sono tutti disponibili, non c’è modo di aspettarsi che ci siano differenze a seconda del punto di vista. Invece, empiricamente succede proprio questo.

La teoria di Biedermann riguarda come gli umani comprendono le immagini. Nella sua teoria, il riconoscimento avviene tramite il fatto che gli oggetti vengono rappresentati grazie a geoni che catturano le componenti di questi oggetti.

Per arrivare all’identificazione, è necessario che ci sia un matching fra componenti che sono rilevate nell’immagine, e componenti presenti nella rappresentazione in memoria degli oggetti. Dunque, l’identificazione dell’oggetto avviene tramite questo confronto. Prima del confronto ci sono operazioni che corrispondono alla visione di livello basso, viene descritta la forma, e poi avvengono dei processi che descrivono come quella particolare immagine potrebbe corrispondere ad un certo insieme di componenti elementari di un oggetto. Ci sono due operazioni, una per parsing, in cui entrano in gioco processi di livello intermedio, e una di rilevamento delle proprietà non accidentali, che ha un ruolo fondamentale per giustificare l’utilizzo delle componenti volumetriche dei geoni per rappresentare gli oggetti. Fondamentalmente, i geoni sono forme primitive, volumi, caratteristiche, semplici, che sono definiti da proprietà non accidentali. Biederman dice che non sono semplicemente degli esempi, ma sono delle primitive volumetriche, le quali possono essere sempre identificate in un’immagine, attraverso un’operazione di rilevazione di proprietà non accidentali. L’idea

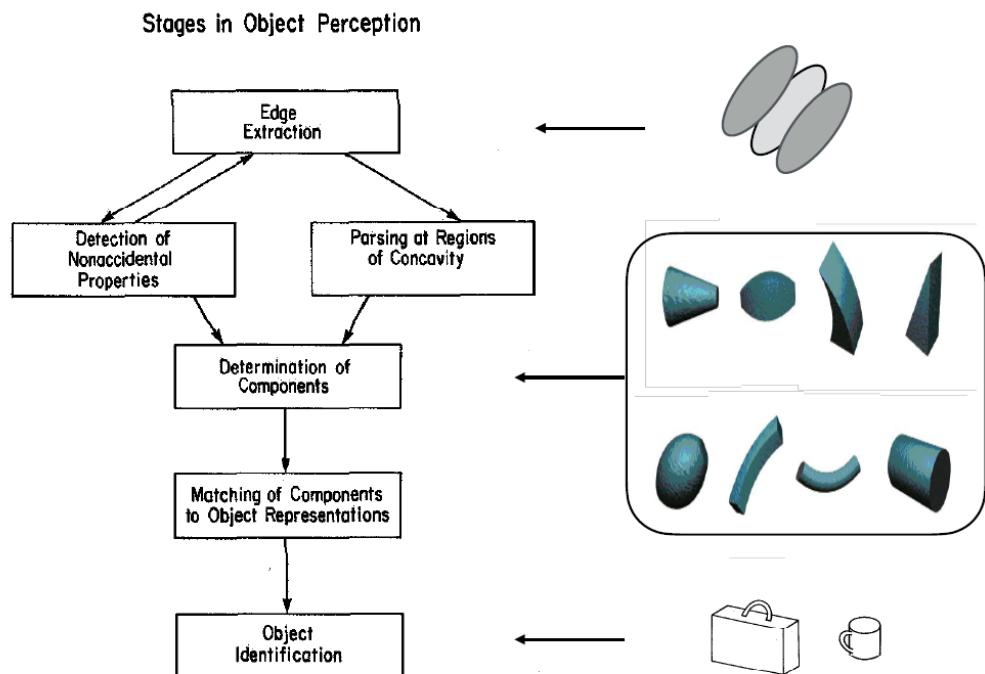


Figure 2. Presumed processing stages in object recognition.

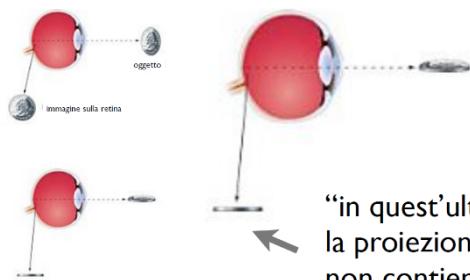
fondamentale è che combinando queste caratteristiche primitive, si può dare una descrizione di oggetti superficiali.

In visione artificiale, quando si cerca di fare un matching understanding, si devono identificare le caratteristiche delle immagini per fare un’inferenza sul tipo di oggetto. Le proprietà non accidentali permettono di dire qual è l’oggetto, hanno capacità diagnostiche. Esse sono proprietà dell’input visivo, che dicono qualcosa sull’oggetto che nell’input visivo era l’immagine. Dunque, sono diagnostiche perché a livello percettivo dicono che se c’è questa proprietà, si può avere un’alta probabilità, se non la certezza, che nel mondo c’è la stessa proprietà. Questa proprietà dell’input bidimensionale è molto

diagnostica dell'oggetto tridimensionale. Si chiama accidentale poiché non è un caso che ciò si sia verificato in presenza dell'oggetto.

"si chiuda un occhio e si osservi una moneta"

"quindi si ruoti la moneta fino a che il lato non sia parallelo alla linea di mira"



Goldstein (2010) *Sensation and Perception*. Cengage Learning.

"in quest'ultima condizione la proiezione sulla retina non contiene margini curvi"

Se si prende una moneta e la si mette fronto-parallela, ortogonale alla linea di mira, sulla retina c'è la proiezione dell'immagine, che corrisponde ad un disco. Ruotando la moneta, la sua

proiezione non è più un disco, ma diventa un'ellisse, che però comunque ha contorni curvi. Ciò vuol dire che in generale, praticamente da tutti i punti di vista da cui si osserva la moneta, c'è una sensazione che ci sia un margine curvo, il quale si ritrova nel mondo. Dunque, la curvilineità della moneta è diagnostica della curvilineità nel mondo. Si può ruotare la moneta fino a non riuscire a metterla parallela alla linea di mira, e in questo caso, guardando con un occhio solo, si vede che non c'è più margine curvo. Questa situazione in cui sulla retina non c'è più il margine curvo, anche se la moneta continua ad averlo, si verifica solo da un punto di vista accidentale. Questa cosa si verifica molto raramente, dunque la proprietà accidentale è una singolarità. Pertanto, interagendo con il mondo, le proiezioni sulla retina cambiano, però ci sono proprietà che rimangono invarianti e che sono diagnostiche rispetto all'oggetto nel mondo esterno, e queste sono proprietà accidentali.

Anche se cambiano i punti di vista, le relazioni tra le parti rimangono sempre le stesse, e sono definite da proprietà non accidentali.

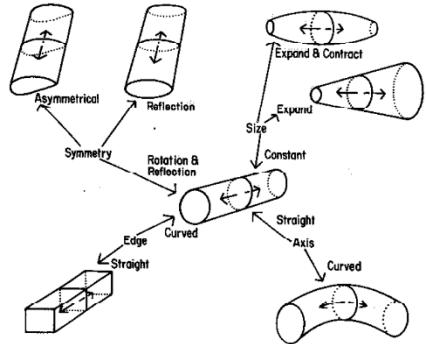
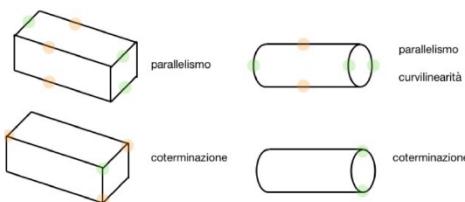
I geoni sono definiti da una specie di lista di proprietà non accidentali. Si tratta di una descrizione del tipo di volume, più qualitativa che geometrica. Le proprietà non accidentali sono collinearità, curvilinearità, simmetria, curve parallele, curve che terminano nello stesso punto.

Biederman ha fatto tanti esperimenti per supportare con dati empirici la sua teoria. Se prendiamo delle figure che rappresentano oggetti, questi oggetti possono essere più o meno complicati, possono avere 2/3/6/9 parti, alcune delle quali possono essere degradate. Il grafico con i risultati misura la percentuale degli errori nel riconoscimento, in funzione del numero di componenti presentate. Dunque, secondo la teoria di Biederman, la capacità di riconoscere l'oggetto sembra dipendere dal numero di geoni presentati.

Principle of Non-Accidentalness: Critical information is unlikely to be a consequence of an accident of viewpoint.

Three Space Inference from Image Features

2-D Relation	3-D Inference	Examples
1. Collinearity of points or lines	Collinearity in 3-Space	
2. Curvilinearity of points of arcs	Curvilinearity in 3-Space	
3. Symmetry (Skew Symmetry ?)	Symmetry in 3-Space	
4. Parallel Curves (Over Small Visual Angles)	Curves are parallel in 3-Space	
5. Vertices -- two or more terminations at a common point	Curves terminate at a common point in 3-Space	



2/1/2022

problema primo approccio è che prevede che la prestazione del soggetto sia più buona di come è nella realtà

riconoscimento si degrada quando si tolgono info sui geoni

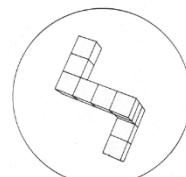
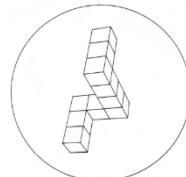
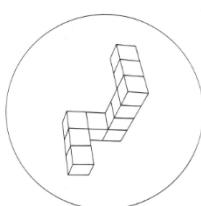
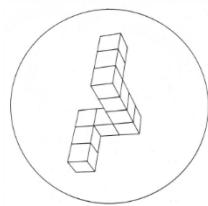
modello di B → dato che riconoscimento si basa su caratteristiche strutturali dovrebbe essere indipendente dal pdv sempre

COMPITO ROTAZIONE MENTALE

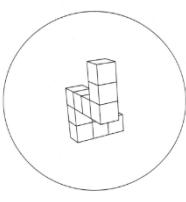
Stimoli con struttura 3D diversa, si mettono nel tachistoscopio → stimolo standard e stimolo di confronto e si deve premere tasto se sono uguali e altro tasto se sono diversi

prova "uguale" facile

prova "uguale" difficile



prova "diverso"



Problema per modello di B dice che se sono sempre visibili i geoni non dovrebbe fare differenza se cambia il pdv perché il confronto avviene sulla base di un modello interno indipendente dal pdv

Problema → oggetti non fatti veramente da geoni ma sono fatti ad oc per il compito quindi negli anni 90' quando il modello di b diventa popolare

two competing proposals

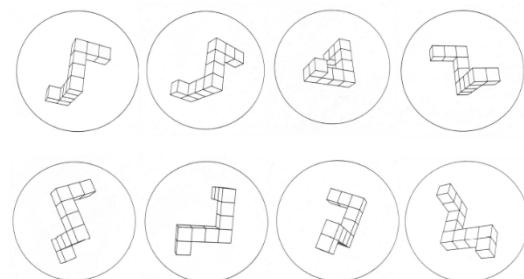
structural description model

this model proposes that objects are represented in memory by 3D structural descriptions; recognition is achieved by comparing these internal representations to input structural descriptions that are constructed from proximal stimuli; Biederman worked out a "grammar" of primitive 3D features to construct structural descriptions ("geons")

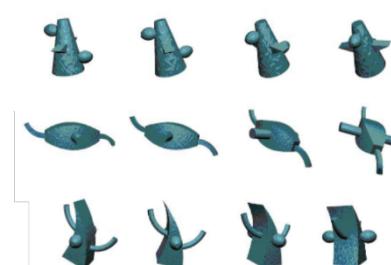
view-based model

argues that the SD model predicts viewpoint invariance in recognition but the data show that this does not hold; hence it proposes that objects are instead represented by a large (but not infinite) collection of 2D "neural snapshots" of the object's appearance from experienced viewpoints

compito di rotazione mentale: stimoli



Tarr greebles



Tarr ha avuto idea di creare oggetti artificiali senza senso fatti con computer grafica mettendo insieme dei geoni → creazioni di famiglie di oggetti per testare riconoscimento categoria sovraordinata e anche dei singoli individui → standard e mostrato o stesso oggetto o oggetto diverso variando il grado di rotazione = chiamati greebles

Convergenza di effetti in cui si vede che riconoscimento anche per oggetti fatti da geoni il tempo di reazione riflette un aumento monotono in funzione della rotazione

Teoria basata sui pdv spiega bene questi risultati perché dice che in memoria si hanno delle registrazioni dell'aspetto dell'oggetto dai pdv più visti e più ci si allontana da quelli il riconoscimento diventa difficile.

Non è una strategia economica per rappresentare come sono fatti gli oggetti.

Tarr ha pubblicato nel 2016 una review → conclusione di Tarr dopo aver spiegato pro e contro delle due teorie arriva a dire che la risposta giusta è "mu" → contrapposizione tra i due modelli deve essere affrontata secondo questa filosofia zen → forse la contrapposizione è sbagliata perché gira intorno a come sono rappresentate le strutture 3D con un'assunzione nascosta proba sbagliata che rappre interne assomigliano dal pdv strutturale all'oggetto che si vuole rappresentare e questo forse è sbagliato e il modo in cui il sistema nervoso rappresenta questa proprietà non ha niente a che fare con la bottiglia che poi entra nell'esperienza cosciente → possibilità che proprietà oggetti usate per il riconoscimento sono cose diverse

Modello di reti neurali con molti strati e rappre distribuite in cui le proprietà dell'oggetto sono più astratte

Tarr (and others) data

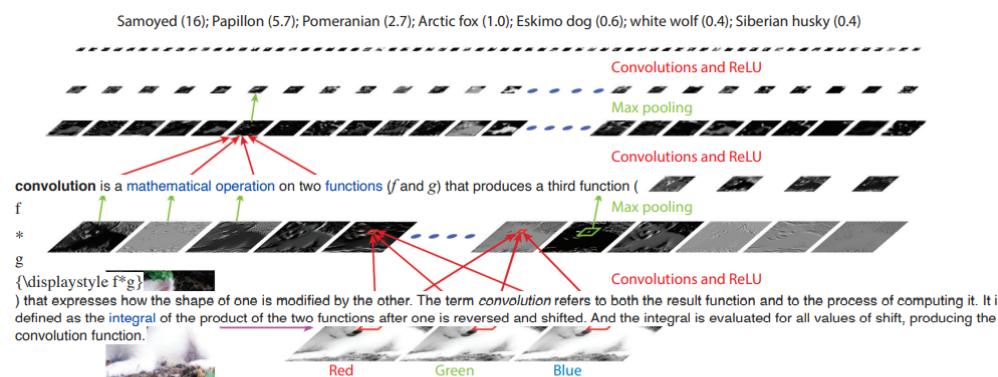
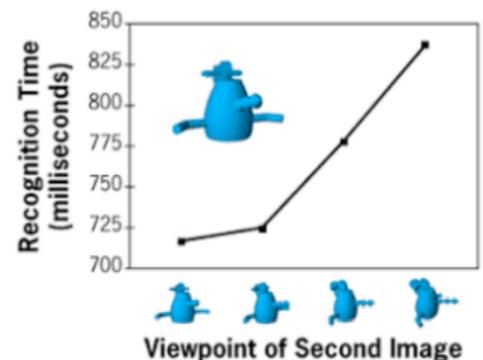


Figure 3

Inside a convolutional neural network. The outputs (not the filters) of each layer (shown horizontally) of a typical convolutional network architecture are applied to the image of a Samoyed dog (bottom left) and to red, green, and blue inputs (bottom right). Each rectangular image is a feature map corresponding to the output for one of the learned features detected at each of the image positions. Information flows from the bottom up, with lower-level features acting as oriented edge detectors, and a score is computed for each image class in the output. Abbreviation: ReLU, rectified linear unit. Figure and caption adapted, with permission, from LeCun et al. (2015).

Riconoscimento di volti → gestito da meccanismo separati da quelli che gestiscono riconoscimento oggetti
take home message: MU, but ... → prosopagnosia diversa e indipendente da agnosia

a more nuanced understanding

neural representations for object recognition are not captured by the SD - viewpoint opposition

sparse and distributed neural codes

neural responses in the ventral stream appear to represent objects by fine-grained patterns of activations within networks rather than by localized activity in well specified areas (although a degree of localization is still observable at a broader level of analysis)

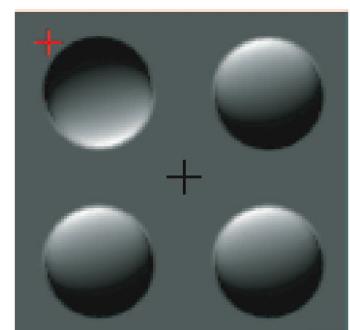
advances in artificial recognition

deep neural networks are currently used in machine learning and classification algorithm in a variety of common applications that match human ability in several domains; developing biologically plausible versions promises to further advance our understanding object representations in the brain

Illusione cocavo-convesso → a seconda

dell'illuminazione viene interpretato in modo diverso e questo vale per oggetto

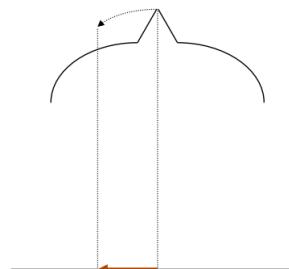
Nel caso di un volto illuminato in modo diverso non cambia la percezione del volto, non si vede protuberanza o rientranza, ma si vede sempre un volto normale



Illusione della maschera rotante di Charlie Chaplin di Richard Gregory →

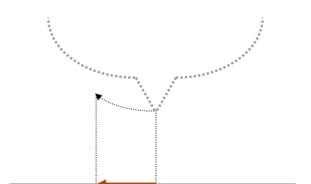
- Quando viene presentata durante la rotazione la parte posteriore della maschera che è una rientranza si modificano le posizioni delle onde quindi ci si aspetterebbe di vedere rientranza, ma in realtà si vede sempre il naso venire in fuori tranne quando è a 90°
- Il fatto di avere una aspettativa a priori molto forte che una configurazione corrisponde a un volto sovrascrive il fatto che si sia un pattern di ombreggiature che suggerirebbe che non è un volto ma che è una rientranza
- Cambia di direzione → sembra ruotare in una direzione ma quando si vede la parte posteriore sembra ruotare dall'altra parte
- Riconoscimento non sembra essere basato sulla ricostruzione struttura 3D del volto, ma prevale un confronto rispetto a una rappresentazione di come è tipicamente un volto visto da un certo pdv
- Template
- Cambio di rotazione → quando si vede retro fissando davanti a sé, se la maschera ruota in senso antiorario il naso va dal centro verso sx
- Il cervello dell'osservatore si basa su info che viene dalla retina che è lo spostamento dal centro verso sx ma c'è anche aspettativa che quando vede questa configurazione è un volto quindi cervello ha aspettativa che la punta del naso sia comunque davanti quindi percepisce il movimento nel senso opposto quindi in senso orario
- Il cervello deve interpretare info sulla retina ma tiene conto anche dell'aspettativa che si ha → combinazione si può usare in un modello probabilistico per prevedere quello che si vedrà

1. per il retro della maschera, la rotazione reale in senso antiorario...



... proietta questo spostamento sulla retina

2. ma siccome sembra di vedere la parte anteriore della maschera...



... lo spostamento viene interpretato come rotazione in senso orario

LE AFFORDANCE

Gibson padre del concetto di affordance l'ha menzionato per la prima volta nel 1964 e 2001 Odissea nello spazio e del 1968 → possibile interpretazione dell'utilizzo dell'osso da parte del proto-uomo.

Se si nascesse tabula rasa, non si avrebbe nessuna memoria per interfacciare le esperienze e non si avrebbe mai un processo di apprendimento.

Noi nasciamo con aspettative generiche su come è fatto il mondo. Come succede in alcune specie animali con il fenomeno dell'imprinting.

Forme di riconoscimento per cui no serve interfaccia con MLT ma può essere mediato da info contestuale.

Nel film l'animale ha mano fatta in un certo modo e implica certe potenzialità di azione = programmi motori nel cervello appropriati per quell'effetto per compiere certe azioni. Quando prende in mano oggetto attiva un programma motorio ma poi si accorge che può fare altro con l'osso e in quel momento scopre un'altra potenzialità di azione e la scopre grazie a relazione di mutualità tra oggetto e sue potenzialità di azione.

Affordance = proto-riconoscimento perché implica che si può conoscere oggetto senza accedere a MLT per descrizione simbolica delle funzioni dell'oggetto → non è necessario utilizzare rappresentazioni simboliche perché afferrabilità è implicita nella relazione tra le potenzialità di azione del soggetto e l'oggetto stesso in base alle sue caratteristiche

"The ecological approach to visual perception".

To afford = rendere possibile

Affordance = qualcosa che si riferisce sia all'ambiente sia all'animale in un modo in cui nessun termine esistente fa. Basata sulla complementarietà dell'animale e del suo ambiente → forma di cognizione non cognitiva

Es di affordance della scalabilità = riconoscere che una proprietà del mondo ha la proprietà di salirci sopra quindi un gradino → scalinate fatte in tanti modi diversi → una cosa è scalabile grazie a relazione fra gambe del soggetto e oggetto → gambe hanno certe potenzialità di azione in base alle loro caratteristiche funzionali e anche caratteristiche dello scalino stesso che possono essere più o meno scalabili

Articolo Warren → guida visiva dell'azione di salire le scale → uso psicofisica applicata ad analisi di scalabilità in relazione alle proprietà del sistema dell'organismo e del suo ambiente ed è questa relazione che viene usata per prevedere la dimensione psicologica

Ottica sistematica = si cerca di spiegare fenomeno non andando a trovare la sua essenza e natura ultima, questo pregiudizio prescientifico secondo cui la scienza si dovrebbe occupare della natura ultima di un fenomeno, da Galileo in poi si studiano invece le relazioni funzionali quindi cercare di capire come accade e quali sono le condizioni per cui si verifica un fenomeno

Affordance è un concetto sistematico perché cerca di spiegare la possibilità di percepire il significato del mondo analizzando relazioni di un sistema, in questo caso individuo e suo ambiente.

Proprietà emergente del sistema organismo-ambiente e non è un'attivazione neurale e neanche una proprietà dell'oggetto, ma è una proprietà emergente del sistema perché si riferisce sia all'animale che all'ambiente.

W per studiare scalabilità → ha studiato parametri coinvolti

- Ambiente → caratteristiche scala e gradino
- Potenzialità di azione del soggetto in questo caso lunghezza gamba e indice di massa corporea

Con questo modello si possono fare ipotesi e si può fare un modello.

Scalabilità per persona con gambe corte non è la stessa per persone con gambe lunghe → affordance considera anche le differenze individuali che influenzano le affordance → adulto rispetto a bambino oppure uomo rispetto ad animale

PRENDERE APPUNTI SCALINI

Importante nel design → se si costruisce un oggetto che fa emergere affordance inadeguata si faranno comportamenti non adattivi quindi oggetto non funzionerà bene

Norman ha per primo visto la rilevanza delle affordance per la costruzione degli oggetti

The affordances of the environment are what it offers the animal, what it provides or furnishes, either for good or ill. The verb to afford is found in the dictionary, the noun affordance is not. I have made it up. I mean by it something that refers to both the environment and the animal in a way that no existing term does. It implies the complementarity of the animal and the environment. — Gibson (1979, p. 127)

what is an affordance

a systemic theoretical construct

an *emergent property* of the interaction between an embodied organism and its environment

a kind of *meaning* that can be perceived and requires no declarative memory

what it is not

a physical property of the object

an internal sensorimotor representation

a state of the motor system in the brain

a entry in semantic memory specifying the functions of an object

Concetto trasferito anche nelle interfacce uomo macchina. Questo contesto pratico rende evidente il fatto che dato che affordance emerge in modo spontaneo, in un senso concreto il soggetto che è nel proprio ambiente, quando ci sono relazioni tra soggetto e ambiente questa porta a fare certe cose anche se possono essere inibite → l'emergere dell'affordance dovrebbe portare all'emergere automatico di un determinato piano motorio

Effetto Stroop → automatico effetto della lettura per cui è difficile dire il colore senza leggere → ci si mette meno se colore congruente con parola scritta mentre ci si mette più tempo se colore incongruente = lettura processo automatico

PRIMING VISUOMOTORIO

Se si crea un contesto in cui può emergere affordance, questo produce un programma motorio esplicito o implicito

Esperimento in cui si dimostra facilitazione dovuta alla congruenza dell'affordance con l'azione da svolgere poi successivamente

- Presentato oggetto in uno schermo che è rappresentazione iconica di oggetto ruotato verso dx o sx
- Dopo eseguire risposta motoria che può essere congruente o incongruente con quello precedente
- Oggetto prima attiva rappresentazione implicita del movimento che se oggetto dopo congruente si vede effetto di facilitazione
-

VISUAL COGNITION, 1998, 5 (1/2), 109–125

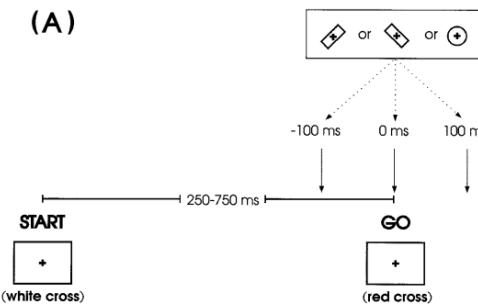
Visuomotor Priming

Laila Craighero, Luciano Fadiga, Giacomo Rizzolatti and Carlo Umiltà

Istituto di Fisiologia Umana, Università di Parma, Parma and Dipartimento di Psicologia Generale, Università di Padova, Padova, Italy

Two experiments were performed to explore a possible visuomotor priming effect. The participants were instructed to fixate a cross on a computer screen and to respond, when the cross changed colour ("go" signal), by grasping one of two objects with their right hand. The participants knew in advance the nature of the to-be-grasped object and the appropriate motor response. Before (100 msec), simultaneously with or after (100 msec) the "go" signal, a two-dimensional picture of an object (the prime), centred around the fixation cross, was presented. The prime was not predictive of the nature of the to-be-grasped object. There was a congruent condition, in which the prime depicted the to-be-grasped object, an incongruent condition, in which the prime depicted the other object, and a neutral condition, in which either no prime was shown or the prime depicted an object that did not belong to the set of to-be-grasped objects. It was found that, in the congruent condition, reaction time for initiating a grasping movement was reduced. These results provide evidence of visuomotor priming.

(A)



(B)

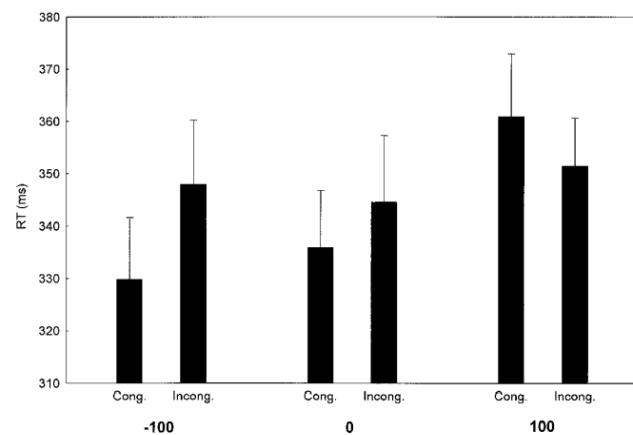
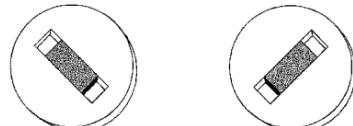


FIG. 2. The two-way interaction (type of trial × SOA) obtained in Experiment 1.

Caratteristiche potenziale di preparazione cambiano in base all'affordance

Rizzolatti dimostrato che ci sono componenti sistema motorio che si attivano sia quando azione viene eseguita ma anche quando si mostra l'oggetto afferrabile = unità neurale che ha anche rappre del gesto di afferramento oltre ad attivarsi per azione = NEURONI CANONICI

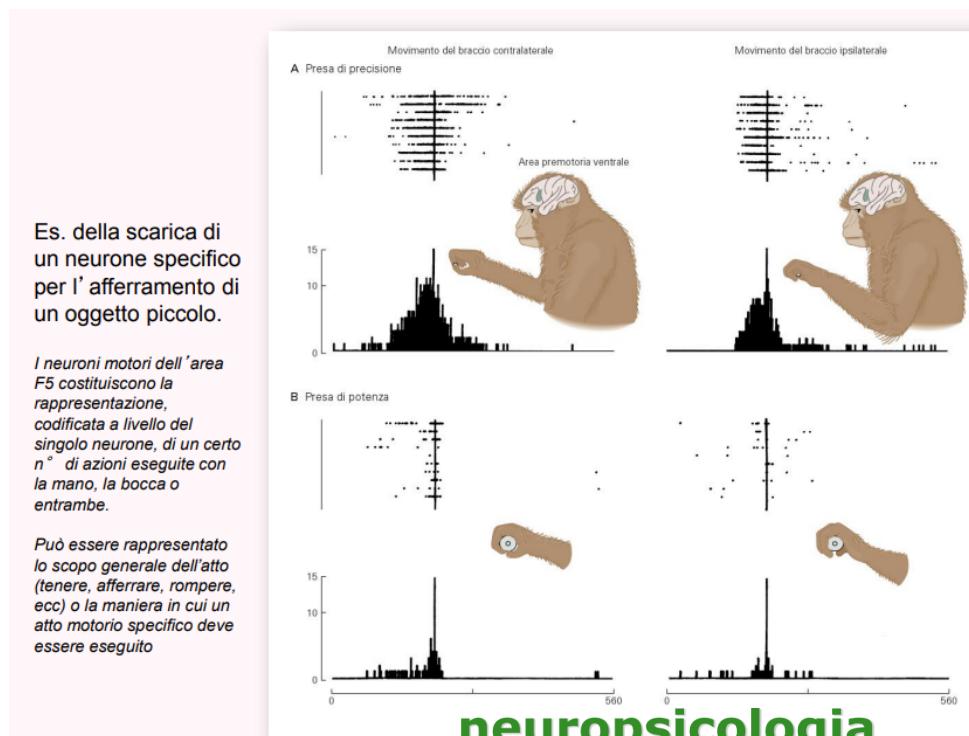
Prove neuropsicologiche nella direzione delle affordance

Paziente affetta dalla sindrome della mano anarchica = condizione diversa alla sindrome della mano aliena per cui si intende un disturbo relativo alla percezione del proprio corpo → pazienti che sono convinti che la mano non sia loro e si può arrivare anche all'autoamputazione

Mano anarchica = condizione in cui paziente sa che è la sua mano ma lamenta e manifesta il fatto che la mano faccia azioni dirette a uno scopo senza controllo dell'individuo, no azione che soggetto decide di fare

Una possibile spiegazione è che quando uno prepara un movimento prima che inizi, c'è differenziazione tra attivazione aree motorie della premotoria e attivazione di SMA = area motoria supplementare

- SMA = si attiva quando si esegue azione che si è scelta di eseguire
- Premotoria = attivazione più generica e si attiva anche in risposta a uno stimolo ambientale
- Lesione a SMA in mano anarchica quindi una delle spiegazioni è relativa a questo circuito
- Quando ci sono certe condizioni di mutualità tra organismo e ambiente per cui emergono affordance, questo attiva dei programmi motori che potranno essere eseguiti → da premotoria mandato segnale a motorie primarie per eseguire azione
- In certi casi non è necessario o non si deve rispondere a un'affordance quindi ci sono meccanismi inibitori e questi sarebbero in SMA



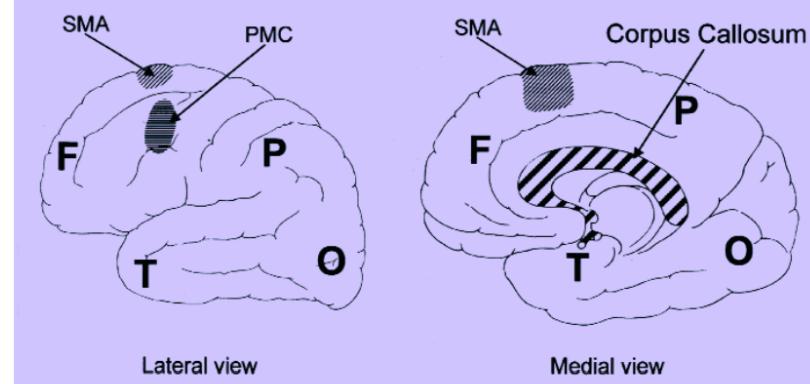
neuropsicologia

paziente JB incapace di nominare gli oggetti ma capace di mimare il loro utilizzo (Riddoch & Humphreys, 1987)

paziente con neglect capace di rilevare oggetti con un suggerimento motorio ("trova l'oggetto per bere") ma non con un suggerimento semantico ("trova il bicchiere")

mano anarchica

FIGURE 1 Localisation of the premotor cortex (PMC) and the supplementary motor area (SMA) in the lateral and medial view of the left hemisphere



- Paziente ha danno a meccanismo inibitorio, quindi, non riesce a inibire risposta automatica elicitata dall'affordance
- Questa idea dimostra che ci sono meccanismi di risposta automatica alle affordance che spiegano anche meccanismi di natura psichica come gli atti mancati di Freud → no inconscio ma inconscio gibsoniano
- Altra interpretazione → mano anarchica non problema di percezione del corpo ma di percezione di agentività = percezione di chi è causa delle proprie azioni e il fatto che quando si fa azione perché la si decide di fare la si percepisce come causa della propria intenzione
- Libero arbitrio non esiste perché siamo costruiti per rispondere in modo automatico agli stimoli → libero arbitrio è nella possibilità di inibire un comportamento; quindi, sarebbe un libero voto

6/12/2022

EVENTI E ALTRE MENTI

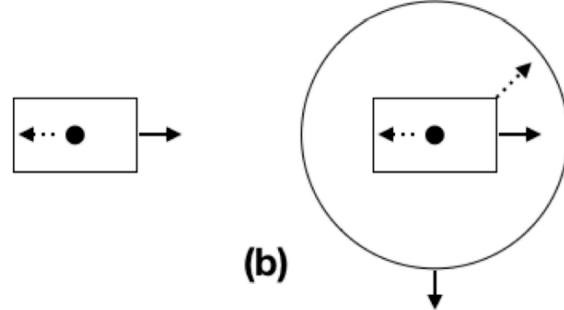
Quando interagiamo con conspecifici o anche con altri animali abbiamo la sensazione di avere a che fare con un organismo che ha contenuti mentali e una certa forma di coscienza, anche l'altro organismo sta avendo delle percezioni nel mio stesso ambiente

Eventi = qualche tipo di situazione-stimolo in cui le cose evolvono nel tempo

movimento indotto

Dalla Gestalt viene l'idea che quando si percepiscono movimenti si percepisce sempre un'organizzazione e un qualche tipo di struttura di cambiamenti spazio-temporali quindi ogni movimento è sempre rispetto a qualche schema di riferimento quindi quello che succede quando c'è una struttura di movimenti relativi, è che i movimenti sono organizzati rispetto a una gerarchia di schemi di riferimento.

Es problema dell'apertura → movimento segmento attraverso apertura circolare e se si aggiunge un punto sul segmento, questo diventa una caratteristica tracciabile e sembra muoversi lungo il segmento → punto non si muove rispetto alla cornice ma rispetto al segmento che diventa il suo schema di riferimento



Es movimento indotto → illusione di movimento per cui oggetto fermo ma altro che si muove, quello fermo sembra muoversi nella direzione opposta → treno fermo ma altri si muove e sembra muoversi il proprio

Movimento = cambio di posizione rispetto al tempo e dipende tutto dallo schema di riferimento

Es → punto fisso dentro la cornice e se la si muove in una direzione, si vede la cornice ferma e il punto che si muove nella direzione opposta

Il sistema visivo organizza il movimento in una gerarchia di sistemi di riferimento

Figura b → aggiunta altro schema di riferimento → cornice grande si muove verso il basso e la cornice rettangolare si muove verso dx → punto sembra muoversi rispetto alla cornice e quindi sembra andare verso sx e la cornice ha come movimento la somma del suo e di quella circolare

schemi di riferimento a volte hanno dei centri che fungono da riferimento per l'organizzazione del movimento → es percezione del movimento di rotolamento che si può studiare con una tecnica = individuando punti notevoli su un potenziale contorno → si vede movimento di un punto che sta sulla ruota e il punto non ruota che è una proprietà dell'oggetto ma descrive una curva cicloide

se si aggiunge altro punto nel centro della ruota allora la cicloide non si vede più perché quel movimento diventa un movimento di traslazione del centro in orizzontale e contemporaneamente movimento di rotazione del punto esterno e quindi si vede un rotolamento.

Due punti sulla circonferenza e centro → punti esterno si muovono lungo una cicloide ma si vede un bastone che avanza lungo una traiettoria ondulata oscillando rispetto a un centro virtuale

MOVIMENTO BIOLOGICO

Tipo di stimolo molto utilizzato.

L'idea è di togliere le info sulla forma e i contorni per isolare info legate alla cinematica = movimenti relativi = evento

Studio percezione di eventi non riferiti a un oggetto, ma in cui evento è un'evoluzione nel tempo di un organismo che si muove depurata dalle componenti di forma

Point light display = punti luminosi messi sulle articolazioni principali

PLD della testata a Materazzi:

- Percezione della tridimensionalità del corpo = struttura da movimento
- Percezione di una interazione e relazione di causalità
- Percezione di intenzionalità

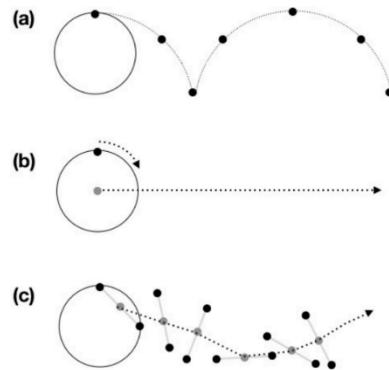
anche nel caso della percezione del movimento biologico vale il concetto di organizzazione in base a gerarchie di schemi di movimento

prima ricerca in cui si sono sintetizzati dei camminatori programmandoli sul computer per manipolare movimenti relativi e dimostrare che il modo in cui si organizzano i movimenti di diversi punti luminosi implica una organizzazione rispetto al centro

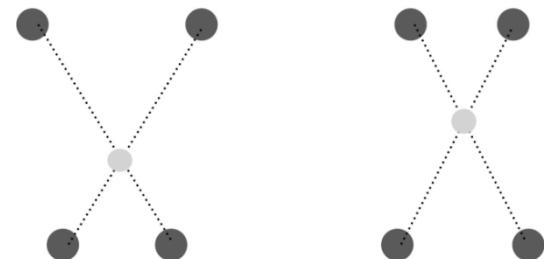
esperimento di discriminazione del sesso usando PLD → uomo medio e donna media → una delle differenze è che M tendono ad avere spalle larghe e bacino stretto e le F il contrario e questo implica che se questo si traduce in un sistema di punti, per M centro più basso rispetto alle F

persone sono capaci di distinguere il sesso, sono in grado di classificare il tipo di azione e di comprendere molti dettagli del movimento.

rotolamento



center-of-moment



Idea che cinematica di un evento consente di percepire causalità risale e Michotte che ha studiato eventi semplici

Albert Michotte (1946)



- Situazione in cui oggetto che colpisce altro e a causa dell'urto l'altro si mette in movimento → manipolando diversi aspetti della cinematica di questo evento risultano diversi modi di percepire la relazione di causa effetto
- Primo arriva, tocca il secondo e rimane lì per un po' e dopo il secondo parte non si percepisce una causa ma si percepiscono due movimenti
- Primo tocca il secondo e poi si muovono insieme come se il primo spingesse il secondo

Interpretazione anche in termini di intenzione

Coppia di psicologi tedeschi aveva provato a studiare la percezione dell'intenzione

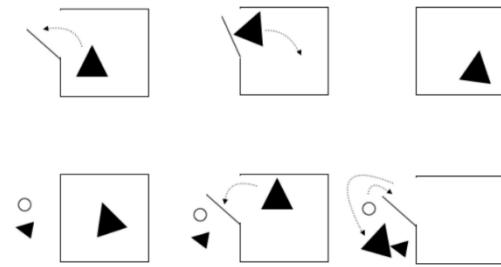
- Creare un cartone animato con una storia rudimentale con forme astratte e succedono eventi semplici
- impossibile per le persone dare una descrizione degli eventi in termini di figure geometriche e in termini di traiettorie → modo spontaneo è dare descrizione di oggetti animati con intensioni e carattere
- tentativo di isolare aspetti cinematici riferendoli alla comprensione delle altre menti → idea che info sulle intenzioni possono essere ricavate dalla cinematica e dall'organizzazione dei movimenti nello spazio-tempo
- basi neurali della capacità di comprendere il significato delle azioni altrui → vitality forms = carattere espressivo del movimento convogliato dalla cinematica
- noi capiamo il significato di questi eventi cinematici grazie ai meccanismi specchio = noi abbiamo lo stesso repertorio di azioni quindi quando si vede un evento risuoniamo dal pdv motorio e si attiva lo stesso movimento che faremmo noi

METATEORIE: PERCEZIONE COME OTTICA INVERSA

4 tipi di teorie diverse divise in due gruppi:

1. teorie che cercano di descrivere percezione come un processo di ragionamento razionale e logico e cerca di risolvere un problema di ottica inversa → queste teorie risalgono al lavoro di Helmholtz che è usato come schema teorico. Modello probabilistico della percezione → soluzione al problema inverso non è esatta ma è probabilistica e la mente raccoglie campione e sulla base di questo cerca di fare la migliore rappresentazione del mondo esterno

Heider & Simmel (1944)



2. teorie che sono intorno all'idea che non è importante pensare alla percezione come un recupero di quello che sta nel mondo esterno → questo è un problema irrilevante

"Poiché le percezioni degli oggetti esterni hanno la natura di idee, e poiché le idee sono invariabilmente attività della nostra energia psichica, le percezioni non possono che essere il risultato dell'energia psichica.

Quindi, a rigore, la teoria delle percezioni appartiene al dominio della psicologia... Tuttavia anche qui si apre un ampio campo di ricerca sia per la fisica sia per la fisiologia, in cui si devono determinare, con metodo per quanto possibile scientifico, le specifiche proprietà dello stimolo fisico e della stimolazione fisiologica responsabili della formazione di una particolare idea relativa alla natura degli oggetti percepiti."

Thomas Bayes → teorema è il fondamento con cui si descrive il processo di inferenza probabilistica che è l'essenza del processo percettivo

H → autore di un manuale di ottica fisiologica → parte più importante = modello di percezione come inferenza deduttiva probabilistica

Inferenza è un processo psicologico inconscio

A partire da info sensoriali si deve cercare di fare inferenza induttiva, migliore hp probabilistica su quale è stata la causa dei segnali sensoriali

Oggetti poi si proiettano sulla retina in modo bidimensionale con diverse forme e orientazioni

Regola generale → nel fare inferenza su quello che c'è sulla retina e servono dei vincoli e servono info in più rispetto a quelle disponibili sulla retina perché queste sono ambigue. H ritiene che l'assunzione fondamentale che guida il processo di inferenza è che si stanno usando gli occhi in condizioni normali e la situazione è tipica

Ottica diretta → oggetto e si guarda proiezione sulla retina

Ottica inversa → a partire dalla proiezione sulla retina si cercano di fare inferenze sull'oggetto → modello Biderman a partire dai geoni si fa inferenza probabilistica sulla struttura 3D dell'oggetto che ha generato quella proiezione

- se c'è giunzione a T nella maggioranza dei casi significa che localmente c'è una situazione di davanti-dietro

(p. 5) "Accade così che, quando le modalità di stimolazione degli organi di senso sono inusuali, si formano idee incorrecte sugli oggetti: idee che quindi sono state descritte come *illusioni dei sensi*.

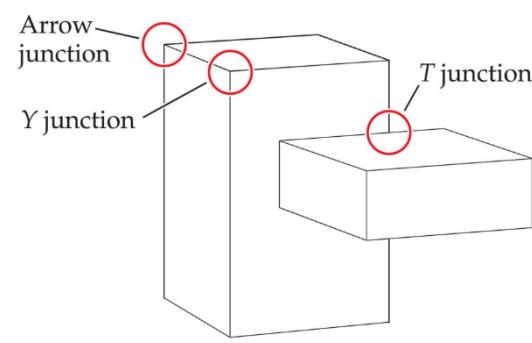
Naturalmente, in questi casi non c'è nulla di sbagliato nell'attività degli organi di senso e nei corrispondenti meccanismi nervosi che producono l'illusione. Tutti devono funzionare in base alle leggi che governano le loro attività una volta per tutte."

"Le attività psichiche che ci portano a inferire che di fronte a noi, in un certo posto, c'è un certo oggetto con certe caratteristiche, generalmente non sono attività coscienti, ma inconsce.

Per quel che riguarda il loro risultato, sono equivalenti a una conclusione, nel senso che l'azione osservata sui nostri sensi ci consente di formarci un'idea della possibile causa di questa azione; nonostante, di fatto, accada invariabilmente che soltanto le stimolazioni nervose siano percepite direttamente (cioè le azioni e mai gli oggetti esterni)."

"La regola generale che determina le idee della visione, quelle che si formano ognqualvolta gli occhi subiscono un'impressione, con o senza l'aiuto di strumenti ottici, è la seguente:

Vengono sempre immaginati come presenti nel campo della visione degli oggetti con le proprietà che essi avrebbero dovuto possedere allo scopo di produrre le stesse impressioni sul meccanismo nervoso che si sarebbero prodotte se gli occhi fossero stati usati nelle normali condizioni ordinarie."



cubo di Necker → figura distabile in cui ci sono due modi di vedere il cubo

notato da molti che le due alternative di vedere il cubo non sono equiprobabili → se si presenta a persone naïf la maggior parte vede il cubo appoggiato e ci vuole tempo prima che vedano inversione → possibile spiegazione è la teoria di H = tendiamo ad assumere che stiamo guardando gli oggetti in condizioni normali, quindi, è più probabile osservare un cibo appoggiato su un tavolo, rispetto a visione dal basso

tendiamo ad assumere di non essere in un pdv accidentale ma tendiamo ad assumere di essere nel pdv a probabilità più alta

stessa cosa dell'illusione chiaro-scuro della conca o collina →
interpretazione ombreggiature in base all'assunzione che la luce venga
dall'alto

REGOLA DI B → regola che serve a calcolare proba di evento a posteriore
= dopo che si sono acquisite nuove info = meccanismo per modificare una
credenza che si aveva prima → credenza di partenza modificata dalle
nuove info a posteriori e quindi si ottiene conoscenza a posteriori

Ciclo percezione-azione → situa in cui c'è uno stato di conoscenza,
acquisizione nuovi dati tramite attività esplorativa che modifica le
conoscenze

Solo regola probabilistica

Percezione è un compromesso tra info bottom-up e top-down → più stimolo ricco e situa complessa, più il
lavoro sembra facile perché la percezione è data dalle info in ingresso, più info degradata maggiore
rilevanza delle info top-down

Info top-down del volto batte tutte le info quindi si percepiscono molto facilmente i volti

METATEORIE: PERCEZIONE COME ORGANIZZAZIONE SPONTANEA, SINTONIZZAZIONE O INTERFACCIA

Alternativa alla teoria di Helmholtz sono teorie che hanno in comune il fatto di cercare di allontanarsi
dall'inferenza inconscia e probabilistico

- Percezione come organizzazione spontanea = Gestalt
- Percezione come sintonizzazione = Gibson
- Percezione come interfaccia = recentissima → Hoffman scopo percezione non è far vedere il
mondo reale che non serve all'uomo per funzionare bene, ma serve interfaccia ecologicamente
adattativa per interagire con la nostra nicchia ecologica → teoria costruttivista perché percezione è
una costruzione mentale
- Teorie dirette = teoria di Gibson che sosteneva che percezione fosse un processo diretto quindi
componenti top-down sono irrilevanti perché pensava che quei fenomeni fossero solo in
laboratorio e che nell'ambiente in cui ci siamo evoluti, l'info sensoriale è talmente ricca che non c'è
bisogno di altre info
- Teorie indirette sostengono che ci vuole altra info oltre a info disponibile → per gestalt ci sono
regole che sono aspettative a priori

regola di Bayes (semplificata)

**conoscenza a posteriore =
conoscenza a priori x
nuove informazioni**

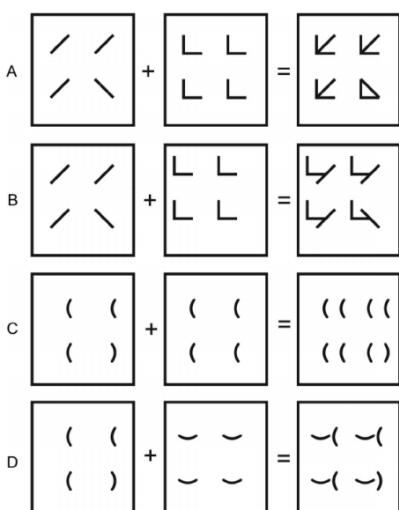

**perceitto =
assunzioni top-down x
informazioni sensoriali**

Per gestalt la percezione è come un campo di forza nel cervello che è tutto connesso al suo interno → campi di forze hanno la capacità di auto-organizzarsi

Problema fondamentale per loro era capire come proprietà globali del campo di forza risulta dall'interazione fra le diverse parti ma anche percorso inverso = come comportamento delle parti dipende dalle proprietà globali del tutto

Parti dipendono dal tutto tanto quanto il tutto dipende dalle parti

Effetto di superiorità della configurazione → stimolo in alto che è quello di base e se c'è singleton diventa saliente rispetto agli altri oppure no in base a una configurazione figura-sfondo

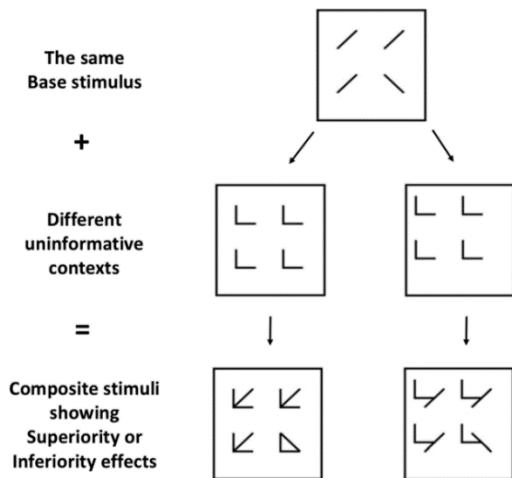


- In alto singleton per orientamento
 - Due contesti identici e non informativi che vengono aggiunti allo stimolo di base per ottenere nuove configurazioni
 - A dx si vede prima il singleton in questa configurazione più complessa rispetto a quella base
 - Tutto dipende dalle leggi del tutto
- Confrontare prestazione persona nell'individuare le parti o la configurazione e confrontarla con la prestazione di una rete neurale che invece di osservare lo stimolo osserva il pattern di attivazione neurale nel sistema visivo → risultati mostrano che la proporzione di risposte corrette è maggiore per configurazione totale ed effetto è più facilmente prevedibile sulla base dell'attivazione delle aree di alto livello del sistema visivo, nelle aree visive di basso livello questo pattern si inverte per cui c'è superiorità delle parti

"The basic thesis of gestalt theory might be formulated thus:

there are contexts in which what is happening in the whole cannot be deduced from the characteristics of the separate pieces, but conversely; what happens to a part of the whole is, in clear cut cases, determined by the laws of the inner structure of its whole."

Max Wertheimer, Gestalt theory. (translation of lecture at the Kant Society, Berlin, 1924)



Psicologia gestalt e teoria di Gibson sono molto collegate anche se sono diverse → contatto perché Gibson nei primi anni della sua carriera ha insegnato in un college

Per G percezione è un processo di raccolta diretta di info = organismo è sintonizzato su certe info disponibili nell'ambiente e quello che fa è raccogliere l'info senza nessun processo costruttivo o ricostruttivo, no ragionamento

Come avviene il risuonamento?

è possibile anche per problemi complicati immaginare meccanismi che li risolvano senza inferenza ma attraverso processo di auto-organizzazione

planimetro polare ma oggi si usa il modello della rete neurale → complessa ma si organizza da sola e si regola in funzione dell'input tra le sue unità

oggetto usato prima dei computer per calcolare aree di oggetti di forme arbitrarie → specie di compasso con punto fisso, braccio snodato e altro braccio con punta e con questo calcatoio basta seguire il contorno della forma arbitraria e il movimento del calcatoio produce in sequenza del tempo un aprirsi e chiudersi dell'angolo nel cilindro graduato

cilindro graduato tarato in modo che sequenza di angoli viene convertito in un'area

secondo teoria di Gibson la percezione è sintonizzata con il mondo esterno in questo modo → meccanismi smart che risolvono problemi di ottica inversa

Hoffman

- Gibson = percezione sintonizzazione sulla realtà
- Hoffman = percezione non serve a fare vedere la realtà, quello che è in realtà è irrilevante perché lo scopo della percezione è quella di fare funzionare l'organismo nel suo sistema e per funzionare bene non serve conoscere la realtà

Per gestire comportamento di organismo che deve mangiare e riprodursi e per questo non serve un sistema percettivo che fa vedere la realtà, ma serve sistema percettivo che funzioni come interfaccia della realtà che non è la realtà ma è un'illusione ma che è adattativa ed efficiente

Teoria dell'interfaccia → finzione

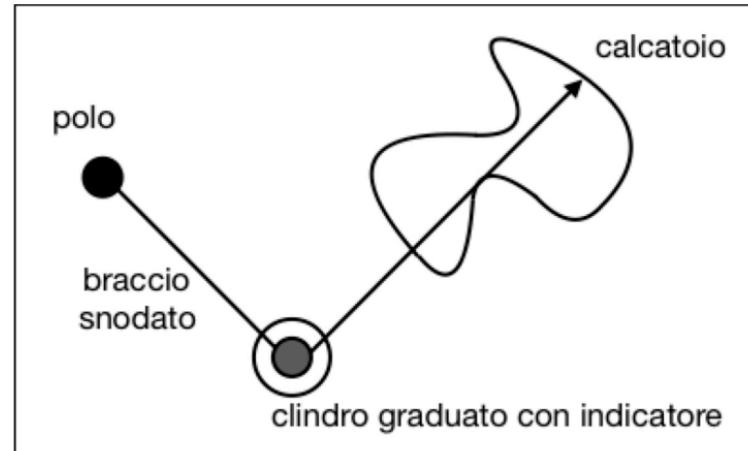
Percezione = interfaccia con ambiente e che consente di funzionare nel modo migliore

Idea sistematica, gibsoniana in questo, in quanto organismo ha un rapporto di mutualità con il suo ambiente

Ha provato a testare la sua idea tramite uso di simulazioni → cosa succede a organismi simulati che devono sopravvivere in ambiente simulato dotandoli di sistemi percettivi costruiti in base al

- principio di cercare di massimizzare probabilità che percezione corrisponda a quello che realmente c'è nell'ambiente
- principio di massimizzare il fitness dell'individuo = grado di valore adattativo del processo percettivo → non importa se percezione vera o falsa

dal confronto gli organismi con sistemi percettivi che massimizzano realtà si estinguono mentre quelli che massimizzano la fitness sopravvivono



PERCEPTION: A MULTISENSORY PERSPECTIVE

CAPITOLO 1

1.1 PERCEPTION

La **percezione** è ciò che ci permette di capire cosa si trova nel mondo. Tradizionalmente è stata descritta come una **catena di eventi** → i sensi sono stimolati energia fisica e questa stimolazione genera una **sensazione**. Questi sono dati grezzi che poi vengono passati agli strati più alti dell'elaborazione. Avviene prima una combinazione delle sensazioni provenienti dai vari canali sensoriali per arrivare al prodotto finale che sono i **percetti** = esperienza cosciente degli oggetti e degli eventi nell'ambiente

MODELLO DELLA CATENA PSICOFISICA in cui la percezione ha 3 stadi:

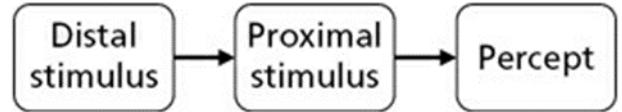
1. Oggetti esterni interagiscono con una forma di energia che poi arriva agli organi di senso = stimolo distale
2. Energia dello stimolo distale è codificata dagli organi di senso e produce uno stimolo prossimale
3. Processi interni interpretano lo stimolo prossimale generando un percepito cosciente

Esempio di visione → oggetti distali riflettono la luce sull'occhio dove un'immagine prossimale viene formata. Un network di cellule costruisce una rappresentazione dell'immagine che viene mandata al cervello per un processamento ulteriore.

PSICOFISICA → insieme di metodi comportamentali per studiare le relazioni quantitative tra i percetti e gli stimoli → **FECHNER**

Secondo il modello della catena psicofisica ogni senso ha la sua catena; quindi, sono indipendenti e separati tra loro.

Interazione tra i sensi può avvenire ma sempre dopo un processamento primario separato a seconda del canale sensoriale



Le frecce sono solo in una direzione = l'informazione procede solo nel verso che va dall'input all'output. Inoltre, il modello implica una risposta passiva alla stimolazione in arrivo.

Per molti ricercatori questo modello è sbagliato → i sensi non sono separati tra loro e il percepito non deriva da un'elaborazione passiva dei dati. I meccanismi percettivi lavorano come dei ricercatori attivi dell'informazione sensoriale.

La **percezione** è un processo **CICLICO** in quanto noi siamo organismi in movimento e grazie a questi movimenti otteniamo continuamente nuovi segnali sensoriali dall'ambiente = **CICLO MULTISENSORIALE DI PERCEZIONE – AZIONE**

1.2 IS PERCEPTION MODULAR?

Il primo step della percezione è sempre una risposta neurale a livello dei recettori, cellule che convertono uno stimolo fisico in un impulso neurale = **TRASDUZIONE**

L'informazione è inizialmente processata in parallelo da neuroni specifici e poi convogliata alle aree sensoriali nella corteccia:

- Segnali visivi → lobo occipitale = V1
- Segnali somatosensoriali → lobo parietale = S1
- Segnali uditivi → lobo temporale = A1

Ognuna di queste aree è organizzata in modo diverso:

- V1 = organizzazione retinotopica
- S1 = organizzazione somatotopica
- A1 = organizzazione tonotopica

MENTE MODULARE, FODOR

F propose che l'architettura funzionale della mente umana è meglio descritta dalla distinzione tra facoltà orizzontali e verticali:

- Orizzontali = per la fissazione della convinzione
- Verticali = per l'analisi dell'input

La differenza principale tra sistemi di input e facoltà orizzontali è che i sistemi di input sono modulari e sono caratterizzati da:

- Specificità di dominio → regolati su classi specifiche di proprietà degli stimoli
- Architettura neurale fissa → strutture fisse che non variano nel corso dello sviluppo
- Incapsulamento dell'informazione → ogni sistema di input processa l'informazione solo all'interno del suo dominio e non è influenzato dal processamento fatto da altri domini

Nelle ultime due decadi le basi empiriche e teoretiche dell'idea di Fodor sono state messe in discussione. Evidenze da modelli animali dimostrano che i canali sensoriali interagiscono tra loro a livelli intermedi del percorso neurale dai recettori alla corteccia.

Diversi studi hanno dimostrato che aree sensoriali primarie deprivate dal normale input sensoriale possono essere reclutate per processare altri tipi di input → individui diventati ciechi precocemente in cui l'area visiva può rispondere a input non visivi.

1.3 IS PERCEPTION PASSIVE?

Lavoro pionieristico di Gibson "Observations on active touch" in cui fece due cose importanti

1. Raccolse molti dati utilizzando un semplice compito → partecipante doveva descrivere diverse proprietà di un oggetto percepito con la mano ma con interazione nascosta dietro una tenda. Questa situazione permetteva a Gibson di vedere i movimenti della mano e di registrare i resoconti verbali e di registrare le caratteristiche che emergevano dal solo tocco → percezione giusta con tocco attivo mentre difficile con tocco passivo
2. Esperimento con cookie cutters → mostrati ai partecipanti e poi testato il loro riconoscimento tramite il tatto e senza visione → accuratezza media con tatto attivo era del 95% mentre con tatto passivo solo del 29% (passivamente premuti sulla mano da un sistema artificiale)

Questo perché i movimenti della mano producevano un continuo cambiamento e una costellazione di eventi meccanici mentre la stimolazione passiva produceva un pattern spazio-temporale definito di stimolazione prossimale.

3. introdusse una terza condizione → pressione passiva ma fatta dallo sperimentatore → localizzazione della stimolazione uguale a quella del tatto passivo ma in questo caso la stimolazione non era sempre uguale, cambiava → accuratezza di riconoscimento del 72%

Ultimo libro di Gibson "The ecological approach to visual perception"

L'esperimento del cookie cutter è un esperimento multisensoriale e di riconoscimento crossmodale che richiedeva ai partecipanti di matchare la stimolazione tattile con quella visiva precedente.

In questo contesto il corpo diventa un organo per ottenere informazione dall'ambiente e non è più solo un attuatore di movimenti → 2 implicazioni:

1. nuovo ruolo del corpo
2. ruolo del movimento nei processi multisensoriali

Entrambe queste implicazioni giocano un ruolo fondamentale nelle teorie dell'Embodied Cognition

1.4 PERCEPTUAL SYSTEMS

SISTEMA = un set di elementi interconnessi a formare un complesso tutto. Un sistema ha delle **PROPRIETÀ EMERGENTI** che sono quelle che risultano dall'interazione tra le componenti ma che non possono essere ridotte alle singole componenti (es meteo).

L'idea che la percezione include processi di organizzazione che seguono specifiche gerarchie e che questo risulta in proprietà emergenti è un elemento chiave della **PSICOLOGIA DELLA GESTALT**.

Libro di **Gibson** “**The senses considered as perceptual systems**” in cui rifiuta la classica nozione di sensi come un insieme di canali passivi, unidirezionali e psicofisiologici e in cui dice che queste unità sono multisensoriali.

Lui propone che la mente umana ha 5 sistemi percettivi:

1. Per orientazione di base (es postura)
2. Udito
3. Aptico (proprietà meccaniche e termiche degli oggetti)
4. Olfatto e gusto
5. Visione

Dice anche che questi sistemi percettivi hanno una relazione complessa con i sistemi motori che vengono da lui classificati in 7 categorie:

1. Posturali
2. Orienting – investigating (movimento per ottenere info esterne come quelli degli occhi e della testa)
3. Locomotori
4. Appetitivi
5. Performativi (movimenti per alterare l'ambiente)
6. Espressivi (facciali)
7. Semantici (es linguaggio)

METODI

- Il metodo più semplice è quello **dell'analisi fenomenologica e la sua dimostrazione**. La fenomenologia è lo studio e la descrizione dell'esperienza percettiva di un individuo. Spesso le dimostrazioni fenomenologiche si basano sulla creazione di situazioni di conflitto multisensoriale che permette di capire la dominanza di un canale sensoriale sugli altri (illusione del ventriloquo) oppure rivelare condizioni in cui i segnali di conflitto risultano in un percepito che non può essere ridotto ai singoli segnali sensoriali. I dati possono essere raccolti anche da questionari
- **Metodi comportamentali** → dati raccolti tramite procedure psicofisiche
 - Accuratezza = capacità di percepire una caratteristica ambientale correttamente
 - Precisione = la misura della costanza nella risposta

Dati sulla precisione e accuratezza forniscono informazione chiave per le interazioni multisensoriali

- Tempo di processamento = stimato misurando il tempo di risposta in funzione di varie manipolazioni multisensoriali
- Misurazione della cinematica del movimento
- **fMRI e PET** → misurano il consumo metabolico di sostanze come ossigeno e glucosio in varie aree cerebrali. Possibile inferire quali aree sono selettivamente attive durante un compito
- **ERP** = tecnica encefalografica non invasiva che misura segnali elettrici sullo scalpo durante compito
- **TMS**
- Tutte queste misure possono essere fatte sia su soggetti sani che su **soggetti patologici**
 - Soggetti con sinestesia = condizione neurologica in cui il cervello è in grado di elaborare simultaneamente 2 o più stimoli sensoriali distinti o concorrenti
 - Soggetti con danno cerebrale o altre condizioni neurologiche
 - Comparare soggetti con deprivazioni sensoriali a vari stadi dello sviluppo
 - Deafferentazione sensoriale

Indipendentemente dal metodo, gli studi sulla multisensorialità possono essere anche suddivisi in base alla domanda di ricerca:

- **What for** → interesse nel capire quale è il valore aggiunto della percezione multisensoriale rispetto a quella unisensoriale
- **How** → interessate a determinare gli algoritmi e le computazioni naturali che uniscono segnali sensoriali differenti in un unico segnale multisensoriale e in un unico percepito insieme alla comprensione dei correlati neurali
- **Whether** → cosa accende e spegne la percezione multisensoriale e cosa porta il cervello in alcuni casi a unificare i percetti a favore di una percezione multisensoriale e quando invece vengono tenuti separati

TERMINOLOGIA

- Modalità sensoriale = i sensi → meccanismi neurali o funzionali o l'info sensoriali codificate da tali meccanismi
- Percezione amodale → es triangolo di Kanizsa in cui si esperisce un completamento modale quando si percepiscono dei bordi anche se non ci sono e un completamento amodale quando si ha la percezione che alcune strutture continuino dietro ad altre
- Caratteristiche amodali → caratteristiche che possono essere usate per identificare un oggetto o evento in più di una modalità sensoriale

CAPITOLO 2

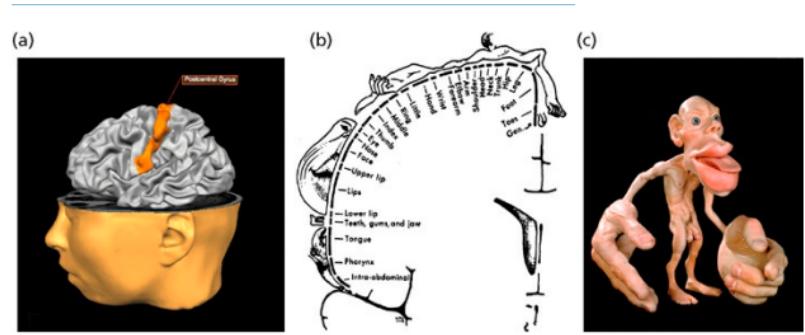
PERCEIVING YOUR OWN BODY

2.1 L'ENIGMA DELL'HOMUNCULO

Homuncolo somatosensoriale = una serie di parti corporee lungo S1 oppure anche rappresentato come un homuncolo in cui le parti del corpo sono sproporzionate

Entrambe queste rappresentazioni servono per

- Esprimere esistenza di una mappa del corpo in S1 = topografia ordinata dei segnali somatosensoriali periferici in S1 → non come sono disposte realmente perché viso è adiacente a quella della mano



- Quantità diversa di territorio corticale dedicato ai segnali provenienti per esempio dalla mano e dalla bocca

Questa rappresentazione fu predetta per la prova volta da **Hughlings-Jackson nel 1863** mentre lavorava con **pazienti epilettici** → regolarità nei pattern motori durante le convulsioni → hp convulsioni si propagano seguendo una mappa delle parti del corpo presente in corteccia

Hp confermata poi dagli studi di **Penfield**.

Oggi organizzazione di S1 può essere dimostrata con tecniche di fMRI.

Se la rappresentazione cerebrale del corpo non è altro che la mappa somatotopica in S1, il modo in cui percepiamo i nostri corpi diventa davvero un enigma. La soluzione a questo enigma è data dal fatto che la percezione del corpo non deriva solo da segnali somatosensoriali ma anche da segnali motori e di altri canali sensoriali. Probabile che questi contributi multisensoriali e motori portano a rappre del corpo più vicine alle metriche reali.

2.2 SEGNALI SENSORIALI DAL CORPO NON DERIVANO SOLO DAL TOCCO

La **pelle** è l'**organo più grande** che possediamo (fino a 1/2 metri quadrati) e contiene vari tipi di recettori:

- Recettori termici
- Recettori sensibili a vari tipi di energia (nocicettori e meccanocettori)
- Scoperti anche fibre di tipo C che rispondono a stimoli pruriginosi o a tocco affettivo

Relativamente all'interno del corpo, sono presenti recettori nei muscoli e nelle articolazioni che danno info essenziali per la percezione del proprio corpo = propriocezione (Sherrington) → senso che spesso rimane nascosto ma molto importante per la postura e il tono muscolare inoltre è quello che invia le info più velocemente (80/120m al secondo = 360 km/h) grazie alle fibre alfa

Altro concetto introdotto da **Sherrington** è quello di **interocezione** → sensazione viscerale che deriviamo dagli organi interni.

Recentemente è stato proposto che tutte le info che rappresentano la condizione fisiologica del corpo, sia sulla superficie che nell'interno, contribuiscono a un percorso dedicato, distinto da quello del tatto e della propriocezione → sentimenti viscerali e non sarebbero tutti elaborati in un unico sistema → cervello tratta insieme tutti i segnali che danno info utili sulla condizione del corpo

Questa proposta di base sull'osservazione di un percorso neurale distinto per le fibre di piccolo diametro (Adelta e C) tra trasmettono input da temperatura, dolore e tocco affettivo e che innervano quasi tutti i tessuti del corpo. Questo circuito ha una zona specifica del midollo spinale e del tronco e termina in una porzione della corteccia diversa da S1 = corteccia insulare dx.

Questo deriva anche dall'evidenza che quando c'è lesione a S1, non vengono intaccate le sensazioni di dolore e temperatura → la temperatura, il dolore e il tocco affettivo trasmettono qualità emotive e risposte regolatorie automatiche nel sistema autonomo.

2.3 VEDERE IL CORPO

Nonostante la percezione del corpo possa avvenire anche senza visione, per tutta la vita la visione gioca un ruolo importante e fornisce continuamente informazioni preziose. Inoltre il grado di precisione delle info visive è di molto superiore rispetto a quella delle info sensoriali.

MIGLIORAMENTO VISIVO DEL TATTO (VET)

= migliore rilevazione tattile e discriminativa in una parte specifica del corpo, di solito la mano, quando la parte del corpo viene vista direttamente o indirettamente. Il VET emerge nonostante il fatto che la visione della parte del corpo sia completamente irrilevante e poco informativa sulla somatosensazione.

Longo e colleghi (2011) hanno esaminato i potenziali elettrici evocati dagli stimoli consegnati direttamente ai nervi della mano, confrontando le condizioni in cui i partecipanti guardavano direttamente la mano stimolata a quando guardavano un piccolo blocco di legno che era approssimativamente a mano. I risultati hanno mostrato che la visione della mano, rispetto alla visione dell'oggetto, ha modulato una risposta somatosensoriale molto precoce nel cervello, che si verifica circa 30 ms dopo che la stimolazione al nervo è stata consegnata. Questa risposta è stata registrata in S1 → suggerisce che le interazioni multisensoriali possono modulare l'elaborazione delle info relative al corpo molto precocemente.

COME LA VISIONE POSSA INFLUENZARE LA PERCEZIONE DEL CORPO

Una delle prime osservazioni fatta da Weber nel 1834 in cui scoprì un'illusione tattile che si verifica quando si confronta la distanza tra coppie di stimoli tattili applicati alla pelle → stessa distanza sembra più grande sul dito rispetto all'avambraccio = illusione di Weber

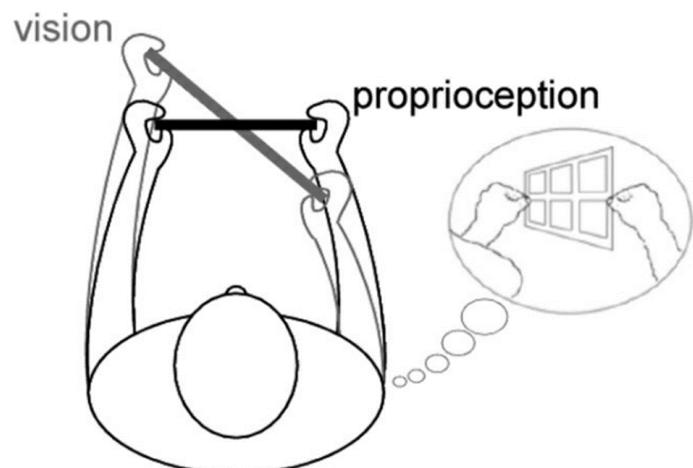
L'illusione di Weber rivela che la rappresentazione distorta del corpo in S1 può influenzare il comportamento in una certa misura, portando a giudizi errati sulle dimensioni degli oggetti che toccano la pelle.

Questa illusione è comunque inferiore a quanto ci si aspetterebbe se si considerasse solo S1 → dopo S1 il cervello prende in considerazione altre fonti di info in particolare usando info visive per ridimensionare gli input somatosensoriali.

FINESTRA MULTISENSORIALE DI AMES

La finestra è un trapezio che tende ad apparire come un rettangolo inclinato = finestra aperta → bruno e collaboratori hanno chiesto ai partecipanti di tenere questo modello in mano tenendo un occhio chiuso. La visione monoculare è necessaria per rimuovere i segnali binoculari in profondità e aiutare il cervello a elaborare i segnali prospettici che fanno apparire il trapezio come un rettangolo inclinato.

Quando si tiene la finestra si percepisce una mano più vicina dell'altra = illusione propriolettiva perché le mani in realtà sono equidistanti



- I segnali somatosensoriali informano veridicamente il cervello che la posizione della mano rispetto al tronco (equidistante) e di come sono messe le braccia (estese)
- I segnali visivi sono coerenti con un oggetto inclinato in profondità per cui un lato sembra più vicino al corpo
- Terzo elemento = segnale tattile delle dita che informa di un contatto con l'oggetto

Il cervello ha quindi un problema: come possono le mani essere equidistanti dal tronco, se sono a contatto con un oggetto in posizione che sembrano diverse? Si crea quindi l'illusione

2.4 INCARNARE PARTI VISIBILI DEL CORPO

In certe condizioni la visione può anche ingannare il cervello e portare per esempio alla percezione di un arto falso come una parte del corpo. Questo fu notato per la prima volta da Tastevin → disponendo un panno in modo tale che un dito finto spuntasse fuori e il soggetto metteva la propria mano non tanto distante nascosta, il soggetto a volte giudicava erroneamente il dito come appartenente alla sua vera mano.

ESPERIMENTO Botvinick e Cohen, 1998 = illusione della mano di gomma

- Soggetti dovevano posizionare la mano sx dietro uno schermo
- Di fronte veniva posizionata una mano finta sempre sx
- Istruiti a guardare la mano finta senza fare niente
- Sperimentatore, nel frattempo, tocca sia la mano vera che quella finta con due pennelli, toccando le stesse dita
- Dopo 10 minuti di tocco sincrono i partecipanti segnalavano:
 1. Quando gli veniva chiesto dove erano stati toccati rispondevano nella localizzazione dove il pennello toccava la mano finta
 2. Se dopo aver chiuso gli occhi dovevano dovuto indicare la posizione dove erano stati toccati, ne avrebbero indicato una più vicina alla mano di gomma
 3. Nei partecipanti in cui la stimolazione delle due mani era sincrona, erano più inclini a dire che la mano di gomma apparteneva al proprio corpo



Questo è un importante strumento per studiare le interazioni multisensoriali nella percezione del proprio corpo.

Fattori critici perché avvenga l'illusione:

- Dipende dalla postura relativa e dalla distanza tra la mano finta e quella reale → se la mano sono allineate di verifica, se la mano falsa è ruotata di 90° o se è di 30 cm più distante, l'illusione non funziona
- Necessaria sincronia tra le due stimolazioni → tendenza della mente a legare insieme segnali sensoriali che sono simultanei o entro finestre temporali piccole

Principio fondamentale dell'integrazione multisensoriale: ASSUZIONE DI UNITÀ

Altro principio importante: quando il cervello deve decidere se una parte del corpo visibile appartiene o no al corpo, confronta i segnali multisensoriali in arrivo con le rappresentazioni presenti nella MLT che non per forza devono essere coscienti → illusione avviene anche se appartiene a una diversa etnia rispetto a quella dei partecipanti, se si usano colori strani... queste rappresentazioni interne includono quindi la posizione attuale e la disposizione spaziale del corpo, ma non forma, colore, dimensione, razza e genere del corpo

DA MANI FINTE A CORPI INTERI FINTI

Nel 2007, utilizzando la realtà virtuale. Due studi hanno applicato l'illusione della mano di gomma a tutto il corpo.

- Soggetti osservavano una immagine del proprio corpo catturata da una videocamera situata alcuni metri dietro di loro e consegnata alla loro visione tramite un display montato sulla loro testa
- Vedevano il loro corpo filmato da dietro e l'esperienza è stata amplificata accarezzando il corpo in sincronia con una carezza visiva sull'immagine del loro corpo
- I partecipanti sperimentavano auto-posizioni illusorie per il loro corpo reale

- Riferivano anche si avere sperimentato tocco quando veniva toccata l'immagine e alcuni riferivano un certo grado di disincarnazione corporea
- Sperimentavano una visione in terza persona del proprio corpo

2.5 RUOLO DELLA INTEROCEZIONE NELLA PERCEZIONE DEL CORPO

I segnali interocettivi e vestibolari sono centrali nella percezione del corpo, ma fino agli ultimi anni sono rimasti marginali. Recenti studi suggeriscono che il grado in cui i soggetti elaborano i loro segnali interni influenza il loro grado di suscettibilità alle illusioni quindi il grado di malleabilità della loro rappresentazione corporea.

ESPERIMENTO TSAKIRIS

- Misurato la capacità dei soggetti di monitorare e contare i loro battiti cardiaci in un breve intervallo di tempo → capacità variabile nella popolazione e si correla con altri indici di consapevolezza interocettiva
- Partecipanti meno capaci in questo compito erano anche più soggetti all'illusione della mano finta
- Persone che soffrono di disturbo alimentare hanno solitamente una consapevolezza interocettiva alterata
- Bambini con disturbi dello spettro autistico = migliore consapevolezza

Se sei altamente sensibile agli stati interni del tuo corpo (hai buoni modelli interocettivi di come il tuo corpo dovrebbe sentirsi) potresti essere più incline a rifiutare l'ipotesi percettiva che la mano finta sia tua. Questo perché nessuna delle tue sensazioni interocettive è una corrispondenza plausibile con il braccio finto che vedi. Al contrario, se il tuo monitoraggio delle sensazioni interocettive è scarso, anche la tua capacità di notare che le tue sensazioni corporee interne non corrispondono al braccio visto sarà meno efficiente. Di conseguenza, la tua rappresentazione del corpo sarebbe più malleabile e più influenzata dalle illusioni del corpo.

2.6 SEGNALI VESTIBOLARI E PERCEZIONE CORPOREA

I segnali vestibolari sono fondamentali per le interazioni tra il corpo e l'ambiente. Queste sensazioni provengono da organi di senso su ciascun lato della testa, all'interno dell'orecchio interno e accanto alla struttura che ospita i meccanismi per la trasduzione del suono = coclea

Gli **organi vestibolari** comprendono i **canali semicircolari** e gli **otolotiti** che insieme formano il labirinto vestibolare. Ogni canale circolare è riempito di liquido e contiene cellule ciliate che rilevano i movimenti del fluido. Dato che ogni labirinto vestibolare contiene 3 canali semicircolari orientati nei piani x, y, z, può segnalare cambiamenti nell'orientamento della testa rispetto alla gravità.

Gli organi otolitici, l'utricolo e il sacculo, sono costituiti da cellule ciliate incorporate in un mezzo gelatinoso sormontato da elementi simili a pietre (l'otolite, letteralmente le 'pietre dell'orecchio', dalle parole greche per 'orecchio' e 'pietra'). Rilevano l'accelerazione lineare e la rotazione della testa e sono gli organi sensoriali che segnalano al cervello quando il treno inizia effettivamente a muoversi.

Al contrario degli altri segnali sensoriali che possono essere ambigui ed essere modificabili, i segnali vestibolari sono sempre in riferimento alla gravità che è fissa e uguale per tutti.

La prova che i cambiamenti vestibolari possono avere effetti sulla rappresentazione del corpo viene dalla letteratura neuropsicologica:

- Pazienti vestibolari affermano che le estremità diventano più grandi o si allungano durante le vertigini

In pazienti sani, applicazione stimolazione elettrica dietro le orecchie per indurre cambiamenti prevedibili negli organi sensoriali vestibolari durante illusione mano finta → aumentando intensità della stimolazione, aumentava la percezione della mano finta come propria

2.7 IL CORPO MULTISENSORIALE E IL SE SOCIALE

Punto di partenza quando i ricercatori si sono resi conto che il **paradigma della mano falsa** poteva essere adattato a una situazione in cui la parte del corpo stimolata appartiene chiaramente a un'altra persona.

Questo succede quando lo sperimentatore tocca simultaneamente il volto di un partecipante mentre osserva il volto di un'altra persona che viene toccato in modo simile.

- Partecipanti riferiscono, quando tocco sincrono, di percepire un tocco quando altra persona viene toccata
- Dopo stimolazione percepiscono il volto dell'altra persona come più simile al proprio
- Se esposti a una serie graduata di morph tra il proprio volto e quello dell'altra persona, identificano come propri i morph con un maggiore percentuale di caratteristiche del volto dell'altro

La stimolazione multisensoriale può innescare una somiglianza percepita tra sé e l'altro che si espande oltre l'aspetto fisico per comprendere tratti di personalità. Questi studi rivelano che la percezione multisensoriale può causare una fusione tra sé e gli altri lungo dimensioni concettuali e sociali, estendendo l'impatto delle illusioni corporee multisensoriali al dominio della cognizione sociale.

Studi per esplorare fino a che punto la condivisione di un corpo attraverso le illusioni multisensoriali potrebbe promuovere l'empatia e la presa di prospettiva → riconoscimento delle emozioni migliorato dopo illusione

Altri studi hanno esplorato fino a che punto le conseguenze concettuali delle illusioni corporee multisensoriali potrebbero cambiare gli atteggiamenti sociali nei confronti dei gruppi e cambiare la categorizzazione a lungo termine che le persone applicano ai gruppi sociali → dopo illusione gli atteggiamenti dei soggetti caucasici verso le persone africane erano più positivi.

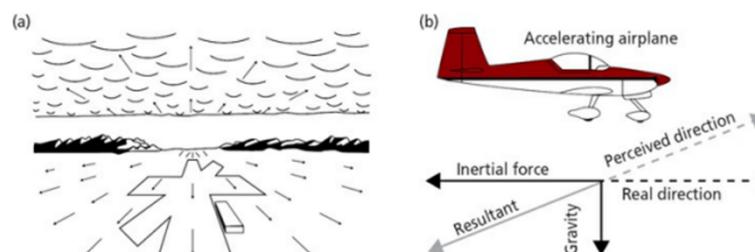
Ciò che queste linee di ricerca mostrano è che una prospettiva multisensoriale della percezione corporea può avere un impatto che va oltre alla semplice percezione corporea. La rappresentazione concettuale del sé, compresi i costrutti sociali come il legame interpersonale o gli stereotipi, sembrano essere influenzati da queste semplici manipolazioni. Quando si guardano i comportamenti sociali comuni a tutte le culture, in realtà è piuttosto sorprendente come le sincronizzazioni multisensoriali e motorie tra individui siano state utilizzate nel corso della storia umana per promuovere il legame sociale → es comportamenti rituali che si basano sull'agire di un gruppo in modo sincrono

CAPITOLO 3

PERCEPTION FOR ACTION

3.1 COMPORTAMENTO MOTORIO

Gray ha esaminato una serie di risultati empirici riguardanti il ruolo dei segnali multisensoriali nello sport e nella guida di automobili e aeroplani → es modo in cui i piloti controllano la direzione di un volo in condizioni che comportano una improvvisa accelerazione in avanti del velivolo



Il pilota ha a disposizione 3 fonti di info:

1. **Focus di espansione (FOE) del flusso ottico**, registrato attraverso il canale visivo e potenzialmente specifico per la direzione di volo relativa al terreno sottostante
2. **Segnali di pressione causati dalla gravità** sulle porzioni di pelle che fanno contatto con il sedile → segnali somatosensoriali
3. **Segnale vestibolare** causato dalla forza di inerzia che risulta dall'accelerazione in avanti

La combinazione dei segnali gravitazionali e quelli dell'inerzia suggerisce al pilota un movimento verso l'alto anche se il movimento è in linea con il terreno. Questo non è un problema quando ci sono anche i segnali visivi, ma quando questi mancano, piloti inesperti potrebbero essere ingannati e correggere la traiettoria di volo.

LESSICO MOTORIO

- Comportamenti motori **discreti** = hanno inizio e fine definiti (lanciare una palla)
- Comportamenti motori **continui** = non hanno inizio e fine ben definiti (nuoto)
- Comportamenti motori **seriali** = sequenze di comportamenti discreti eseguiti uno dopo l'altro (preparare caffè)

Questa distinzione riguarda i movimenti effettivi che fanno parte di un'azione e il loro dispiegamento temporale.

Importante se l'ambiente in cui viene eseguita l'azione è prevedibile o no

- Comportamenti motori **aperti** = azione che può essere modificata durante il suo svolgimento in un contesto non prevedibile
- Comportamenti motori **chiusi** = condizioni stabili

Questa distinzione riguarda la natura dell'ambiente tipico di una certa azione.

Se combinati insieme, queste due classificazioni suggeriscono che alcuni tipi di comportamenti motori possono essere eseguiti utilizzando principalmente segnali sensoriali che sono stati raccolti prima di iniziare qualsiasi movimento reale.

- **Azione discreta chiusa** = sequenza di movimenti ben definiti da eseguire in condizioni relativamente fisse, quindi possibile pre-programmare la sequenza ed eseguirla rapidamente prestando poca attenzione all'input sensoriale durante il movimento effettivo
- **Azione seriale aperta** = implica una sequenza di movimenti discreti in condizioni imprevedibili. La corretta esecuzione di questa attività richiede elaborazione dei segnali sensoriali che diventano disponibili durante l'esecuzione

Analisi implica che la guida sensoriale delle azioni si basi su:

- Dati raccolti prima del movimento = fase preparatoria
- Segnali disponibili durante il movimento = fase di controllo online

Queste due strategie implicano diversi effetti della velocità del movimento.

STUDIO WOODWORTH

- Rotolo continuo di carta è stato montato su un dispositivo chiamato kymografo che spostava la carta mentre un partecipante tracciava una serie di linee rette successive con una matita
- Chiesto ai partecipanti di rendere ogni riga uguale a quella precedente → ogni trial ha creato l'obiettivo per la prova successiva assicurando che i partecipanti pianificassero ogni movimento da capo invece di ripeterli meccanicamente
- Vantaggio = testare i partecipanti in due condizioni = occhi aperti e occhi chiusi

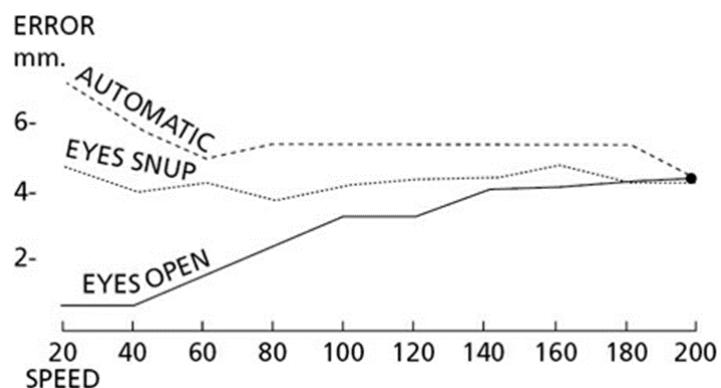
- Variata anche velocità di esecuzione di ogni prova
- In ogni prova ha misurato l'errore riproducendo la lunghezza della linea precedente

Risultati

- Occhi aperti → guardata ogni riga durante sua riproduzione
- Occhi chiusi → ricorso alla memoria
- Condizione automatica → occhi aperti ma senza guardare le linee
- Errore medio cresce con la velocità nella condizione occhi aperti ma non nelle altre due
- Errore medio rimane costante nelle altre due condizioni anche se non perfettamente → leggermente più grande nella condizione automatica rispetto a quella ad occhi chiusi

W ha interpretato questi risultati come una prova che la guida sensoriale del movimento prevede due fasi:

1. **Regolazione iniziale** → la regolazione iniziale della grandezza target viene eseguita prima di iniziare il movimento sulla base dei segnali sensoriali disponibili
2. **Controllo corrente** → il controllo corrente viene eseguito durante il movimento e consiste in una serie di aggiustamenti successivi e più fini mediante i quali un movimento è abilitato ad approssimarsi sempre più al suo obiettivo



Più è lungo il tempo di movimento, maggiore è la possibilità di eseguire le regolazioni fini online. Ci si aspetterebbe quindi un aumento degli errori all'aumentare della velocità (con conseguente riduzione del tempo per eseguire il movimento). Gli aggiustamenti però si basano spt su segnali visivi della posizione della mano e relativi all'obiettivo del movimento. Quando questi non sono disponibili, non ci si aspetta di vedere un effetto della velocità.

W ha notato, usando il metronomo, che c'era una covariazione tra risposte successive e velocità:

- Impostazioni più lente del metronomo = movimenti più lenti e anche intervallo più lungo per la presentazione del bersaglio (risposta precedente) e l'inizio della risposta

Ha suggerito che la regolazione iniziale diventa meno certa all'aumentare dell'intervallo intercorso causando un piccolo incremento dell'errore medio alle impostazioni del metronomo inferiori.

Il modello di W è stato molto influente per tutti gli studi sulle trasformazioni sensorimotorie nei movimenti semplici.

3.2 INTERAZIONI MULTISENSORIALI NEL MIRARE

Nonostante manipolasse solo segnali visivi Woodworth era consapevole che i movimenti di mira erano regolati da processi multisensoriali.

Nel suo esperimento riteneva che nella condizione ad occhi aperti venisse usata solo la visione ignorando il senso muscolare, mentre nella condizione ad occhi chiusi veniva usata una rappresentazione motoria astratta e interna. La sua prima conclusione è sbagliata mentre la seconda è in parte corretta.

I dati a sostengo di queste conclusioni vengono da studi che usano la tecnica di **ADATTAMENTO PRISMATICO** = esposizione dei partecipanti a un disturbo sistematico dell'input ottico e l'osservazione delle

prestazioni si adattano (uso di prismi a cuneo che deviano i raggi della luce e sono indossati come occhiali oppure uso di specchi, lenti o schermi).

È noto che l'adattamento a disturbi ottici comporta un riallineamento delle mappe visive e propriocettive all'interno dei meccanismi sensomotori. Questo può essere quantificato misurando gli errori motori che il soggetto compie rimuovendo gli occhiali che ha indossato per un certo tempo.

STUDIO rossetti, Desmurget e Prablanc, 1995 → studio interazioni multisensoriali tra visione e propriocezione

La risposta di mira è programmata durante la visualizzazione della mano e il bersaglio, ma poi eseguita vedendo il target e non la mano. Il programma motorio è quindi simile al pre-calcolo di uno spostamento vettoriale nello spazio, dalla posizione iniziale della mano alla posizione del bersaglio (concetto di "impulso iniziale" di Woodworth.) Se il calcolo di questo spostamento vettoriale fosse basato interamente su segnali visivi, ci si aspetterebbe che le dita dei partecipanti atterrino a circa 4 cm a sinistra del bersaglio, cioè ci dovrebbe essere un bias di puntamento uguale allo spostamento ottico causato dall'apparato.

I ricercatori hanno osservato che il bias era circa 1/3 dello spostamento previsto. Anche il movimento iniziale era meno deviato del previsto.

Hanno concluso che il movimento è stato calcolato eseguendo una fusione ponderata dei segnali visivi e propriocettivi sulla posizione iniziale della mano.

Il cervello da quindi più peso ad alcuni segnali rispetto che ad altri. Nel caso di questo esperimento hanno maggiore peso quelli propriocettivi (segnali visivi disponibili solo all'inizio mentre quelli propriocettivi disponibili sempre).

Come vengono assegnati i pesi ai segnali? Spesso dipende dalla precisione dei segnali stessi

- Localizzazione bersaglio visivo è più precisa nella direzione ortogonale alla linea di vista
- Localizzazione bersaglio propriocettivo è più precisa nella direzione parallela

In uno studio classico, Charles Harris (1963) ha fatto utilizzare ai partecipanti un prisma a cuneo in un compito di mira a un bersaglio visivo. Ha quindi confrontato i postumi quando il soggetto mirava a un bersaglio visivo con quelli che miravano a un bersaglio uditorio (un clicker invisibile dietro il piano del tavolo) e in un generico movimento "dritto" senza bersaglio, sia per la mano adattata che non adattata.

	Adapted hand	Unadapted hand
Aiming to visual target	5.8 cm	1 cm
Aiming to acoustic target	5.1 cm	-0.5 cm
Generic forward movement	5.6 cm	0.5 cm

I risultati hanno mostrato come l'adattamento a un bersaglio visivo si trasferisce facilmente a un bersaglio acustico e ad un movimento generico se la stessa mano viene utilizzata pre-peri e post adattamento.

Il trasferimento al target acustico dimostra che l'adattamento è multisensoriale e non solo visivo. Il trasferimento al movimento generico dimostra che l'adattamento non è semplicemente un processo motorio, perché un generico movimento rettilineo è diverso da uno specifico spostamento vettoriale a un bersaglio visibile. Presi insieme, questi risultati suggeriscono che l'adattamento è, in effetti, un cambiamento in una rappresentazione multisensoriale di livello superiore dello spazio.

Ha inoltre osservato che non c'è nessun trasferimento alla mano non adattata → processi multisensoriali per il controllo motorio sono specifici per l'effettore.

Redding e Wallace (2009) hanno osservato il trasferimento dell'adattamento dalla mano sinistra non dominante alla mano destra dominante, ma non da destra a sinistra. Interpretarono questo trasferimento asimmetrico come dovuto all'organizzazione corticale dello spazio, dell'attenzione e del controllo motorio. In questo modello, l'emisfero sinistro rappresenta l'emispazio visivo destro, mentre l'emisfero destro rappresenta sia l'emispazio sinistro che quello destro. Al contrario, il controllo motorio è simmetrico, con l'emisfero destro che controlla solo la mano sinistra e l'emisfero sinistro che controlla solo la mano destra. A causa dell'asimmetria corticale nell'attenzione spaziale, ma non nel controllo motorio, l'adattamento sensomotorio usando la mano destra impegnerà solo l'emisfero sinistro, impedendo il trasferimento alla mano sinistra non adattata. Al contrario, l'adattamento con la mano sinistra impegnerà l'emisfero destro per il controllo motorio, ma entrambi gli emisferi per rappresentare la posizione del bersaglio e la posizione della mano nello spazio, creando le condizioni per il trasferimento alla mano destra non adattata.

- ➔ altri studi hanno però dimostrato un trasferimento e questo può essere dovuto a differenze ed errori metodologici

In ogni caso si conclude che l'adattamento prismatico può essere altamente specifico in certe condizioni e generalizzabile in altre.

STUDIO Morton e Bastian

Hanno adattato i partecipanti ai prismi durante la mira o la camminata verso un bersaglio, e poi li hanno testati per la generalizzazione all'altro movimento. I loro risultati hanno rivelato asimmetria: il camminare è ampiamente generalizzato per il mirare, ma la mira non generalizza per camminare. Hanno poi ripetuto lo studio con pazienti cerebellari (si ritiene che il cervelletto sia una struttura chiave nel riallineamento spaziale durante l'adattamento). I pazienti hanno mostrato un adattamento ridotto e, soprattutto, nessuna generalizzazione in entrambe le condizioni. Questi risultati possono essere interpretati come la prova che il controllo multisensoriale delle azioni di tutto il corpo nello spazio lontano implicano una rappresentazione più generale rispetto alle azioni dei soli arti. Il primo (controllo di tutto il corpo) può influenzare le regioni cerebrali di ordine superiore indipendenti dall'effettore più del secondo (controllo dei soli arti). Questo avrebbe un buon senso adattativo, in quanto camminare verso un oggetto spesso comporta una successiva interazione manuale con quell'oggetto, mentre mirare semplicemente verso un oggetto non comporta necessariamente un'azione correlata dopo essersene allontanato.

ADATTAMENTO PRISMATICO

3.3 INTERAZIONI MULTISENSORIALI NELL'AFFERRAMENTO

Presa di precisione → studio attraverso 3 marcatori sulla punta delle dita e sul polso

- Traiettoria, velocità e accelerazione del marcitore descrivono come la mano si muove verso l'oggetto
- La posizione relativa dei marcatori sulla punta delle dita nel tempo descrive come cambia la configurazione della mano nel corso del movimento

Questa azione avviene in modo fluido → analisi della cinematica ha rivelato che c'è un sofisticato uso dei muscoli che controllano spalla e gomito e di quelli che controllano la mano → la loro coordinazione si traduce in un movimento efficiente in cui le dita si aprono mentre la mano accelera, raggiungo un punto di massima apertura vicino al bersaglio e poi inizia una fase di decelerazione che porta le dita a contatto con il bersaglio

- **Fase accelerazione si basa su rappre spaziali calcolate prima dell'inizio del movimento**
- **Fase di decelerazione comporta aggiustamenti più fini basati sul feedback sensoriale online**

In che modo il cervello conosce la traiettoria, la velocità e la modellatura della mano appropriata per un dato oggetto in una certa posizione prima che la mano tocchi effettivamente l'oggetto?

Risposta potrebbe coinvolgere la visione, ma a sua volta il cervello visivo come fa a localizzare l'oggetto?

Si sa che un ruolo chiave all'interno della visione sia attribuito ai meccanismi spaziali binoculari → quando si fissa un oggetto, gli occhi convergono su di esso = convergenza binoculare e l'angolo di convergenza contiene info importanti sulla posizione dell'oggetto fissato → più grande è l'angolo, più vicino è l'oggetto

Questo è vero per l'oggetto fissato la cui proiezione cade su punti corrispondenti della retina e per tutti gli oggetti che si trovano sull'oroptere.

Per gli altri oggetti vale la disparità retinica che fornisce potenziali info sulla posizione in profondità e sulla struttura 3D.

Sia la convergenza che la disparità danno info utili finché ci si trova a 1/2 metri dal corso del soggetto (spazio peri).

Molti studi hanno quindi confrontato la cinematica dell'afferramento con o senza le info binoculari → prese con solo info monoculari hanno

- velocità con un picco inferiore
- fasi di decelerazione più lunghe
- aperture di presa più grandi

MGA = massima distanza in volo fra il pollice e il dito

TPV = durata della fase di accelerazione ridimensionata alla durata totale del movimento

Uno studio ha riportato un effetto sottile del colore del bersaglio sulla cinematica di presa di oggetti identici per forma e dimensione → MGA più grande per oggetti rossi rispetto a verdi → effetto non dovuto all'info monoculare o binoculare

Supposizione → nicchia ecologica tipica dell'uomo il rossastro (es frutti e rami di alberi) sono statisticamente associati con oggetti più grandi rispetto a quelli verdi (es foglie) sarebbe plausibile che i sistemi visivi abbiano incorporato un auto-cablaggio per il calcolo della dimensione dell'oggetto prima di afferrarlo.

Da vari studi emerge che la visione binoculare sia importante nel guidare le impugnature, ma sono da considerare anche le conoscenze top-down relativamente a oggetti di uso comune. Queste info top-down potrebbero essere attivate non solo da info visive, ma anche da segnali codificati all'interno di altri canali sensoriali.

STUDIO PARMA E PADOVA → presa può essere influenzata dall'odore?

- Partecipanti presentato deodorante e poi chiesto di afferrare un oggetto piccolo o grande
- Deodorante potrebbe evocare un oggetto di dimensioni simili o diverse

Hanno osservato che sia MGA e TPV erano influenzate dall'odore

- per oggetti piccoli = MGA più grande e TPV maggiormente ritardato quando la dimensione suggerita dall'odore era congruente con la dimensione visiva
- oggetti grandi = MGA più piccolo e TPV anticipato nella condizione incongruente in confronto a quella congruente o a quella senza odore

Questo e altri studi dimostrano che la cinematica della presa può essere modulata da info codificate all'interno dell'olfatto. Altri studi hanno rivelato effetti dei segnali acustici → suono che emergono nel momento dell'interazione con l'oggetto.

Hanno osservato che la durata totale delle prese e la durata della fase di decelerazione (o, in alternativa, la durata approssimativamente equivalente del movimento di chiusura delle dita) erano più lunghe nella condizione incongruente e più brevi nella condizione congruente, rispetto a una linea di base con un suono di controllo sintetico.

Congruenza del suono ha facilitato l'azione mentre l'incongruenza del suono ha interferito con essa.

STUDIO Tzvi Ganel, Israele

In questo studio, ai partecipanti sono stati presentati toni uditivi brevi (mezzo secondo) o lunghi (due secondi) e sono stati quindi richiesti di afferrare un oggetto target che è stato presentato immediatamente dopo la fine del tono. Ciò che è stato osservato è che, in media, i partecipanti hanno aperto le dita di più nella parte iniziale della presa (fino al 50% del movimento totale) dopo il tono lungo rispetto al breve. Questo risultato intrigante potrebbe essere interpretato come dovuto all'attivazione di una rappresentazione mentale crossmodale di alto livello di grandezza.

Interpretazione → cervello umano elabora lo spazio, il tempo e la quantità all'interno di un insieme condiviso di aree corticali nel lobo parietale e queste aree si sovrappongono in parte a quelle utilizzate per la presa. Percepire le grandezze, come le dimensioni dell'oggetto, sono ovviamente fondamentali per la pianificazione e l'esecuzione delle prese. Avrebbe senso quindi se questi sfruttassero rappresentazioni comuni, aspecifiche, in una certa misura, e quindi che una dimensione apparentemente irrilevante come la durata di un tono potrebbe influenzare l'elaborazione della grandezza per l'apertura della presa.

SEGNALI SOMATOSENSORIALI

In uno studio di Patchay, Haggard e Castiello (2006), ai partecipanti è stato chiesto di afferrare un oggetto posizionato sopra un piano del tavolo, mentre contemporaneamente toccavano un oggetto simile sotto il piano del tavolo con l'altra mano. Essi hanno osservato che la cinematica della presa è stata influenzata non solo dalla dimensione percepita degli oggetti da afferrare, ma anche dalla dimensione dell'oggetto sentito. È interessante notare che questo effetto era rilevabile non solo quando l'oggetto sentito era esattamente sotto l'oggetto visto, ma anche quando era spostato lateralmente rispetto ad esso. Pertanto, l'afferrare si basava su una rappresentazione integrata della dimensione, condivisa tra diversi effettori e segnali visivi e somatosensoriali, e almeno in queste condizioni indipendente dalla coincidenza spaziale.

In alcune condizioni è infatti vantaggioso condividere rappre di oggetti tra effettori o tra posizioni spaziali → esplorazione aptica bimanuale o classe di prese in cui si afferra per portare alla bocca.
È presente una rappre condivisa tra mano e bocca.

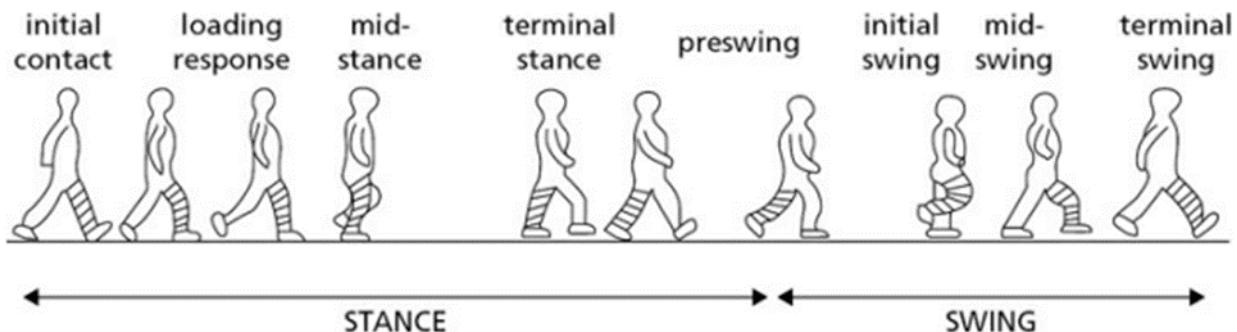
Gentilucci e collaboratori hanno registrato entrambe le aperture della mano e della bocca in due compiti. Nel primo, ai partecipanti è stato richiesto di afferrare oggetti di diverse dimensioni mentre aprivano la bocca (sono stati lasciati liberi di aprirla come desiderano, ma sono stati tenuti a mantenere costante l'apertura in tutte le prove). Nel secondo compito, erano tenuti a cogliere gli oggetti mentre pronunciavano sillabe (le sillabe erano stampate sugli oggetti stessi). Hanno osservato che l'apertura della bocca e persino la produzione del suono erano influenzate dalle dimensioni dell'oggetto. I partecipanti hanno aperto la bocca di più (nonostante le istruzioni) e hanno anche pronunciato sillabe leggermente più forti quando si afferrano oggetti più grandi, rispetto ai più piccoli.

Le mani vengono usate per molte cose tra cui la comunicazione gestuale quindi un collegamento tra l'atto di afferrare e la comunicazione fornisce una hp su come si possa essere evoluto il linguaggio → forse le rappre comuni tra movimenti della mano, della bocca e voicing sono condivise perché i suoni comunicativi si sono evoluti dai gesti comunicativi.

NEURONI SPECCHIO → neuroni nell'area F5 della scimmia che si ritiene omologa dell'area di Broca dell'uomo. Rappresentazioni motorie condivise per la mano e la bocca in questi substrati neurali possono

aver innescato una transizione graduale dalla comunicazione gestuale a quella vocale. A sua volta, questa transizione potrebbe essere stata ulteriormente facilitata da meccanismi neurali che codificano azioni a un livello ancora più alto di astrazione, quella di una rappresentazione neurale comune per le azioni che vengono eseguite e le azioni che vengono osservate.

3.4 INTERAZIONI MULTISENSORIALI NEL CAMMINARE E NELLO STARE IN PIEDI



ORGANIZZAZIONE RITMICA DEL CAMMINARE

- Posizione = circa il 60% del ciclo
- Swing = restante 40%

Una serie di movimenti che causano il trasferimento del peso corporeo da un piede all'altro → una serie di piccole cadute controllate che spingono il corpo nella direzione desiderata

Camminare coinvolge tutto il corpo, anche se alla normale velocità di camminata la maggior parte del lavoro è svolto dalle gambe, con le braccia e il tronco che agiscono principalmente come stabilizzatori. All'aumentare della velocità, le gambe producono maggiori gamme di movimento e la parte superiore del corpo contribuisce sempre più alla propulsione. Qualunque sia la velocità, è chiaro che camminare richiede il controllo delle traiettorie di diversi segmenti del corpo e la regolazione congiunta delle forze applicate sul terreno.

Visione classica questo coordinamento è gestito da configurazioni motoristiche efferenti e programmate che sono generate automaticamente ma che possono essere modificate da feedback afferenti che suscitano un comportamento riflesso. Le configurazioni motorie efferenti sono generate da circuiti neurali a livello del midollo spinale (generatori di pattern) mentre i riflessi sono controllati dal cervelletto.

Si ritiene generalmente che l'interazione tra l'efferenza motoria automatica e i riflessi basati sull'afferenza siano fondamentali per il controllo efficiente della locomozione, in quanto consente rapidi aggiustamenti in presenza di improvvisi cambiamenti nelle condizioni ambientali.

STUDI SU MODELLO ANIMALE

Negli studi sul sistema nervoso del gatto, ad esempio, i ricercatori hanno bloccato sia la connessione efferente dalla corteccia che le connessioni afferenti dai muscoli. Questi studi hanno rivelato l'attività ritmica, dopo l'applicazione della stimolazione elettrica, nelle fibre efferenti del midollo spinale. Dato che in questa preparazione il midollo spinale è scollegato da qualsiasi input esterno (sia esso afferente o efferente), questa osservazione suggerisce che i modelli motori possono essere generati all'interno del midollo spinale stesso.

Altri studi hanno studiato se le efferenze corticali sono necessarie affinché un animale esibisca un comportamento locomotore. Una tecnica particolarmente adatta è quella di interrompere chirurgicamente tutte le efferenze e le afferenze a livello del mesencefalo e quindi testare l'animale su un tapis roulant. Questo è stato fatto per esempio nel gatto. Dopo che il tapis roulant inizia a muoversi, le gambe

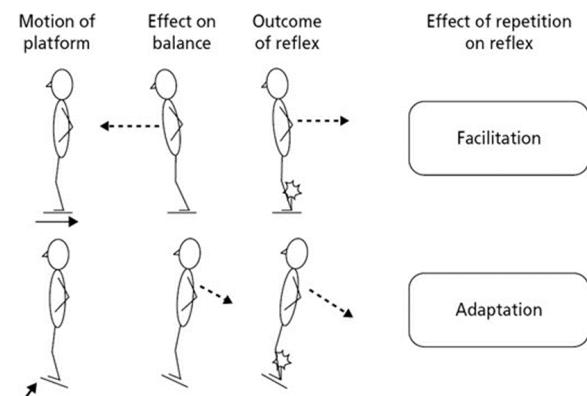
dell'animale iniziano presto a eseguire sequenze di passi simili alla locomozione naturale. Se la velocità del tapis roulant aumenta, aumenta anche la frequenza del passo e l'animale può persino passare a una corsa a velocità più elevate. Così, gli afferenti muscolari delle gambe sembrano essere sufficienti per attivare i modelli motori e modularli, anche senza alcun comando efferente corticale.

CONTROLLO DELLA POSTURA → RIFLESSO DI STIRAMENTO DEL GASTROCNEMIO (polpaccio)

Lo stiramento di questo muscolo causa l'attività aumentata in ricevitori del fuso del muscolo, che a sua volta aumenta l'attività del motoneurone all'interno di un arco riflesso spinale. L'effetto è che le fibre muscolari si contraggono, aprendo l'articolazione della caviglia e stabilizzando così la postura. In una serie di studi classici, Nashner (1976) ha chiesto ai partecipanti di stare su piattaforme che potrebbero scivolare all'indietro o ruotare. In entrambi i casi, il movimento della piattaforma allunga i muscoli del polpaccio ed evoca il riflesso, ma le conseguenze comportamentali differiscono

- Quando la piattaforma scivola all'indietro, il peso corporeo viene spostato in avanti e l'effetto del riflesso è quello di contrastare questo movimento in avanti, stabilizzando la postura.
- Quando la piattaforma ruota, al contrario, il peso corporeo viene spostato all'indietro e l'effetto del riflesso è che il peso corporeo viene spostato all'indietro, destabilizzando ancora di più la postura.

Usando l'elettromiografia, Nashner ha osservato che nel corso di prove ripetute il riflesso è cambiato in modi diversi nelle due condizioni. Quando il risultato era la stabilizzazione della postura, l'attivazione muscolare aumentava man mano che venivano eseguiti sempre più studi (facilitazione del riflesso). Quando il risultato era un'ulteriore destabilizzazione, l'attivazione muscolare tendeva a diminuire nel corso degli studi (adattamento del riflesso). Criticamente, non ha osservato la facilitazione e l'adattamento del riflesso nei pazienti con lesioni a livello del cervelletto, suggerendo che il riflesso è effettivamente modulato dall'attività in questa struttura sottocorticale.



Tutte queste osservazioni suggeriscono che il controllo della locomozione e della postura reclutano meccanismo filogeneticamente più antichi rispetto alla comparsa della corteccia. Questo non significa che la corteccia e le interazioni multisensoriali non siano importanti → esperimento SALA MOBILE

- Partecipante entra nella stanza e deve stare in piedi su una trave stretta = equilibrio di partenza precario
- Deve guardare la parete anteriore e lo sperimentatore sposta la stanza verso il partecipante
- Il partecipante tenderà a cadere all'indietro
- Se la postura fosse controllata solo dai riflessi, non si dovrebbe cadere perché la stanza si muove ma i piedi no, non stimolo ai muscoli del polpaccio
- I segnali sensoriali che causano la caduta sono quelli visivi = flusso ottico → se si fissa avanti nella direzione di movimento, tutte le proiezioni dei punti nell'ambiente si muovono radialmente rispetto a un punto centrale di espansione ed è l'unico che non si muove
- Area della scimmia per analisi del flusso ottico = area temporale mediale superiore MST
- In questo esperimento il flusso ottico radiale è prodotto dal movimento della stanza verso l'osservatore stazionario → questo viene interpretato come movimento in avanti causando un aggiustamento posturale all'indietro
- Dato però che il corpo non si è veramente spostato in avanti, questo porta il soggetto a cadere

Questo paradigma sperimentale fornisce la prova che il controllo posturale non è gestito solo da meccanismi simili a riflessi basati su afferenti muscolari, ma si basa anche su segnali visivi che nel caso di questo esperimento sovrappongono quelli propriocettivi e vestibolari.

VECTION = illusione di movimento nello spazio (quando vedendo un treno che si muove sembra che anche il proprio lo faccia anche se è fermo) → apparato per studiare le interazioni multisensoriali nella vection è quello del TAMBURINO OPTOCINETICO

Piattaforma circolare che può essere ruotata attorno a una barra centrale e intorno c'è un cilindro che rende il tutto una stanza cilindrica → set up per studiare l'interazione dei segnali visivi, muscolari e vestibolari quando si cammina

Sia la piattaforma che i muri iniziano a muoversi alla stessa velocità, ma in diverse direzioni. La piattaforma ruota verso di te, mentre le pareti vanno dall'altra parte. Se stai fermo, sarai portato in giro come in una giostra, ma il tuo compito è quello di camminare in avanti contro la piattaforma. Inizialmente, questo sarà inquietante. Sentirai la piattaforma iniziare, i muri sembreranno muoversi e dovrà sostenerti sul corrimano. Ma subito dopo l'intera situazione si stabilizzerà. Ti percepisci camminando intorno a una stanza stazionaria. La soluzione alternativa corretta, percependo che stai camminando sul posto all'interno di muri e piattaforme in movimento, diventa quasi impossibile da raggiungere.

2 questioni:

1. perché vengono scartati i segnali vestibolari che danno info sulla mancanza di accelerazione in avanti del corpo? I meccanocettori otolitici dell'orecchio rispondono meglio a accelerazioni lineari del corpo e smettono di rispondere quando ci si muove a velocità costante → dopo che si inizia a muoversi per questi recettori non fa differenza camminare sul posto o in avanti
2. Perché il cervello percepisce una camminata in avanti se è uguale in termini sensoriali a una camminata sul posto? ipotizzare che la scelta dipenda da una sorta di previsione interna delle conseguenze attese del proprio movimento. Dato che sto facendo un passo, il mio cervello si aspetta un flusso ottico coerente con il movimento in avanti.

DEAFFERENTAZIONE SOMATOSENSORIALE = causa un danno alle fibre nervose a livello del midollo spinale

Spesso persone con questa patologia sono condannate a vivere in una sedia a rotelle, ma il caso di Waterman ha dimostrato che, grazie a bravi fisioterapisti, è possibile tornare a camminare e a condurre una vita quasi normale. Lui ha imparato come compensare la mancanza di input sensoriali utilizzando quelli rimasti e utilizzando strategie attentive.

Lui doveva continuamente monitorare visivamente e attentamente e utilizzando tutte le info aggiuntive che poteva avere. Per camminare, per esempio, usava continuamente input visivi e vestibolari, per questo non riusciva a camminare al buio.

3.5 LA PERCEZIONE MULTISENSORIALE DELL'AGENTIVITÀ

Da Aristotele, a Hume e Kant fino all'epistemologia contemporanea, si sono tradizionalmente divisi in due campi. In un punto di vista, la causalità è fondata sulla razionalità umana: sperimentiamo la causalità perché deduciamo gli effetti dalle loro cause dalla logica. Secondo la visione alternativa, la causalità deriva invece da dati empirici: impariamo ad associare effetti a cause dovute a covariazioni statistiche che innescano l'apprendimento associativo.

AGENTIVITÀ = percezione del proprio sé come creatore di un'intenzione di agire cioè di essere la causa di un'azione compiuta e delle sue conseguenze

ESPERIMENTO LIBET (anni 80')

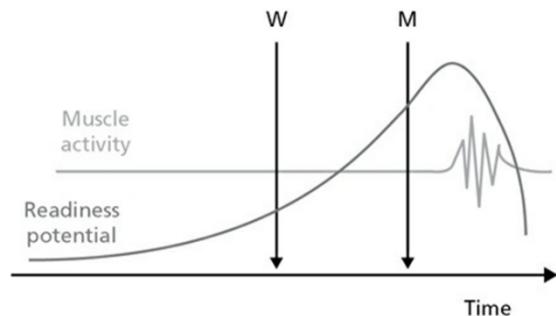
- In ogni prova i partecipanti è stato chiesto di svolgere un compito = sollevare una delle loro amni ogni volta che sentivano l'impulso di farlo
- Raccolta diverse misure →
- dati EEG per misurare le variazioni di potenziale elettrico dovute all'attività cerebrale, in particolare il potenziale di prontezza, caratteristica EEG che viene osservata prima dell'esecuzione del movimento
- misure elettromiografiche EMG dal braccio
- dati psicologici → partecipanti dovevano riferire il momento in cui si erano resi conto della loro intenzione di muoversi (giudizio di movimento W) e il momento in cui si erano resi conto che il braccio aveva effettivamente iniziato a muoversi (inizio movimento M) → per misurare ciò ha usato un dispositivo simile a un orologio che fa una completa rotazione in meno di 3 secondi → partecipanti lo vedevano e doveva dire la posizione del braccio rotante in corrispondenza di questi due momenti

risultati

- il potenziale di prontezza è stato il primo elemento a comparire ed è stata eseguita una contrazione iniziale dei muscoli
- per quanto riguarda i giudizi l'aspettativa è che dovrebbero precedere il potenziale di prontezza → Libet ha rilevato che in media W precedeva i movimenti effettivi
- W non si verificava prima del potenziale di prontezza che inizia ben prima di W
- Attività neurale inizia circa mezzo secondo prima che i partecipanti sperimentassero l'intenzione cosciente di muoversi

Questi risultati sono stati criticati ma allo stesso tempo anche replicati da altri studi.

Il fatto che l'attività cerebrale inizi prima sembra negare la nozione di libero arbitrio da parte di un sé cosciente. Nonostante ciò, W precede comunque i movimenti effettivi di circa 1/5 di secondo.



Questo suggerisce un'altra possibilità → la percezione di agentività non emerge dal substrato neurale della preparazione del movimento ma da un processo cerebrale successivo.

In questo quinto di secondo c'è tempo per elaborare il modo in cui il movimento verrà eseguito.

Un altro gruppo di ricerca ha rivelato che W correla con una funzione EEG successiva = potenziale di prontezza lateralizzata LRP che riflette una selezione di azioni processuali = scelta dell'effettore per l'esecuzione dell'azione

Libet ha trovato inoltre che il tempo medio di M era circa un decimo di secondo prima dell'inizio dell'attività elettromiografica → suggerisce che quando diventiamo consapevoli delle conseguenze sensoriali della nostra decisione di muoverci, stiamo percepindo il futuro → braccio inizierà a muoversi dopo una frazione di secondo

Questo secondo risultato dello studio di Libet è interessante perché suggerisce che i processi relativi alle intenzioni motorie hanno un impatto sulla percezione e, in particolare, sull'integrazione multisensoriale e sensomotoria.

STUDIO LEGAME INTENZIONALE

I partecipanti muovono un dito e il movimento provoca la presentazione di un tono. Usando un orologio di tipo-Libet, i partecipanti vengono istruiti a segnalare quando erano venuti a conoscenza dell'inizio del movimento (questo è il giudizio M di Libet) o, in altre prove, quando si erano resi conto di sentire il tono (chiamiamolo il giudizio T). Confrontate due condizioni

- Nel primo, i partecipanti spostano intenzionalmente il dito (questa condizione è quindi analoga al compito di Libet).
- Nella seconda condizione, il movimento del dito è provocato dalla stimolazione magnetica applicata alla corteccia motoria, utilizzando la TMS.

L'uscita dell'output motorio è paragonabile nelle due condizioni, ad eccezione di una differenza chiave: l'intenzione. Nella prima condizione, i partecipanti devono decidere che vogliono muovere il dito. Nel secondo, non lo fanno—il dito si muove solo a causa della stimolazione applicata. Questi studi hanno rivelato che questa differenza ha conseguenze sorprendenti per i tempi percepiti di M e di T

- Quando il movimento è intenzionale, M è ritardato e T è anticipato rispetto a una linea di base (questo è il tempo di M o T quando questi non sono accoppiati nello stesso trial ma presentati isolatamente).
- Quando il movimento è provocato da TMS, invece, M è anticipato e T è ritardato. Quindi, l'intenzione sembra avvicinare T e M nel tempo soggettivo, mentre la mancanza di intenzione sembra spingerli a parte.

Ciò dimostra che i tempi della consapevolezza cosciente possono essere modulata, presumibilmente fino ad un certo punto, da processi predittivi interni, indipendentemente dai tempi fisici degli eventi percepiti. Un'altra implicazione importante di questi risultati è che la percezione dell'agentività non può essere spiegata da un'inferenza cognitiva, disegnata a posteriori sulla base di correlazioni testimoniate tra percezioni del proprio movimento e delle sue conseguenze nell'ambiente. La percezione dell'agentività sembra invece emergere dalle interazioni multisensoriali tra segnali sensoriali dei movimenti dell'arto e rappresentazioni efferenti predittive associate all'elaborazione dell'intenzione.

Sembrerebbe che ciò che è fondamentale per l'agentività sia la specificità a livello del movimento, non al livello dell'obiettivo. Se questo fosse corretto, allora si dovrebbe essere in grado di dimostrare sperimentalmente che la percezione dell'agentività non è perturbata quando l'esito di un movimento si traduce in conseguenze sensoriali che differiscono da quelle che l'agentività si aspettava. Questa ipotesi è stata testata in uno studio di Sato & Yasuda (2005).

Nel primo studio del lavoro completo di Sato, i partecipanti hanno appreso l'associazione tra due azioni arbitrarie (premendo un tasto a sinistra o a destra della tastiera) e due conseguenze sensoriali (un tono alto o un tono basso). Dopo questa fase preliminare, è stato richiesto loro di eseguire le azioni su diverse prove. Con ogni azione, è stato presentato un tono che potrebbe essere coerente con l'associazione appresa o meno. Inoltre, Sato & Yasuda hanno variato il ritardo temporale tra la pressione del tasto e la presentazione del tono (il ritardo tra l'azione e le sue conseguenze sensoriali). Infine, in alcuni blocchi, i partecipanti hanno fornito le risposte motorie liberamente come nel compito di Libet, mentre in altri blocchi lo hanno fatto in risposta a un segnale go esterno. Dopo ogni prova, i partecipanti hanno fornito un rapporto introspettivo di quanto fossero convinti di quello che avevano previsto. L'impressione che hanno avuto i soggetti era quella di aver causato il suono (su una scala 0-100, 100 che significa piena percezione dell'agentività).

I risultati hanno rivelato che l'agentività si riduce da circa 100 a circa 75 se il suono è incongruente con l'associazione appresa. Ciò indica che la percezione dell'agentività non è completamente immune da violazioni delle conseguenze sensoriali previste di un'azione. Tuttavia, non è completamente interrotto da queste violazioni—almeno quando queste sono relativamente lievi come la sostituzione di un singolo tono con un altro. Un effetto drammatico si rivela invece aumentando il ritardo tra azione e la conseguenza

sensoriale. Quando il ritardo viene aumentato da zero a mezzo secondo, la percezione dell'agentività precipita da circa 100 a meno di 20. Sato ha anche scoperto che poco importa se l'azione è auto-ritmata o in risposta a un segnale go. Se hai provato a scattare il dito in sincronia con una luce lampeggiante, come suggerito all'inizio della sezione, quest'ultima caratteristica dei dati di Sato sarà ben consistente con la tua esperienza. In un secondo esperimento, Sato e Yasuda hanno studiato un altro potenziale collaboratore dell'agentività. In questo studio, hanno modificato il compito del primo esperimento introducendo un contesto che ha causato ai partecipanti errori frequenti, cioè premendo il tasto che non avevano intenzione di premere. Si noti che questa manipolazione, insieme alla congruenza tra l'intenzione e la sua conseguenza sensoriale prevista, ora varia anche la congruenza tra l'intenzione e le sue conseguenze motorie. Hanno osservato che anche in quest'ultimo caso l'agentività è stato poco influenzato, riducendo da circa 100 a circa 80 nelle prove di errore. Quando sia le conseguenze motorie che sensoriali non erano congruenti con l'intenzione, tuttavia, l'agentività è sceso nuovamente da 100 a circa 25. Questa ulteriore scoperta dimostra quindi che la percezione dell'agentività non è strettamente specifica alla congruenza sensoriale o motoria con l'intenzione, ma è altamente sensibile all'interazione di questi due fattori. Quindi questo risultato rivela bene la natura delle interazioni multisensoriali nella percezione dell'agentività.

In un documento successivo, Moore & Haggard (2008) hanno suggerito che questi possono essere attribuiti all'interazione di due processi: previsione e inferenza. Il primo contribuisce all'agire grazie alle rappresentazioni motorie predittive, così come alle aspettative sensoriali, che vengono utilizzate per controllare l'azione all'interno di cicli di feedback interni (vedi sezione precedente). Il secondo, in contrasto, contribuisce all'agire confrontando il feedback sensoriale previsto sulla base dell'intenzione con il feedback effettivo. Pertanto, il processo predittivo è intrinseco all'agire e suscita la percezione di quest'ultimo anche prima dell'inizio del movimento. Il processo inferenziale è invece estrinseco all'agire e interviene dopo che l'azione è stata completata—fornendo un senso “ricostruttivo” all'agire.

SOFFRI IL SOLLETICO?

2 tipologie di solletico:

1. knismesis = sensazione mista che deriva dal muovere lentamente un oggetto sulla pelle → reazione di grattarsi, può essere piacevole o non → può essere auto-prodotta
2. gargalesi = particolare di alcune zone corporee ed è quella che genera il riso → non può essere auto-prodotta

il fatto che una persona non si possa fare solletico da sola è perché in questo caso è prevedibile

è un mistero e non si sa ancora bene come spiegare questa differenza. Alcune proposte:

- Darwin → il solletico è una forma di comunicazione sociale in quanto lo si fa e lo si riceve da persone come famigliari e amici. Questo comportamento deriverebbe da forme primitive di comunicazione sociale e che avesse una funzionalità adattiva. La knismesis può avvenire durante il grooming e la gargalesi può essere una derivazione della knismesis nel contesto di gioco
- Riflesso per proteggere il corpo da stimoli improvvisi

CAPITOLO 4

PERCEZIONE E RICNONSCIMENTO DEGLI OGGETTI

4.1 OGGETTI

OGGETTI = unità percettive che entrano nell'esperienza cosciente e sono qualcosa che esiste veramente e non semplicemente immaginato

Metzger, psicologo della Gestalt, chiamò questo carattere speciale degli oggetti percepiti “rilevanti”

4.2 FUSIONE DI SEGNALI SENSORIALI ALLINEATI SPAZIOTEMPORALMENTE

Spesso percepire gli oggetti comporta la fusione di info che vengono da diversi canali sensoriali → es prendere un oggetto ed esplorarlo visivamente → 2 fonti di info

1. Info raccolte dalla retina e codificate dal canale visivo
2. Info raccolte dalla mano che tiene l'oggetto (canale aptico)

ESPERIMENTO CLASSICO ROCK

- Chiesto ai partecipanti di toccare cubi nascosti dietro un panno ma con le superfici anteriori visibili in bassorilievo
- Non vedevano le mani e inoltre indossavano occhiali che alteravano le dimensioni visibili della superficie in bassorilievo
- Conflitto tra visione e tatto
- Presentati cubi e partecipanti dovevano indicare quale corrispondeva a quello che avevano toccato

I risultati hanno mostrato che le stime dei partecipanti erano vicine alla distorsione visiva piuttosto che alla dimensione reale percepita con la mano → dominanza visiva

Studi successivi hanno dimostrato che la dominanza visiva non è assoluta ma che in alcuni casi si verifica dominanza tattile e che la dominanza poteva essere influenzata dall'attenzione → proposto che il cervello sceglie quale canale sensoriale determinerà la percezione di un dato oggetto a seconda del compito e delle condizioni generali.

Una proposta recente → la percezione delle caratteristiche spaziali degli oggetti è sempre basata sulla fusione multisensoriale di tutti i segnali disponibili. I segnali ricevono però pesi diversi a seconda della loro affidabilità relativa = IDEA CHIAVE DEI MODELLI DI INTEGRAZIONE OTTIMALI E FUSIONE MULTISENSORIALE

STUDIO UNI CALIFORNIA

- Chiesto ai partecipanti di discriminare la dimensione di due oggetti che potevano essere solo visti, solo toccati o sia visti che toccati
- Stimoli non oggetti reali ma in realtà virtuale
- Affidabilità dei segnali visivi poteva essere variata aggiungendo del rumore
- Valutazione precisione della percezione delle dimensioni mediante la visione e il tatto in condizioni unisensoriali e poi confronto con percezione multisensoriale

Hanno trovato che quando gli stimoli visivi contenevano poco rumore, la visione tendeva a predominare e il percepito multisensoriale era più vicino alla dimensione visivamente specificata. Quando inserito il rumore ha predominato il tatto.

Una caratteristica importante di questi casi di fusione è che i canali coinvolti forniscono info sulla stessa proprietà dell'oggetto = segnali ridondanti → si possono percepire le dimensioni di un oggetto sia con la vista che con il tatto quindi quando sono entrambe disponibili, si fondono per dare una percezione più precisa

Come fa però il cervello a distinguere i casi in cui l'integrazione è appropriata e casi in cui non lo è? Possibilità è che avvenga solo per segnali che sono allineati nello spazio e nel tempo → integrazione non si verifica se i segnali vengono da luoghi diversi o non sono in una comune finestra temporale.

Altra idea è che le integrazioni non siano solo determinate da processi che vanno dal basso all'alto, ma sono anche controllate da vincoli cognitivi nell'altro verso (idea chiave dei modelli bayesiani)

4.3 IL FRAMEWORK BAYESIANO

Il teorema di B afferma che la probabilità di un evento, data la conoscenza che un secondo evento si è verificato (probabilità posteriore) dipende dal prodotto di due componenti:

1. La probabilità del secondo evento dato il primo
2. La probabilità in generale del primo evento

L'applicazione di questo teorema alla percezione presuppone che la percezione consiste nella revisione della precedente rappresentazione dell'ambiente che viene poi usata per una decisione probabilistica.

La rappresentazione primaria può fare riferimento alla conoscenza implicita sulle regolarità statistiche del mondo. Questa conoscenza precedente può essere modificata da info sensoriali in entrata.

Il risultato è una funzione di distribuzione posteriore come valore più probabile → percezione dipende dalle info sensoriali ma anche dalle aspettative e dalle info top-down.

TEORIE DELLA PERCEZIONE

- Helmholtz → percezione come inferenza inconscia = indiretta → percezione può essere considerata simile a conclusioni tratte da premesse che sono i segnali sensoriali e i processi mentali → capire la percezione implica quindi una comprensione del funzionamento del processamento sensoriale ma anche dei processi mentali
 - Gibson → Percezione diretta in quanto è determinata solo dai segnali sensoriali → percepire significa raccogliere questa info senza ulteriori passaggi cognitivi
 - Irvin Rock dice che le teorie indirette sono costruttiviste (i percetti sono rappresentazioni interne create applicando specifiche operazioni all'info sensoriale) e sono distinte in
 - Costruttivismo di organizzazione spontanea
 - Costruttivismo raziomorfo
-

Nell'approccio bayesiano la percezione è modellata come un compromesso tra le info sensoriali e le conoscenze a priori del mondo.

Es forma oggetto → la forma percepita viene scelta dalle probabilità a posteriori di diverse superficie distali nell'ambiente 3D dato un segnale 2D sulla retina. Se non ci sono altre info, ciascuna delle possibili superfici distali è ugualmente probabile = distribuzione uniforme della probabilità. L'approccio B prevede che la forma percepita sarà dipendente dalle probabilità precedenti → es percezione umana tende a interpretare i trapezi prossimali come proiezioni di rettangoli → es palazzo a New York i cui balconi sono trapezoidali ma le persone li vedono rettangolari. Solo guardando i balconi da una certa distanza.

Questo modello può essere usato per spiegare molti problemi multisensoriali. Es illusione dimensione peso = piccolo oggetto si sente più pesante di un oggetto più grande ma di uguale peso. Questa illusione sembra contraddirsi il modello B perché solitamente quando un oggetto è più grande è anche più pesante. Quindi la spiegazione non si baserebbe solo sulla dimensione ma anche sulla densità → oggetto piccolo è di solito anche più denso.

Questa illusione non ha solo un aspetto percettivo ma anche uno sensorimotorio → esperimento = Il risultato ha indicato che, al primo sollevamento di oggetti grandi e piccoli ugualmente pesanti, i partecipanti hanno applicato più forza del necessario all'oggetto grande e meno del necessario a quello piccolo. Nel corso di prove ripetute, tuttavia, i partecipanti hanno imparato a scalare le forze ai veri pesi, anche se hanno continuato a giudicare verbalmente l'oggetto più piccolo come più pesante.

Conclusioni:

- l'illusione dimensione-peso sensomotoria è coerente con le previsioni bayesiane—quando si tenta di raccogliere un oggetto più grande, si applica effettivamente più forza rispetto a un oggetto più piccolo dello stesso peso, suggerendo che la forza è stata prevenuta dal precedente visivo.
- gli effetti sensomotori e percettivi sembrano avere percorsi temporali diversi. Ciò è stato interpretato come prova che i processi motori multisensoriali coinvolti sono separati e indipendenti
- i priori sembrano influenzati dall'apprendimento

MODELLI B SONO FISSI O VENGONO LATERATI DALL'ESPERIENZA? I dati dicono che vengono modificati

Esperimento → Fatto allenare i partecipanti per diversi giorni in un'attività di sollevamento con blocchi con pesi che variavano inversamente con il volume. Hanno scoperto che questa pratica ha gradualmente ridotto e alla fine invertito l'illusione di dimensioni-peso, in modo tale che alla fine dell'esperimento i partecipanti hanno giudicato i blocchi più grandi più leggeri. Ciò è coerente con l'ipotesi che i priori di percezione del peso siano basati sulle relazioni dimensione-densità, non sulla sola dimensione, e che questi precedenti possono essere riappresi in tempi relativamente brevi.

ESPERIMENTO OBREGGIATURE → i gradienti di ombreggiature influenzano la percezione della curvatura di una superficie in accordo con l'hp che la luce venga dall'alto

Adams et al hanno stabilito delle preferenze baseline visive per interpretazioni concave o convesse in funzione della direzione del gradiente in partecipanti addestrati con superfici aptiche capovolte rispetto a quelle visivamente percepite. I risultati hanno indicato che al nuovo test le preferenze erano diventate più coerenti con il nuovo principio appreso in modo tattile. La luce dall'alto, che è presumibilmente appresa dalle associazioni statistiche tra i modelli di ombreggiatura della luce solare e le curvature percepite apticamente, può essere rapidamente alterata esponendo i partecipanti a nuove associazioni. Ciò suggerisce che i priori percettivi sono notevolmente flessibili. L'esperienza relativamente breve di nuove associazioni può contrastare l'esposizione per tutta la vita alla luce solare proveniente dall'alto.

I modelli B possono anche essere usati per selezionare quale tipo di interazione multisensoriale è appropriata in una certa situazione.

Dati i segnali sensoriali A e B, se questi sono ridondanti (cioè provengono dalla stessa fonte), è vantaggioso integrarli in una stima del segnale. Ad esempio, si può stimare meglio la posizione di una sorgente sonora integrando segnali visivi e uditivi utilizzando una procedura statisticamente ottimale. Tuttavia, l'integrazione sarà vantaggiosa solo se A e B provengono dalla stessa fonte. In caso contrario, altre forme di interazione multisensoriale potrebbero essere più appropriate. Ad esempio, i segnali possono provenire dallo stesso oggetto ma possono essere complementari piuttosto che ridondanti.

Ernst e Bülthoff (2004) hanno suggerito che questo dovrebbe essere chiamato "combinazione multisensoriali" piuttosto che integrazione, proprio perché l'integrazione non può essere applicata. Infine, spesso i segnali simultanei provengono da oggetti diversi e dovrebbero essere tenuti separati.

Un modo per affrontare il problema della selezione del tipo "giusto" di interazione multisensoriale è costruire un modello che possa inferire probabilisticamente se segnali diversi provengono dalla stessa fonte o da fonti diverse.

Esperimento Uni California, Kording → problema di percepire la posizione di un oggetto attraverso visione e udito

Modello B → questo viene fatto integrando le probabilità delle due info e usandole per modificare una posizione precedente

Modello di Kording → le probabilità integrate modificano anche una interazione precedente che è modellata come la probabilità di una causa dei segnali insieme rispetto a quella di quando sono separati

- chiesto ai partecipanti di giudicare sia la posizione uditiva che visiva per stimoli visivi e uditivi che potrebbero essere spazialmente coincidenti o no
- il loro modello, rispetto a quello di B prevedeva correttamente sia i casi in cui c'era coincidenza che quelli in cui non c'era

Un altro modo potenziale per risolvere il problema della selezione dell'interazione è assumere che le interazioni multisensoriali siano vincolate dal riconoscimento degli oggetti e dalle rappresentazioni semantiche in memoria. Integrazione si basa quindi sulla conoscenza a priori degli oggetti.

4.4 EFFETTI MULTISENSORIALI SULLA FORMAZIONE DI UNITÀ GLOBALI

Gli oggetti di solito sono formati da più caratteristiche integrate insieme → formazione unità globali è fondamentale per capire ciò che percepiamo globalmente da una raccolta di segnali sensoriali localizzati nello spazio e nel tempo.

Conseguenze

- gli oggetti sono percepiti a seconda di come i singoli elementi sono raggruppati insieme
- unità raggruppate sono distinte da altre unità e da parti dell'immagine percepite come sfondo
- quando si percepiscono delle unità diventa difficile percepirlene altre

LEGGI DELLA GESTALT → attribuito il merito di avere identificato principi funzionali per la formazione di unità nel percepito

Wertheimer → 7 principi generali

1. prossimità
 2. similarità
 3. destino comune
 4. buona continuazione
 5. chiusura
 6. organizzazione oggettiva
 7. organizzazione soggettiva
-

studi multisensoriali per la percezione delle unità non sono molti → sono documentate situazioni in cui la formazione di unità all'interno di una modalità percettiva è influenzata da segnali multisensoriali localizzati in un altro canale

esperimento

- due dischi animati e programmati per muoversi su una linea retta l'uno verso l'altro per poi incontrarsi al centro (per un istante si fondono in un unico disco) e più continuano sulla stessa linea retta
- partecipanti riferiscono che hanno avuto l'impressione che i dischi si siano incontrati al centro e rimbalzati indietro → fattori di buona continuazione e destino comune
- inserendo un click quando i due dischi si incontrano al centro, aumenta la probabilità di una percezione di rimbalzo rispetto alla situazione senza suono → segnali uditivi hanno modificato la percezione visiva

La formazione di unità visive può anche essere modificata da segnali somatosensoriali → es cubo di Necker → anche la versione 3D è reversibile come quella a 2D

Shopland e Gregory (1964) costruirono una versione su piccola scala del cubo che potevano tenere tra le mani; applicarono vernice fluorescente ad esso, e lo videro in una stanza semi-buia, in modo tale che le loro

mani erano appena visibili. Dopo alcuni esperimenti, hanno notato qualcosa di inaspettato. Il cubo si è capovolto dal peretto "reale" a quello "invertito" non solo quando era sospeso a mezz'aria (come ci si aspetterebbe), ma anche quando lo tenevano nelle loro mani. Questo è sorprendente perché le mani potrebbero sentire la vera forma dell'oggetto. Dominio visivo? Non proprio: il passaggio alla piramide sembrava più difficile e sembrava verificarsi meno spesso quando tenevano il cubo, rispetto a quando lo guardavano semplicemente. Quindi, sembrava che i segnali somatosensoriali della mano interferissero in qualche modo con il processo di formazione visiva di unità, almeno in una certa misura.

Altro gruppo ha confrontato 3 diversi modi di tenere il cubo:

- presa a tenaglia a due dita
- palmi delle mani a coppa sugli angoli
- mani che attivamente si muovono

I risultati hanno mostrato che, rispetto alla linea di base della presa a tenaglia, le inversioni si sono verificate meno spesso e la percezione piramidale è stata più breve nella condizione di tocco statico e di durata ancora più breve nella condizione di tocco attivo tattile. I segnali somatosensoriali hanno influenzato la formazione di unità promuovendo la soluzione "reale" rispetto alla sua inversione.

Questo effetto, tuttavia, era criticamente dipendente dalla natura delle informazioni somatosensoriali. Il tocco statico non ha impedito completamente le inversioni, solo il tocco attivo lo ha fatto. Questo ha senso, se si assume che il tocco attivo sia presumibilmente molto più informativo sulla forma rispetto al tocco statico.

Questi studi indicano che, quando diversi risultati di formazione di unità sono possibili dallo stesso stimolo visivo, un segnale locale in un altro canale sensoriale può influenzare il risultato a favore di una delle possibili soluzioni. Questo meccanismo può corrispondere a una funzione generale di disambiguazione della percezione multisensoriale. Quando le condizioni di stimolo sono parzialmente ambigue in un canale, in modo tale che siano possibili diverse formazioni di unità globali, i segnali provenienti da altri canali possono ridurre l'ambiguità. Si noti, tuttavia, che ciò implica che le unità concorrenti sono ancora formate all'interno di un singolo canale multisensoriale, e l'interazione multisensoriale influenza il processo decisionale che sceglie un'alternativa percepita.

INTERAZIONI MULTI POSSONO FORMARE UNA UNICA UNITÀ MULTIMODALE?

Al momento, la risposta a questa domanda sembra essere più "no" che "sì". La prova di questa conclusione proviene da studi che hanno confrontato la formazione di unità visiva e uditiva unisensoriale con una condizione combinata che in linea di principio potrebbe essere raggruppata in un'unità multimodale.

4.5 RICONOSCIMENTO CROSSMODALE DI OGGETTI

Riconoscimento oggetti molto veloce che sembra istantaneo → basta una presentazione di 20 ms per riconoscere un oggetto → tempo estremamente breve in cui gli occhi hanno a mala pena il tempo di una singola fissazione.

Ma ancora più impressionante è la velocità dell'intero processo, dalla trasduzione iniziale fino al riconoscimento della categoria dell'oggetto. È stato dimostrato che la firma EEG di una decisione animale/non animale può essere misurata solo 150 ms dopo l'inizio dello stimolo, e una risposta alla pressione dei tasti può essere osservata dopo circa il doppio di questo tempo negli esseri umani e anche prima nelle scimmie → riconoscimento di categorie entry-level → più lungo il tempo per il riconoscimento di categorie subordinate anche se comunque efficiente.

Riconoscimento accurato anche quando avviene da diversi pdv, diverse illuminazioni e diversi contesti.

2 tipi di teorie per spiegare l'efficienza del processo di riconoscimento:

1. **TEORIE DELL'INDIPENDENZA DEL PDV** → ogni oggetto è memorizzato in memoria da una singola rappre generale = descrizione strutturale = modello 3D completo delle relazioni spaziali tra le parti di un oggetto.

Il riconoscimento di un oggetto consiste nel ricostruire una descrizione strutturale dell'oggetto dall'input visivo corrente e abbinare la descrizione corrente con quella in memoria.

Queste descrizioni sono veloci e occupano poco spazio cognitivo.

Problema → riconoscimento dovrebbe essere più efficiente di quello che è

- **Riconoscimento per componenti di Biederman (qualsiasi oggetto può essere descritto individuando da una lista di 36 geoni da quali di questi è composto e in quali relazioni sono l'uno rispetto all'altro. Essendo un modello 3D di un solido, i geoni sono INDIPENDENTI DAL PDV)**

2. **TEORIE ALTERNATIVE , DIPENDENTI DAL PDV** → oggetti rappresentati come singoli pdv in coordinate centrate sul soggetto = istantanee 2D di oggetti → riconoscimento consiste nell'abbinare le viste memorizzate con l'input corrente senza la necessità di creare descrizioni strutturali di livello superiore

Problema → perché avvenga il riconoscimento di dovrebbe essere un numero enorme di pdv per gli oggetti (nei modelli indipendenti dal pdv gli oggetti sono memorizzati in una posizione canonica e il riconoscimento evviene grazie a una trasformazione interna che ruota o modifica la vista corrente per adattarla a quella presente in memoria)

Nei modelli a più pdv ci sono una serie di pdv famigliari con cui viene confrontato lo stimolo corrente

3. **MODELLI IBRIDI** → memorizzato un piccolo insieme di pdv, compresi quelli canonici → riconoscimento si ottiene come nei modelli indipendenti dal pdv trasformando il pdv corrente per confrontarlo con quello memorizzato → la letteratura sembra aver raggiunto un consenso sul fatto che i modelli ibridi dipendenti dal punto di vista si adattano meglio agli specifici modelli osservati di dipendenza dal punto di vista

Questi modelli possono rappresentare molto efficientemente il riconoscimento di viste canoniche o molto familiari (si presume che queste siano le viste memorizzate, che possono essere abbinate direttamente al segnale di ingresso) e prevedere correttamente che l'efficienza del riconoscimento dipenderà dalla "distanza" tra una determinata vista sconosciuta e la vista memorizzata "più vicina". Allo stesso tempo, si potrebbe sostenere che le trasformazioni interne necessarie per abbinare nuovi input alle viste memorizzate più vicine implicano un certo grado di rappresentazione della struttura dell'oggetto, sebbene questo non debba essere un modello tridimensionale completo. In questo modo, si potrebbe dire che questa caratteristica dei modelli ibridi offusca la distinzione tra descrizione strutturale e modelli basati sulla vista. Inoltre, si potrebbe sostenere che i due approcci non devono necessariamente essere reciprocamente esclusivi. Le descrizioni strutturali potrebbero essere utilizzate in alcune condizioni o attività, mentre il riconoscimento basato sulla visualizzazione può verificarsi in altre → L'IPOTESI DELLE ROTTE MULTIPLE

RICONOSCIMENTO CROSSMODALE

- UNIMODALE = processo di corrispondenza dell'input sensoriale con la rappre in memoria
- CROSSMODALE = più semplice → Nel riconoscimento crossmodale, l'obiettivo è un po' più semplice: un oggetto viene presentato all'interno di una modalità percettiva, ad esempio la visione, e poi presentato di nuovo in un'altra, ad esempio aptica. Il compito del cervello è determinare se i segnali sensoriali della seconda presentazione corrispondono a quelli della prima, attraverso le due modalità.

Questa capacità potrebbe essere basata su due processi di riconoscimento unisensoriale separati che portano a rappre semantiche dell'oggetto e poi a una corrispondenza finale tra queste due rappre.

In alternativa potrebbe essere un processo multisensoriale che precede l'elaborazione a livello semantico
→ corrispondenza potrebbe derivare dall'attivazione di una rappresentazione condivisa e multisensoriale della struttura dell'oggetto da parte dei segnali visivi e tattili

Risultati di Gibson sono coerenti con entrambe le modalità.

ESPERIMENTO PRIMING

Quando elaborazione stimolo di prova è facilitata quando lo stimolo è preceduto da uno prima correlato.

Nell'esperimento di priming crossmodale eseguito da Reales e Ballesteros

- i prime e i test erano oggetti manipolabili di tutti i giorni (come un cucchiaino, un guanto o una pipa).
- lo stimolo di innesco è stato irrilevante per il compito, quindi qualsiasi facilitazione osservata potrebbe essere attribuita a un processo automatico e obbligatorio.
- L'esperimento implicava due fasi
- Nella fase di studio, ai partecipanti è stata presentata una sequenza di oggetti e per ciascuno è stato richiesto di generare una frase significativa che includa il nome dell'oggetto (studio semantico) o di valutare il volume dell'oggetto su una scala a cinque punti (studio fisico)
- Nella fase di test, ai partecipanti sono stati presentati gli oggetti e hanno dovuto nominare ciascuno il più rapidamente possibile. Questo è stato fatto in due condizioni unimodali (studio visivo e test visivo, o studio tattile e test aptico), e in due condizioni crossmodali (studio visivo e test tattile, o studio tattile e test visivo).

I risultati sono stati chiari. In entrambe le condizioni crossmodali, i tempi di risposta sono stati rapidi come nelle condizioni unimodali equivalenti. Nei compiti di memoria esplicita, il livello di elaborazione del materiale codificato (semantico, o "profondo", vs fisico o "superficiale") ha di solito un grande impatto. Il fatto che non sia stato riscontrato alcun livello di effetto di elaborazione è quindi coerente con la conclusione che la corrispondenza si è verificata non solo automaticamente ma anche pre-semanticamente. Reales e Ballesteros hanno suggerito che la codifica visiva e tattile di un oggetto suscita una singola descrizione strutturale multisensoriale e che il riconoscimento crossmodale è mediato da questa rappresentazione pre-semantica condivisa.

Se le informazioni strutturali apprese attraverso l'esplorazione aptica possono beneficiare della percezione visiva, qual è la natura dell'interazione tra i due sistemi nel riconoscimento crossmodale? Studi recenti indicano che questa interazione è sensibile all'orientamento dell'oggetto rispetto all'effettuatore che esegue l'esplorazione, producendo una sorta di dipendenza dal "punto di vista" nel riconoscimento crossmodale dall'aptica alla visione.

4.6 SOSTITUZIONE SENSORIALE

Quando sono disponibili diversi segnali sensoriali per separare i canali su un oggetto distale, in che senso si può dire che questi segnali siano equivalenti? Una risposta, ovviamente, è che i segnali sensoriali sono equivalenti quando riguardano lo stesso oggetto. Questo, tuttavia, non è particolarmente utile, perché il cervello non ha modo di sapere a priori che i segnali in canali diversi riguardano lo stesso oggetto.

Altre possibilità → l'equivalenza multisensoriale può essere definita in relazione alle interazioni tra diversi segnali sensoriali sugli oggetti. Può anche essere definita in termini di analogie di attributi percettivi che hanno somiglianze strutturali nel loro comportamento psicofisico quando le quantità fisiche sottostanti sono varie o somiglianze in segnali diversi.

Altri criteri di equivalenza potrebbero essere ricercati in substrati neurali condivisi. Tutto questo diventa un problema pratico quando si considera la possibilità di compensare un canale sensoriale mancante utilizzando segnali provenienti da un altro canale intatto. Questo è il problema della sostituzione sensoriale.

È possibile fornire a un individuo non vedente informazioni equivalenti a quelle disponibili per le persone vedenti, in modo tale che sarà in grado di eseguire compiti "visivi"?

Il primo lavoro sulla sostituzione sensoriale è stato fatto dal neuroscienziato americano Paul Bach-y-Rita. Ha avviato un programma di ricerca basato sul concetto di elaborazione di immagini catturate da una videocamera per trasformarle in modelli di stimolazione vibrotattile. L'obiettivo finale del programma era quello di sviluppare sistemi che potessero servire come sostituti visivi per le persone non vedenti. Il dispositivo originale ha consegnato i modelli tattili alla parte posteriore dei partecipanti, ma Bach-y-Rita in seguito si è spostato su applicazioni più piccole che potevano essere applicate alla punta delle dita o che inviavano segnali elettrici alla lingua. In generale, la sostituzione visiva tattile ha mostrato un certo grado di successo nel consentire agli individui non vedenti di svolgere alcuni compiti "visivi" come il rilevamento di oggetti, la discriminazione della forma e soprattutto l'orientamento spaziale.

Applicazione clinica di maggiore successo è quella del trattamento dei disturbi dell'equilibrio.

Bach-y-Rita ha lavorato su questi verso la fine della sua carriera. Il suo sistema di sostituzione vestibolare tattile consiste in una serie di accelerometri montati sul corpo del paziente. I segnali catturati dagli accelerometri vengono elaborati da software e trasformati in deboli segnali elettrici che vengono consegnati a una serie di elettrodi sulla lingua del paziente. Diverse regioni della lingua sono stimolate in funzione degli input dell'accelerometro, stabilendo una mappatura tra gli stimoli della lingua e l'orientamento del corpo rispetto alla gravità.

Anche sostituzione con stimoli uditivi.

Secondo alcuni autori, questi dispositivi non sostituiscono una modalità percettiva mancante e non funzionano a livello sensoriale. Non c'è una vera sostituzione, sostengono, perché la percezione attraverso il dispositivo non è mai nella modalità percettiva "sostituita". I percettivi rimangono tattili, o uditivi, anche se con l'allenamento il loro carattere cambia in modi interessanti. Più appropriato parlare di **AUMENTO SENSORIALE**.

RIASSUNTO LIBRO BRUNO: INTRODUZIONE ALLA PSICOLOGIA DELLA PERCEZIONE VISIVA

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

1) LA DUPLICE DOMANDA DI KOFFKA

“Principles of Gestalt Psychology” di Koffka affronta il problema del rapporto tra MONDO FISICO e PERCEZIONE = “perché le cose appaiono come appaiono”. Questa duplice domanda riguarda una distinzione tra 2 processi del processo percettivo:

1. **FUNZIONE QUALITATIVA:** la percezione è responsabile del costruirsi dei contenuti della nostra percezione cosciente = PERCETTI
2. **FUNZIONE COGNITIVA:** la percezione rende possibile l’interazione con l’ambiente e rende disponibili info che guidano l’esplorazione

→ **PROBLEMA DEL REALISMO:** relazione tra queste due funzioni

TEORIA DI COME SI VEDE deve tenere conto di:

- Come si costruiscono i percetti con tutte le proprietà e qualità tipiche della modalità percettiva caratteristica della visione
- Proprietà dei percetti hanno un valore adattativo → spiegare perché e anche i casi in cui la veridicità della visione viene meno come nel caso delle illusioni

KURT KOFFKA (1886-1941) è stato insieme a Wertheimer e Kohler uno dei fondatori della scuola della Gestalt. Ha ottenuto un dottorato in psicologia nel 1908. Per sfuggire alle persecuzioni naziste è emigrato negli USA dove ha conosciuto Gibson, il quale sarebbe diventato uno dei teorici della percezione più influenti e controversi del secolo scorso. Nel 1935 pubblica la sua opera “Principles of Gestalt Psychology”, una delle fonti più importanti per lo sviluppo dell’approccio ecologico alla percezione

Non solo problema del realismo ma anche “perché” della percezione = spiegazione causale per il comportamento di un organismo. Nella storia della psicologia questo problema ha spesso preso il problema di una contrapposizione fra:

- Spiegazioni basate su PROCESSI
- Spiegazioni basate su MECCANISMI NEURALI

PROCESSI → spiegazione prende la forma di un ALGORITMO = sequenza di operazioni che portano da un input a uno stato finale di output. Può anche prendere la forma di un diagramma di flusso. Si usano anche modelli computazionali che rendono conto del processo di elaborazione coinvolto in ognuno degli stadi.

SOSTRATTI NEURALI → spiegazione che cerca di rendere conto delle proprietà del mondo percepito mettendole in relazione con proprietà di meccanismi neurali.

- Ricercatori con formazione di tipo psicologico sostengono che il processo di elaborazione dell’info sia indipendente dal meccanismo che lo esegue concretamente
- Ricercatori di formazione biologica o biomedica sostengono l’idea secondo la quale comprendere la causa dei processi percettivi significasse identificare i meccanismi neurali sottostanti → approccio riduzionistico

DAVID MARR → studioso che ha portato a un cambio di prospettiva

Ha identificato 3 livelli di cui il primo rappresenta una novità rispetto agli approcci precedenti

1. **TEORIA COMPUTAZIONALE** → il suo sviluppo richiede una comprensione approfondita della funzione a cui quel processo è deputato, es capire cosa è vantaggioso per un organismo all’interno della sua nicchia ecologica → ragionare sulle leggi fisiche che regolano le forme di interazione dell’energia con ciò che è presente nell’ambiente, sulla biologia degli organi di senso e sui processi che gli consentono di rappresentare le info dell’ambiente sui sostratti neurali → una teoria deve

quindi coordinare maniere diverse di descrivere la realtà facendo attenzione alle relazioni tra componenti fisiche, biologiche e psicologiche della visione

2. ALGORITMO

3. IMPLEMENTAZIONE

Conseguenze di questa teoria:

- Algoritmo e implementazione non sono alternativi ma complementari → fisica e biologia della visione determinano quali processi sono necessari per una funzione e quindi pongono dei vincoli, un modello quindi deve anche essere plausibile dal pdv biologico
- La percezione visiva diventa un campo di indagine multidisciplinare nel quale si devono usare dati e metodi della fisica, neuroscienze e psicologia

2) DALL'AMBIENTE ALL'OCCHIO: L'OTTICA ECOLOGICA

VISIONE = forma di comunicazione fra ambiente e organismo

Processo di comunicazione ha 3 componenti:

1. Sorgente: emette un segnale
2. Mezzo: in grado di trasportare questo segnale
3. Ricevitore

Il segnale grazie al quale vediamo è la LUCE = forma di energia elettromagnetica che affinchè trasporti un segnale non deve essere fissa ma deve essere modulata nelle sue caratteristiche, quindi, deve variare nel tempo e nello spazio.

LA LUCE E LO SPETTRO VISIBILE

L'energia elettromagnetica può essere pensata come un'onda le cui proprietà adulterio più rilevanti sono:

- Lunghezza d'onda = reciproco del numero di oscillazioni per unità di spazio → unità di misura nanometro (nm) che sono 10^{-9} metri
- Direzione di propagazione

Nell'onda elettromagnetica l'energia è distribuita in pacchetti discreti detti QUANTI o FOTONI.

Nel vuoto la luce si propaga sempre nella stessa direzione e alla stessa velocità, ma se interagisce con la materia può anche cambiare direzione:

1. **RIFLESSIONE SPECULARE:** rimbalzare indietro con un angolo uguale al suo angolo di incidenza
2. **RIFLESSIONE DIFFUSA O LAMBERTIANA:** rimbalzare indietro in una direzione qualsiasi
3. **RIFRAZIONE:** attraversare il materiale subendo una deviazione
4. **ASSORBIMENTO:** luce viene assorbita e si può trasformare in calore oppure modificare legami chimici

La gamma delle lunghezze d'onda riscontrabili in una radiazione elettromagnetica è detta SPETTRO ELETTRONAGNETICO.

Lo spettro visibile dall'uomo è quella porzione dello spettro elettromagnetico le cui radiazioni godono di due proprietà:

- Lunghezze d'onda che possono attraversare l'atmosfera

- E che possono essere assorbite da una forma della vitamina A, detta RETINALE che legata a un tipo particolare di proteine, dette OPSINE, permette la trasformazione dell'energia elettromagnetica in un segnale neurale da parte dei **FOTORECETTORI**.

Lo spettro visibile va dai **400 ai 700nm** → blu sono le radiazioni con lunghezze d'onda più corte mentre rosso sono quelle più lunghe → il colore è una proprietà percepita, non una proprietà fisica.

Velocità della luce = 300 milioni di metri al secondo.

Nel nostro ambiente i raggi della luce non sono omogenei perché arrivano al punto dopo aver interagito con superfici diverse per composizione e materiale. Queste interazioni hanno eliminato alcune componenti e ne hanno preservate altre → quindi i fasci di raggi provenienti da superfici approssimativamente omogenee per composizione saranno omogenei mentre quelli che provengono da superfici diverse non lo saranno.

Si considera ogni insieme di raggi approssimativamente omogenei e convergenti verso un punto dell'ambiente come un **ANGOLO SOLIDO = regione di spazio racchiusa fra 3 o più piani che si intrinsecano lungo semirette che hanno la stessa origine**.

L'angolo che si forma è una piramide indefinita = un solido aperto che ha facce triangolari con un vertice in comune ma ha come possibile base un numero infinito di quadrilateri ognuno diverso per forma, inclinazione e grandezza → contesto teorico alla base **dell'OTTICA ECOLOGICA**.

ASSETTO OTTICO AMBIENTALE descritto da Gibson → insieme dei raggi a un punto di vista possiede una struttura fatta di angoli solidi, perché i singoli raggi sono caratterizzati da intensità e lunghezze d'onda diverse in diverse direzioni, presentando fasci relativamente omogenei e disomogeneità nei luoghi di transizione tra un fascio e l'altro → secondo Gibson è tale struttura che contiene segnali informativi per la visione, non le qualità fisiche associate ai singoli raggi.

Le relazioni spaziali fra gli angoli solidi nell'assetto sono dunque potenziali info su corrispondenti relazioni spaziali nell'ambiente. Per Gibson il compito dell'ottica ecologica è descrivere e misurare la struttura dell'assetto ottico sia nei suoi dettagli (singole transizioni fra angolo solido e un altro) sia nelle caratteristiche globali (disposizione gerarchica nell'assetto degli angoli solidi nelle loro relazioni di adiacenza, inclusione, posizione relativa)

L'assetto ottico è strutturato sia nello spazio che nel tempo.

- La struttura degli angoli solidi rispetto a un punto di vista fisso può modificarsi nel tempo quando ci si sposta nell'ambiente rispetto ad altri elementi che rimangono fermi
- Gli organismi sono mobili

Nel tempo è quindi possibile occupare punti di vista che definiscono assetti distinti. La differenza tra due o più assetti può quindi presentare disomogeneità temporali = modificazioni temporali nella struttura spaziale di un assetto rispetto al successivo.

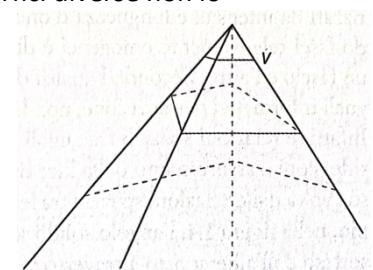


fig. 1.3. L'angolo solido formato da quattro piani che si intersecano a un vertice V è una piramide indefinita, la cui forma tridimensionale dipende dall'orientamento relativo dei piani intersecati. Dato un orientamento per tali piani, la piramide è compatibile con un numero infinito di basi, tutte diverse fra loro per forma, grandezza o inclinazione (ad esempio i tre poligoni in figura), ma tutte appartenenti alla famiglia dei quadrilateri. Se i piani sono tre, le basi possibili sono triangoli di vario tipo; se sono cinque, pentagoni, e così via.

JAMES & ELEONOR GIBSON

Lo sviluppo dell'ottica ecologica da parte dei coniugi Gibson è stato per la psicologia della percezione uno dei progressi teorici più importanti del 20° secolo. James nel 1950 pubblicò il suo primo libro *The perception of the visual world*. Il secondo libro fu *The senses considered as perceptual system*. Nel 1979, l'anno della morte uscì il libro *The ecological approach to visual perception* in cui Gibson dava i fondamenti dell'ottica ecologica e introduceva il concetto di affordance.

I contributi fondamentali di E sono stati sulle componenti innate della percezione dello spazio e sulla psicologia della lettura.

Nel corso delle loro carriere hanno formato tantissimi specialisti della percezione.

La visione non è mai un processo statico, ma coinvolge sempre processi che avvengono nel tempo e che sono controllati da attività esplorativa → l'assetto ottico possiede una struttura spaziotemporale e questa dipende in funzione della geometria delle interazioni con i raggi luminosi, dalla struttura spaziale dell'ambiente.

La struttura di un assetto ottico è definita nello spazio fra angoli solidi a un singolo punto di vista e fra angoli solidi diversi nello spazio-tempo considerando punti di vista diversi.

L'informazione potenziale nell'assetto ottico diventa informazione stimolante per un organismo solo quando la disomogeneità rientra in una finestra coerente con i meccanismi sensoriali dell'organismo stesso. Queste differenze dipendono anche dalle pressioni evolutive esercitate nella nicchia ecologica di quegli organismi.

Nel caso dell'uomo, esso deve rilevare info coerenti con la scala spaziale del corpo, né troppo piccolo e né troppo grande. Teoria computazionale di Marr → il concetto di stimolo non è solo relazionale ma anche di natura sistemica e ciò che lo rende informativo è un particolare rapporto di mutualità tra organismo e la sua nicchia ecologica.

Stimolo = proprietà emergente del sistema organismo-ambiente.

ILLUSIONE DI UZNADZE

(dopo varie prove con in una mano palla da tennis e nell'altra la biglia, quando le palline sono tutte e due da ping pong il soggetto dirà comunque che sono diverse)

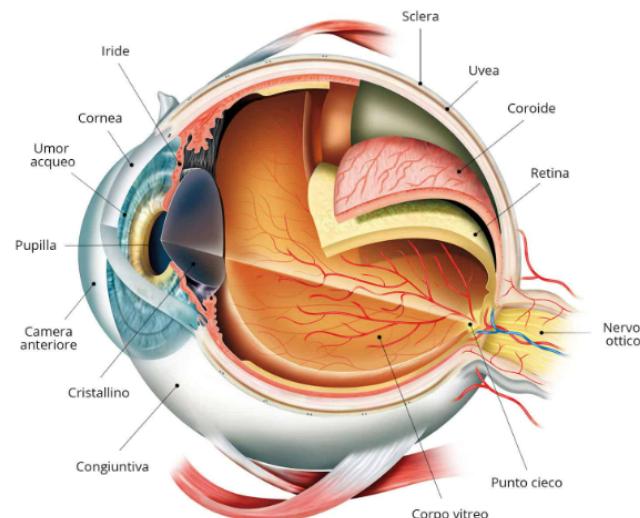
L'illusione suggerisce che la grandezza tattile di un oggetto non dipende dall'intensità fisica assoluta di uno stimolo, ma da una transizione, ossia dalla relazione tra due intensità = principio generale della percezione = PRINCIPIO DI DETERMINAZIONE RELAZIONALE

3) DALL'OCCHIO AL CERVELLO: LE NEUROSCIENZE COGNITIVE DELLA VISIONE

Neuroscienze cognitive si occupano delle basi cerebrali delle funzioni mentali.

STRUTTURA OCCHIO

1. La forma del bulbo oculare è mantenuta dalla **SCLERA** = membrana biancastra fatta di collagene e fibre elastiche
2. La luce entra nell'occhio attraverso la **CORNEA** = membrana trasparente che direziona i raggi luminosi verso l'interno dell'occhio e ne protegge le parti interne
3. Lo spazio posteriore della cornea è delimitato da una struttura muscolare, l'**IRIDE** (colore degli occhi) → si espande e contrae modificando il diametro dell'apertura, in funzione della quantità di luce in ingresso
4. Nell'iride è presente un'apertura, la **PUPILLA**
5. Dietro la pupilla è collocato, grazie a un sistema di fibre (**LEGAMENTO SOSPENSORIO**), il **CRISTALLINO** → seconda lente che a differenza della cornea può modificare e quindi il suo indice di rifrazione = fenomeno per cui il raggio luminoso viene deviato quando attraversa un materiale
6. Lo spazio compreso tra cornea e cristallino è detto **CAMERA ANTERIORE** ed è riempita dall'**UMOR ACQUEO**, un liquido che proviene dal sangue e che rifornisce di ossigeno e sostanze nutritive cornea e cristallino



7. Alla fine, la luce arriva alla **RETINA** = sottile membrana multistrato in cui è presente una complessa rete neurale incluse le fibre nervose che formano il **NERVO OTTICO** e i **FOTORECETTORI** = cellule nervose che hanno il compito di trasformare l'energia luminosa in un segnale neurale

RETINA

È una lamina sottile il cui spessore varia da circa 1/10 a 4/10 di mm che ricopre la parte posteriore dell'occhio e che è costituita da ben 10 strati corrispondenti a specifiche tipologie di cellule nervose, sinapsi, assoni e membrane → estroflessione della parte più interna del cervello

1. FOTORECETTORI

Cellule nervose che hanno il compito di trasformare l'energia luminosa in un segnale = trasduzione e differiscono nella sensibilità e nella gamma dello spettro visibile a cui sono in grado di rispondere.

- **CONI** di tipo C, M, L → rispondono in modo ottimale a luce più intensa nelle gamme corrispondenti a lunghezze d'onda corte (C), medie (M) e lunghe (L) → VISIONE DIURNA fotopatica → a colori e ad alta definizione ma solo in condizioni di buona illuminazione
- **BASTONCELLI** → rispondono in modo ottimale a luce di bassa intensità e nella parte centrale dello spettro = VISIONE NOTTURNA scotopica → si distinguono le forme dal buio ma non si ha visione cromatica né capacità di discriminare i dettagli fini
- Condizione intermedia in cui si attivano sia coni che bastoncelli = MESOPICA

2. CELLULE GANGLIARI

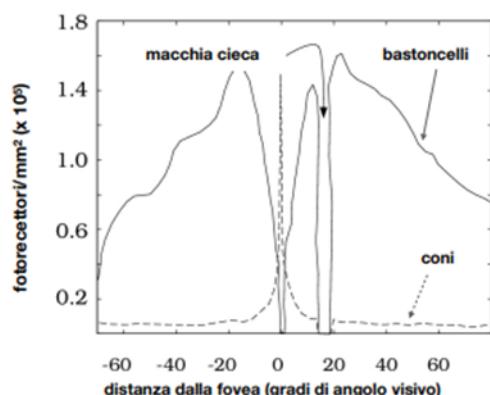
Cellule i cui assoni escono dalla retina per andare a formare il nervo ottico che invia il segnale dalla retina verso il NUCLEO GENICOLATO LATERALE = struttura sottocorticale intermedia fra retina e corteccia.

La prima struttura che riceve la luce sono le cellule gangliari, poi deve attraversare tutti gli altri strati prima di arrivare ai fotorecettori. Gli assoni si riuniscono in un unico fascio e tornano verso la parte interna per connettersi al genicolato. Questo fascio deve quindi bucare la retina producendo una MACCHIA CIECA.

La **FOVEA** è un piccolo avallamento circolare al centro della retina in cui c'è la massima densità di coni e non ci sono bastoncelli. Spostandosi di pochi gradi dalla fovea si riduce il numero di coni e aumenta quello di bastoncelli.

La dimensione dei fotorecettori che sono minime in fovea, man mano che ci si sposta verso la periferia aumentano.

La fovea è l'unica zona della retina in cui è possibile campionare l'assetto ottico con un alto potere di risoluzione spaziale.



2° STAZIONE: NGL

Le fibre che escono dalla retina si riuniscono a formare il nervo ottico e rimangono segregate a seconda della provenienza nasale o temporale

- Retina nasale riceve raggi provenienti dall'emicampo sx nell'occhio sx e dall'emicampo di dx nell'occhio dx
- Retina temporale riceve dall'emicampo dx
- Le fibre nasal deviano proiettano all'emisfero controlaterale
- Le fibre temporali rimangono nell'emisfero ipsilaterale

Questo incrocio, decussazione, avviene nel **CHIASMA OTTICO** a partire dal quale il nervo ottico prende il nome di **TRATTO OTTICO**.

Ha 6 strati in cui si alternano strati che ricevono fibre provenienti dall'occhio dx e altri che ricevono o dall'occhio sx. 2 di questi strati ricevono dalla via magno e gli altri 4 dalla via parvo che originano dalle cellule gangliari M e P.

- **M:** corpi cellulari più grandi e ricevono segnali dalla parte periferica della retina → info a bassa risoluzione e senza info sul colore perchè ricevono segnali che originano dai bastoncelli e dai coni S (zona periferica)
- **P:** corpi cellulari piccoli e ricevono segnali spt dalla fovea → segnale ad alta risoluzione e info per codifica colore
- **K:** le loro proiezioni sono fra gli strati del genicolato

Dal genicolato le fibre arrivano a V1 formando la **RADIAZIONE OTTICA** = fascio di fibre che termina all'interno della **SCISSURA CALCARINA** = solco che corre orizzontalmente nella parte posteriore del cervello, il lobo occipitale. In ogni emisfero la radiazione ottica è suddivisa in una parte superiore e una inferiore:

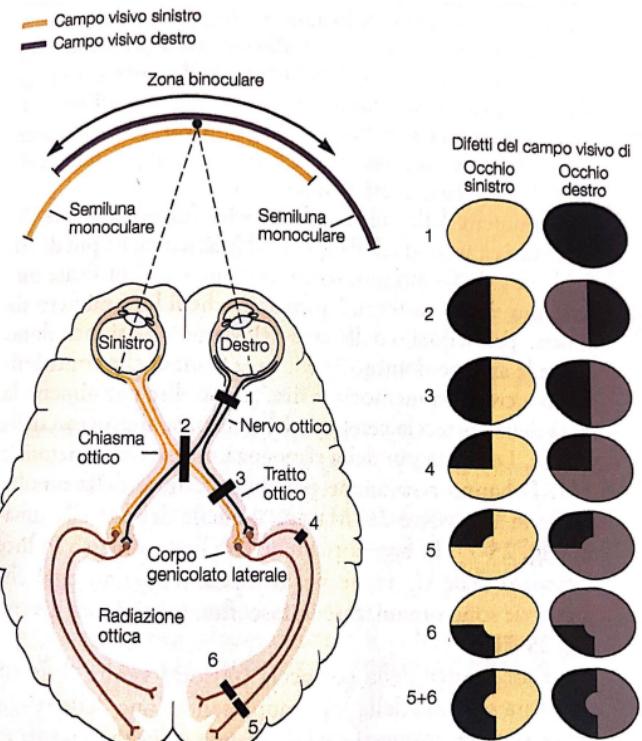
- Superiore → proietta alla corteccia sopra la fessura calcarina e convoglia i segnali che vengono dalla parte superiore della retina quindi la parte inferiore del campo visivo controlaterale
- Inferiore → proietta alla corteccia sotto la fessura calcarina e convoglia i segnali che vengono dalla parte inferiore della retina quindi la parte superiore del campo visivo controlaterale

MACCHIA CIECA

Completamento modale: nel produrre un percorso il sistema visivo completa la parte mancante → quello che si vede è equivalente al percorso che si avrebbe se ci fosse lo stimolo → il cervello le zone in cui non c'era info tenendo conto del contesto

TIPI DI CECITÀ

- **Perdita occhio** = perdita di una parte di campo visivo periferico (occhio sinistro quindi manca estremità sx del campo visivo e il resto rimane visibile grazie all'occhio dx)
 - **Lesione intera V1 nell'emisfero sx** = perdita di vedere in tutto l'emicampo di dx = emianopsia
 - **Lesione proiezione retinica al genicolato** → se lesionato nervo ottico, quindi prima della decussazione, la lesione ha conseguenze simili a quelle causate dalla perdita di un occhio. Se a carico del tratto ottico conseguenze come perdita di V1.
Se lesionato chiasma andrebbero perse le parti periferiche del campo visivo e non quelle centrali
 - **Lesione radiazione ottica** → tutta radiazione = lesione V1, se interessata solo parte superiore o inferiore = quadrantonopsia = perdita del quadrante inferiore o superiore dell'emicampo co



Nella proiezione reticolo-genicolato-striata le fibre sono divise in base all'occhio di provenienza e alla tipologia di cellule gangliari da cui originano.

v1

Organizzazione spaziale secondo **coordinate RETINOTOPICHE** = posizioni relative che si riflettono sulla superficie della retina.

Le zone che corrispondono alla retina e spt alla fovea sono molto espansse in corteccia rispetto alla loro grandezza in periferia = **MAGNIFICAZIONE CORTICALE** → la quantità di corteccia dedicata non dipende dall'area retinica di afferenza, ma dalla densità dei fotorecettori implicati e quindi dalla risoluzione del segnale in arrivo da quella zona → il sistema dedica molte risorse alla codifica dei segnali provenienti da una zona molto piccola della retina.

V1 è chiamata CORTECCIA STRIATA dalla spessa striscia bianca che la caratterizza (descritta per la prima volta da Francesco Gennari, studente di medicina, alla fine del 700'). Come il genicolato è divisa in strati, 6.

I neuroni di V1 codificano caratteristiche più complesse rispetto ai neuroni del genicolato e alle cellule gangliari → cellula che rispondono a discontinuità allungate e orientate, in movimento e statiche, zone più grandi del campo visivo e analizzano le differenze cromatiche. Ci sono cellule che rispondono a segnali che provengono da entrambi gli occhi.

AREE EXTRASTRIATE

Dopo V1 il segnale raggiunge le aree extrastriate, V2, V3, V4, V5 e poi altre aree nei lobi parietali e temporali da cui raggiungono anche il lobo frontale.

La maggioranza delle fibre presenti nella radiazione ottica (stime intorno al 75% fino al 90%) veicola segnali che tornano indietro a V1 fino al genicolato → elaborazione top-down molto importante

V2 → V3 → V4 → V5 (MT) e anche da V2 indietro a V1

Spesso i neuroni di queste aree mostrano selettività per proprietà simili a V1 ma spesso sono modulati da proprietà più complesse

- V4 = colore e forme
- V5 = movimento globale

VIA DORSALE E VIA VENTRALE

- DORSALE → verso corteccia parietale posteriore (PPT) in cui si trovano aree coinvolte nell'elaborazione spaziale spt guida visiva del movimento nello spazio
- Sindrome di Bälint = triade di sintomi che riguardano spazio e azione:
 1. SIMULTAGNOSIA = deficit di attenzione spaziale con incapacità di elaborare più oggetti contemporaneamente
 2. APRASSIA OCULOMOTORIA = deficit nel controllo delle fissazioni oculari
 3. ATASSIA OTTICA = deficit nella guida dei movimenti fini spt mano
- Ablazione parziale di PPT scimmia = deficit apprendimento compiti spaziali
- VENTRALE → verso aree inferotemporali (IT) importanti per percezione cosciente e riconoscimento
- Lesione alla regione di IT del GIRO FUSIFORME = prosopagnosia = incapacità di riconoscere identità dei volti confermato anche da studi di neuroimmagine funzionale in cui presentando volti si attiva questa area
- Lesione a parte posteriore di IT = AGNOSIA VISIVA PER FORMA = perdita della capacità di riconoscere oggetti comuni guardandoli (riconoscimento rimane de li tocca o se sente il rumore)
- Ablazione IT scimmia = deficit nell'apprendimento di compiti di discriminazione di forme

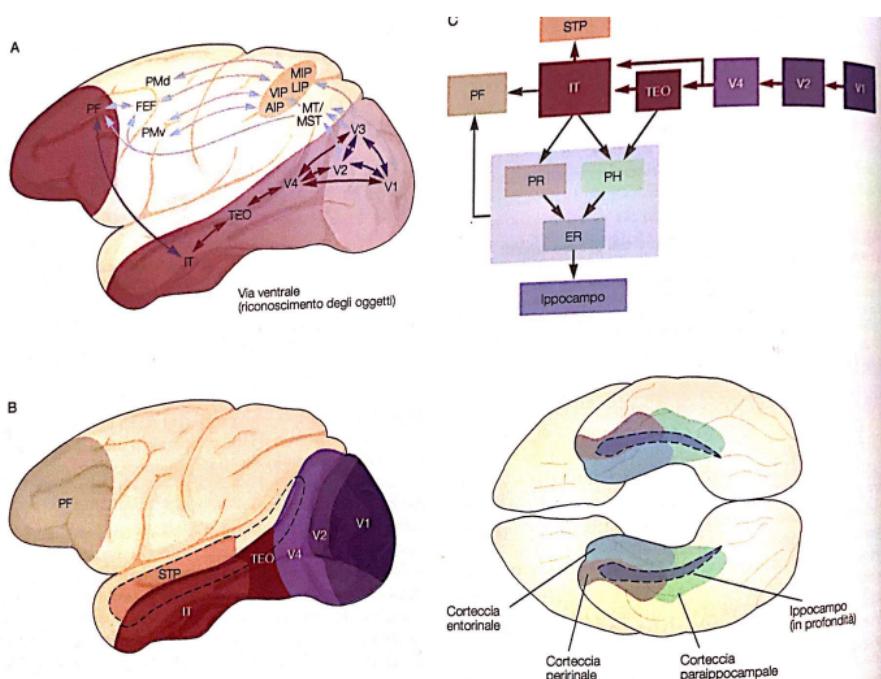


Figura 28-2 Vie corticali del riconoscimento degli oggetti.

A. La via deputata al riconoscimento degli oggetti (in rosso) è indicata in una immagine laterale del cervello che mostra le vie principali interessate alla analisi visive. (AIP, corteccia intraparietale anteriore; FEF, campi oculari frontal; IT, corteccia inferotemporale; LIP, corteccia intraparietale laterale; MIP, corteccia intraparietale mediale; MST, corteccia mediotemporale superiore; MT, corteccia mediotemporale; PF, corteccia prefrontale; PMd, corteccia premotoria dorsale; PMv, corteccia premotoria ventrale; TEO, corteccia temporo-occipitale; VIP, corteccia intraparietale ventrale.)

B. Le aree corticali interessate al riconoscimento degli oggetti sono mostrate in una veduta laterale e ventrale del cervello di Scimmia. C. La corteccia inferotemporale (IT) è la stazione finale della via ventrale (frecce rosse) ed è connessa reciprocamente con le aree vicine del lobo temporale mediale e della corteccia prefrontale (frecce grigie). Questo schema illustra le principali connessioni e la direzione predominante del flusso delle informazioni. (ER, corteccia entorinale; PF, corteccia prefrontale; PH, corteccia paralippocampale; PR, corteccia paririnale; STP, area polisensoriale temporale superiore; TEO, corteccia temporo-occipitale.)

4) DAL CERVELLO ALL'AMBIENTE: RICONOSCIMENTO E AZIONE

Riconoscere e agire = due funzioni principali della visione

PERCEZIONE = attività e non un processo passivo, l’azione è un modo di acquisire info sul mondo, non un semplice processo performativo. La percezione non è neanche un processo unidirezionale ma è un processo ciclico fra processi mentali e info ottica.

Il primo ciclo riguarda interazione tra elaborazione visiva e azione esplorativa. Sulla base dell’info ottica corrente, il sistema genera una rappre dello stato di cose dell’ambiente ma questa rappre viene continuamente raffinata e integrata grazie all’azione esplorativa → movimenti occhi e capo per campionare assetto ottico = **CICLO PERCEZIONE-AZIONE**

Il secondo ciclo riguarda l’interazione tra processi di alto livello e intermedi → recupero dalla memoria di info pregresse = forma di interazione dall’alto verso il basso, fra memoria e percezione

L’organizzazione percettiva degli elementi che compongono l’assetto ottico è regolata principalmente da fattori che riguardano lo stimolo in ingresso ma viene influenzata anche dall’esperienza. Inoltre, il processo intermedio di organizzazione può influenzare i processi di basso livello.

5) MISURARE I PERCETTI: ELEMENTI DI PSICOFISICA DELLA VISIONE

All’inizio l’unico modo per studiare la percezione era l’introspezione → limite perché molti elementi della percezione riguardano processi automatici e non coscienti e inoltre l’utilizzo del metodo scientifico implica la raccolta di misure quantitative e replicabili

Quindi utilizzo **METODI DELLA PSICOFISICA → CONCETTI DI SENSIBILITÀ E SOGLIA**

- **Sensibilità** = capacità di rilevare informazione contenuta nell’assetto ottico e quindi è un concetto collegato a quello di capacità discriminativa → un meccanismo percettivo è tanto più sensibile quanto più è capace di distinguere stimoli diversi o di rilevare uno stimolo molto debole = discriminarlo dalla sua assenza

È possibile mettere in relazione fra loro una differenza fisica, misurabile in modo oggettivo con una differenza rilevata in modo percettivo.

SOGLIA DIFFERENZIALE = minima differenza fisica in grado di produrre discriminazione percettiva

La soglia è in una relazione inversa rispetto alla sensibilità → tanto più grande la soglia, tanto minore la sensibilità → psicologia diventa misurabile grazie alla soglia

Il termine psicofisica è stato coniato da Fechner e il suo punto di partenza furono le osservazioni di Weber → **W si accorse che la sensibilità (intesa come capacità di rilevare la differenza tra due stimoli) non è costante ma è inversamente proporzionale all’intensità fisica dello stimolo di riferimento (al crescere dello stimolo di riferimento la sensibilità diminuisce)** → soglia direttamente proporzionale all’intensità dello stimolo di riferimento

LEGGE DI WEBER

$$\Delta I = K * I$$

$$K = \frac{\Delta I}{I} = \text{COSTANTE DI WEBER}$$

- ΔI = soglia differenziale (quanti grammi in più)
- I = intensità di riferimento (grammi di partenza)
- K = costante di proporzionalità diretta
→ K è costante per uno specifico canale sensoriale e uno specifico metodo di misura della soglia ma varia a seconda di cosa si misura

ERNST HEINRICH WEBER (1785-1878)

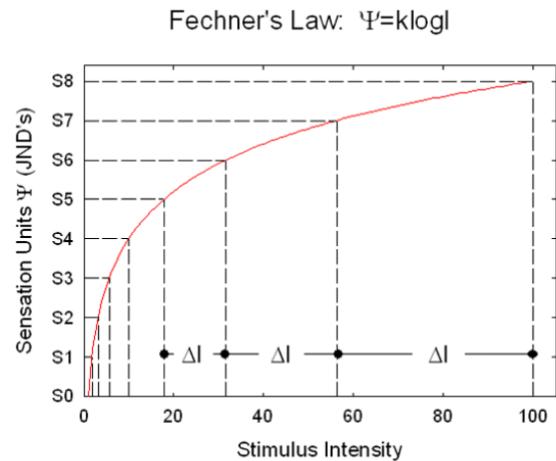
Professore di anatomia e fisiologia all'università di Lipsia in Germania. Famoso per il suo lavoro pionieristico "De Tactu" pubblicato nel 1834 in cui mostrò per la prima volta che la sensibilità dei canali sensoriali non è costante ma cambia in funzione dell'intensità dello stimolo fisico di riferimento: maggiore intensità di partenza, minore sensibilità. Questa relazione fu chiamata da Fechner "Legge di Weber" → alla base della psicofisica.

Più che essere una legge è una generalizzazione empirica → dati empirici tendono a deviare rispetto alle previsioni quando l'intensità di partenza è molto piccola o molto grande = quando si avvicina alla soglia assoluta oppure quando ci si avvicina a energie che potrebbero causare danni all'organismo

F si rese conto che, se la legge di W è corretta, allora il modello matematico che descrive come una intensità percepita varia al variare dell'intensità fisica deve essere una **CURVA ACCELERATA NEGATIVAMENTE** = curva che cresce velocemente quando I è piccolo e poi tende ad appiattirsi sempre più quando I è grande → questo modello è la **LEGGE DI WEBER-FECHNER** = primo esempio di legge psicofisica = funzione che mette in relazione la capacità discriminativa con l'intensità dello stimolo presentato.

Psicofisica di F = PSICOFISICA INDIRETTA perché la sensibilità viene misurata indirettamente misurando le soglie. È famoso, infatti, per avere codificato una serie di metodi:

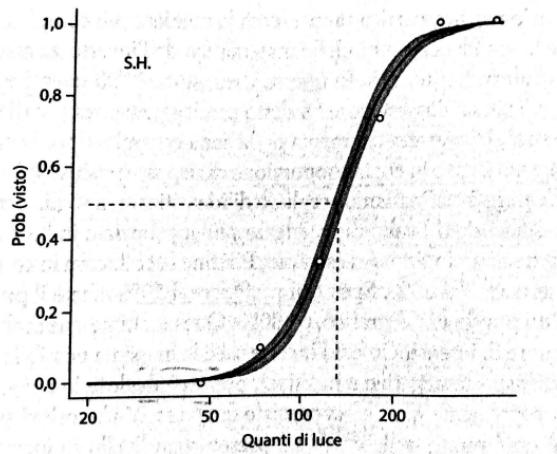
- **AGGIUSTAMENTO**
- **METODO DEGLI STIMOLI COSTANTI** → esperimento di Pirenne in cui si voleva trovare la soglia assoluta della visione misurata in condizioni favorevoli per consentire alla retina di rilevare intensità luminose molto piccole.
- Apparato in cui osservatore doveva fissare un punto ma rispondere a uno stimolo presentato lateralmente → bastoncelli hanno la risposta ottimale alla luce nella parte centrale dello spettro visibile (circa 510nm) dopo un periodo di adattamento al buio di 25/30 min
- Stimoli presentati per 1 ms
- Pirenne utilizzò una versione del metodo degli stimoli costanti → selezionò 6 livelli di intensità per il disco luminoso che veniva presentato in modo casuale
- Compito yes-no = dire se avevano visto qualcosa → per ognuno dei 6 livelli di intensità calcolava il numero di risposte giuste e lo divideva per il totale delle presentazioni = stima della probabilità che il disco sia visto in funzione dell'intensità
- Stimoli costanti perché sono sempre quelli ma presentati in modo casuale
- Grafico = probabilità stimata che l'osservatore veda la luce in funzione dell'intensità



- CURVA SIGMOIDE = modello matematico che meglio riassume la tendenza dei dati osservati
- Area grigia = errore probabile della stima, in questo caso stretta quindi modello molto preciso
- FUNZIONE PSICOMETRICA = modo più completo e corretto di definire la soglia con un modello matematico dell'incertezza associato a una gamma di valori di intensità

DESCRIZIONE GRAFICO

- Sotto 100 quanti e sopra 200 bassa incertezza
- Incertezza aumenta nella zona centrale dove la curva cambia di direzione nel punto in cui le risposte positive superano quelle negative
- Si può scegliere la soglia identificandola con un numero → 50% di risposte corrette o 80% che rappresentano i livelli di massima incertezza oppure il valore in cui gli osservatori sono sicuri di aver visto qualcosa
- Ogni punto della curva rappresenta un livello di incertezza quindi solo la curva nel suo complesso rappresenta il fenomeno in modo completo



Nel momento in cui la luce colpisce la cornea ma molta energia viene persa e dai 100/200 quanti di partenza, solo circa 5/14 arrivano ai bastoncelli → improbabile che due quanti vadano a finire sullo stesso bastoncello = per vedere in queste condizioni di massima sensibilità scotopica è sufficiente che 4/15 bastoncelli assorbano un solo quanto di luce.

TEORIA DELLA DETEZIONE DEL SEGNALE

Il compito costringe il partecipante a dire sì o no e la risposta è influenzata quindi dalla sensibilità e dall'efficienza dei bastoncelli nel catturare i pochi quanti di luce disponibili ma anche da un processo post-percettivo = la propensione del soggetto al rischio → l'intensità dello stimolo, pesata con la sensibilità, produce un segnale interno che passa da un criterio di decisione:

- Se il segnale interno è maggiore del valore scelto come criterio, la decisione è positiva
- Se il segnale interno è minore del valore scelto come criterio, la decisione è negativa

Utilizzando questa teoria è possibile calcolare d' che misura la sensibilità di un osservatore indipendentemente dal criterio utilizzato nell'emettere le risposte → approccio di psicofisica indiretta = sensibilità misurata sulla base di un'analisi della capacità discriminativa

COMPITO DI DETEZIONE DEL SEGNALE

- Stimolo = segnale che viene trasportato da un mezzo in cui è sempre presente del rumore = sensibilità è la capacità di distinguere il segnale dal rumore
- 2 tipi di prove: prove in cui c'è il segnale e prove in cui non c'è
- Compito = classificare se "prova + rumore" o "solo rumore"
- Modo oggettivo di decidere se la risposta è giusta o sbagliata ed esistono due modalità di rispondere correttamente a seconda della prova
- Hit = prova che contiene il segnale e partecipante risponde in modo positivo
- Miss = prova che contiene segnale e partecipante risponde in modo negativo

- Correct rejection = prova senza segnale e partecipante risponde in modo negativo
- False alarm = prova senza segnale e partecipante risponde in modo positivo

Il calcolo di d' si basa sull'analisi della proporzione di hit e false alarm calcolati su un numero abbastanza grande di prove.

Sensibilità = a parità di segnale in ingresso, lo spostamento sarà tanto più marcato quanto maggiore è la sensibilità e viceversa

APPROCCIO ALLA PSICOFISICA DI STEVENS = PSICOFISICA DIRETTA

A differenza dei metodi di F, la forma della funzione psicofisica non viene ricavata indirettamente studiando la capacità discriminativa, ma chiedendo direttamente ai partecipanti di quantificare l'intensità della sensazione.

METODO DELLA STIMA DI MAGNITUDINE → si chiede direttamente ai partecipanti di valutare l'intensità della sensazione associata a uno stimolo assegnando ad essa un numero.

Una variante è quella dell'UGUAGLIAMENTO CROSSMODALE dove, invece di fornire un numero, si chiede ai partecipanti di regolare l'intensità di uno stimolo in una modalità percettiva fino a che non sembra equivalente all'intensità dello stimolo da valutare.

Utilizzando questi metodi S arrivò a proporre che la formula della funzione psicofisica non è logaritmica ma è una FUNZIONE DI POTENZA → $S = u * I^a$

- U = costante che dipende dall'unità di misura
- A = esponente caratteristico di una tipologia di per cento

		Prova	
		S + R	R
Decisione	Si	Hit	False alarm
	No	Miss	Correct rejection

fig. 1.17. In un compito di detezione del segnale, incrociando i due tipi di prova con le relative possibili risposte si ottengono due maniere di rispondere correttamente e due maniere di commettere un errore (vedi testo).

CAPITOLO 2: LA VISIONE DI BASSO LIVELLO

VISIONE DI BASSO LIVELLO = insieme dei processi visivi che sono implementati dal circuito neurale retinogenicolato-V1 che iniziano con la trasduzione dell'energia e che si concludono con la fusione dei segnali provenienti dai due occhi.

Questi processi sono innescati dall'informazione ottica afferente e sono responsabili della codifica delle caratteristiche elementari dello stimolo.

Inizialmente questa codifica è effettuata da processi che avvengono in parallelo e, almeno nelle fasi iniziali, grazie a meccanismi distinti.

1) IL CONTRASTO

La visione inizia con il processo di TRASDUZIONE del segnale elettrico da parte dei fotorecettori.

WALD dimostrò che la fototrasduzione dipende dalla forma della vitamina A, il RETINALE che quando legato alle proteine OPSINE dà inizio a una serie di eventi chimici che portano alla iperpolarizzazione del fotorecettore = il potenziale di membrana diventa più negativo tanto più aumenta l'intensità luminosa registrata. 2 conseguenze:

1. **Il segnale emesso dai fotorecettori varia solo lungo la dimensione della modulazione del potenziale graduato che a sua volta varia solo in base all'intensità dell'energia luminosa assorbita**
= PRINCIPIO DI UNIVARIANZA
2. I fotorecettori si comportano come dei sensori di luce biologici = il segnale elettrico è una misura dell'energia assorbita ma il segnale che esce dalla retina non è proporzionale all'intensità della luce in ingresso → **il segnale in uscita dalle cellule gangliari verso il genicolato codifica la presenza di DISCONTINUITÀ nella distribuzione spaziale dell'intensità luminosa**

CONTRASTO = discontinuità nella distribuzione spaziale della luce

CONTRASTO FISICO = differenza di luminanza fra due punti o zone del campo visivo, espressa in proporzione al valore di riferimento adatto al tipo di stimolo utilizzato

I due casi più comuni sono il CONTRASTO DI WEBER utile per caratterizzare il contrasto di una figura rispetto allo sfondo e il CONTRASTO DI MICHELSON che utilizza i grating

CONTRASTO DI WEBER

$$\frac{(L_f - L_s)}{L_s}$$

Ls

- Lf = luminanza di una figura
- Ls = luminanza sfondo

(se la differenza tra figura e sfondo è appena percepibile, allora la formula è una soglia differenziale, quindi, è la frazione di Weber)

CONTRASTO DI MICHAELSON

$$\frac{(L_{max} - L_{min})}{(L_{max} + L_{min})}$$

La differenza tra la massima e la minima delle luminanze dei punti è espressa in proporzione al doppio della loro media

Coloro che hanno permesso di comprendere che il segnale in uscita dalla retina codifica il contrasto sono Hartline, Kuffer e Barlow → la loro tecnica consisteva nell'inserire un elettrodo nel nervo ottico con il quale registravano il segnale in uscita da singole cellule gangliari.

Il segnale delle cellule gangliari, a differenza di quello dei recettori, è una sequenza di brevi scariche, POTENZIALI D'AZIONE, la cui frequenza viene modulata rispetto a un livello base → se la frequenza aumenta (risposta eccitatoria) o diminuisce (inibitoria).

Proiettavano piccoli dischi luminosi sulla retina dell'animale, variando la loro posizione e prendendo nota delle variazioni nel segnale in uscita dalla retina.

CAMPO RECETTIVO = zona della retina in cui uno stimolo luminoso fa sì che si osservi una modulazione nella frequenza di scarica di un neurone → info importanti sulle caratteristiche dello stimolo che il neurone è in grado di codificare

CAMPO RECETTIVO CELLULE GANGLIARI

Ha forma circolare ed è diviso in due parti = disco centrale e anello circostante

Esempio → proiettando il disco luminoso sulla parte centrale c'è un aumento della frequenza di scarica mentre proiettandolo sulla parte periferica si osserva una diminuzione → stimolazione centro = eccitazione / stimolazione periferia = inibizione → **CELLULA CENTRO-ON**

CELLULA CENTRO-OFF → eccitazione se stimolazione periferia e inibizione se stimolazione centro

- Se vengono stimolate entrambe le zone la frequenza di scarica sarà modulata rispetto alla frequenza spontanea in funzione del bilancio fra eccitazione e inibizione
- Non sono sensibili all'intensità assoluta = quando nel campo recettivo è presente una stimolazione omogenea, la stimolazione nel disco produrrà eccitazione mentre quella nell'anello inibizione. Dato che l'intensità è uguale nelle due zone, eccitazione e inibizione si annulleranno a vicenda = nessuna modulazione nella frequenza di scarica
- Quando nel campo recettivo c'è una discontinuità nella distribuzione della luce, si creano le condizioni per uno sbilanciamento a favore dell'eccitazione o dell'inibizione

Il COCE suggerisce che il sistema visivo utilizzi l'info per il contrasto in modo diverso in funzione della scala spaziale → cambiamento brusco codificato

in modo diverso rispetto a un cambiamento graduale e questo avviene in base alla grandezza dei campi recettivi nella fovea

- Centro = campi recettivi piccoli
- Periferia = più grandi
- Proiezione parvocellulare che contiene segnali che vengono dalla parte centrale della retina veicola info ad alta risoluzione
- Proiezione magnocellulare che contiene segnali che vengono dalla periferia veicola info a bassa risoluzione

EFFETTO CRAIK-O'BRIEN-CORNSWEET (COCE)

Se si innalza bruscamente l'intensità di un tono prima tenuto ad intensità costante, e poi lo si fa tornare in modo graduale all'intensità di partenza, sembrerà di sentire due note, una bassa e una successiva più alta. Craik si chiese se potesse succedere anche nella modalità visiva.

Per produrre questo effetto serve un cambio brusco di luminanza in un punto e due gradienti per abbassare gradualmente la luminanza e poi tornare a quella media presente in tutto lo stimolo.

Il colore delle due superfici non dipende dalla luminanza assoluta ma dal contrasto rilevabile nella zona centrale → uno stimolo è una relazione non una quantità. Inoltre, il sistema visivo sembra dare più peso a un cambiamento brusco piuttosto che a uno graduale

2) LA FREQUENZA SPAZIALE

Stimoli ideali per studiarlo sono i **GRATING** = sequenze di barre parallele e l'idea di usare questi stimoli venne a Campbell e si basa su un'analogia acustica → dal pdv fisico un suono corrisponde a una vibrazione, cioè a una modulazione nel tempo di energia meccanica e qualsiasi suono complesso può essere descritto da onde sinusoidali → allo stesso modo uno stimolo visivo può essere costruito modulando la luminanza rispetto a una direzione nello spazio.

La modulazione sarà descritta da 3 parametri:

1. Ampiezza
2. Frequenza
3. Fase

La sensibilità al contrasto è migliore per differenze di luminanza che hanno una scala spaziale intermedia e meno buona per quelle grandi o piccole → a parità di contrasto fisico, il contrasto percepito nei grating a frequenza spaziale più bassa o più alta sarà minore rispetto al contrasto percepito a frequenze intermedie

(il contrasto di ogni punto dei grating rispetto allo sfondo viene attenuato gradualmente in tutte le direzioni dal centro alla periferia. Sono anche chiamati GABOR PATCH)

I grating sono lo stimolo ideale per studiare la sensibilità al contrasto perché permettono di esplorare l'effetto congiunto di

- Contrasto fisico
- Frequenza spaziale

sul contrasto percepito.

Dato che la sensibilità è l'inverso della soglia, si tratta di misurare la soglia per il contrasto in una sequenza di grating a frequenza spaziale da molto bassa a molto alta.

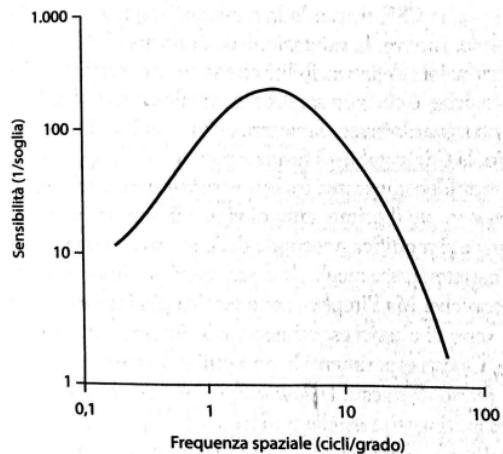


fig. 2.6. La forma tipica della CSF è una U rovesciata e asimmetrica. La sensibilità è ottimale attorno a circa 4 cicli/grado, mentre peggiora spostandosi sia nella direzione delle frequenze più basse sia in quella delle frequenze più alte. La CSF può essere interpretata come una visualizzazione della capacità globale di codificare il contrasto: qualsiasi punto al di sopra della curva corrisponde a un grating con un certo livello di contrasto fisico non visibile. Ad esempio, con un contrasto-soglia = 1% un grating è visibile se ha frequenza spaziale = 4 ma non se ha frequenza < 1 o > 10

Le soglie assolute sono il livello di contrasto fisico in cui il grating scompare e rimane solo il campo grigio uniforme. **CSF = funzione di sensibilità al contrasto.**

LA CSF

Misurare la CSF ha implicazioni sia per la clinica che per la ricerca di base. Per la ricerca di base la CSF cambia di forma a seconda della specie esaminata e questo consente di fare studi comparativi (si modifica nel primo anno di vita e si modifica a seconda dello stato di adattamento della retina). Esperimenti:

- Sommazione sottosoglia = misurare la sensibilità per un grating sopra soglia prima da solo e poi in presenza di un altro grating sottosoglia nella stessa posizione → risultati = il grating sottosoglia migliora la sensibilità ma solo se i due grating hanno frequenza spaziali simili, mentre il grating sottosoglia non ha effetto sulla sensibilità se ha una frequenza molto diversa
- Mascheramento = presentare un grating e farlo seguire da un altro ad alto contrasto (la maschera). La maschera abbassa la sensibilità per il contrasto al primo grating ma solo se le frequenze spaziali sono simili
- Adattamento = presentazione per alcune decine di secondi un grating con certa frequenza riduce la sensibilità per il contrasto a uno successivo ma solo se frequenze spaziali simili

Risultati interpretati come prove dell'esistenza di canali neurali che codificano in modo separato il contrasto in bande strette di frequenza spaziale → la presentazione di un secondo stimolo ha effetto sulla sensibilità misurata su uno stimolo test solo se il secondo stimolo agisce sulla stessa banda. La forma complessiva della CSF emergerebbe dalla somma delle sensibilità individuali di ognuno di questi filtri selettivi per stimoli a diversa grandezza

3) L'ORIENTAZIONE

Anche l'orientazione ha un effetto sulla sensibilità al contrasto → a parità di frequenza spaziale, la sensibilità è migliore per grating orizzontali o verticali rispetto a grating orientati a 45° = effetto obliquo

Come per il contrasto, anche per l'orientazione l'effetto di adattamento scompare anche se il secondo grating ha esattamente la stessa frequenza spaziale ma orientazione diversa → canali per la frequenza spaziale sono selettivi per bande di frequenza e orientazione = codifica del contrasto presente in discontinuità di luminanza con una certa orientazione

HUBEL E WIESEL

Hanno scoperto che molti neuroni di V1 hanno selettività per l'orientazione e a differenza delle cellule della retina e del genicolato che hanno campi recettivi circolari, queste cellula hanno un campo recettivo tale per cui la cellula risponde solo quando viene presentato un contorno orientato in un certo modo.

Si osserva che la cellula ha una orientazione preferita per cui l'aumento della frequenza di scarica è massimo, risponde in modo forte per orientazioni simili e poi la risposta tende a scomparire fino a quando è assente per orientazione ortogonale a quella preferita.

La selettività per l'orientazione era visibile in 3 tipi di campi recettivi:

1. **Semplice** → zona allungata eccitatoria affiancata ai due lati o a uno solo da zone allungate inibitorie → rispondono in modo ottimale a una barra luminosa statica orientata in modo da coincidere con la zona eccitatoria o al contorno rettilineo di una superficie orientata che coincide con il confine tra zona eccitatoria e inibitoria. Non rispondono a contorni ortogonali all'orientazione del campo recettivo o se si illumina sia la zona inibitoria che eccitatoria

2. Complesso → campo recettivo non chiaramente divisibile in zona eccitatoria e inibitoria ma risponde con modalità specifiche al movimento → stimolo ottimale è un contorno rettilineo fatto scivolare sul campo recettivo nelle due direzioni ortogonali alla sua orientazione

3. Ipercomplesso → campo recettivo non chiaramente divisibile in zona eccitatoria e inibitoria ma risponde con modalità specifiche al movimento → stimolo ottimale è un contorno che scivola sul campo recettivo in una sola direzione e i cui punti finali (terminatori del contorno) coincidono con il campo stesso

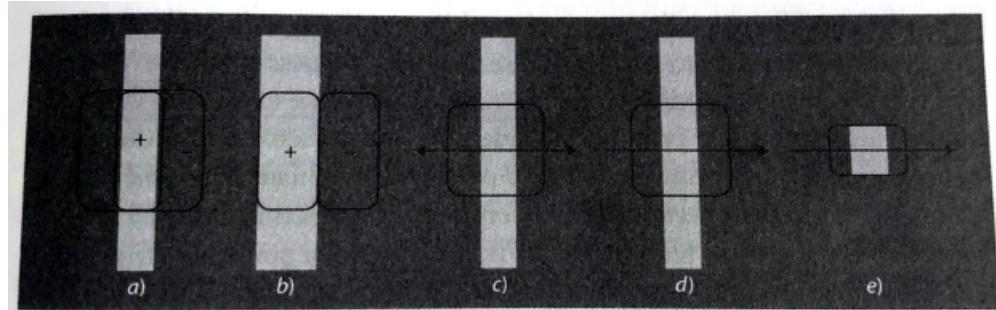


fig. 2.8. Tipologie di campo recettivo delle cellule selettive per l'orientazione in V1, secondo Hubel e Wiesel [1968]: a) e b) semplice; c) complesso non selettivo per la direzione; d) complesso selettivo per la direzione; e) ipercomplesso. Nel caso di a) e b) si osservano anche i campi recettivi complementari in cui l'effetto eccitatorio e inibitorio si scambiano di posto.

All'inizio H e W ritenevano che questa distinzione riflettesse una gerarchia di stadi di elaborazione a sua volta implementata da diversi livelli di convergenza tra stadi inferiori → campi recettivi cellule semplici originano dalla convergenza dei segnali provenienti dalle cellule del genicolato con campi recettivi circolari

Ritennero che i campi complessi potessero originare dalla convergenza di quelli semplici. Si resero però conto che la distinzione tra cellula complesse e ipercomplesse non era del tutto fondata → proposero che le differenze osservate fra due campi recettivi avessero a che fare con un'altra proprietà che chiamarono END STOPPING (INIBIZIONE TERMINALE) = la coincidenza fra i terminatori del segmento e il limite del campo recettivo.

Oggi **CAMPO RECETTIVO NON CLASSICO** in cui la selettività per orientazione, direzione, velocità e inibizione terminale vengono considerate proprietà funzionali che emergono da un sistema dinamico non lineare.

DAVID HUBLET E TORNSTEN WIESEL

Hubel ha iniziato la sua carriera da neurofisiologo nel 1954 e iniziò a fare le prime registrazioni con microelettrodi dalla corteccia del gatto. Nel 1958 H e W perfezionarono la tecnica di registrazione che consentì loro di registrare da un neurone anche per 9 ore. La loro scoperta più importante è stata quella di scoprire la selettività per l'orientazione. Tra le scoperte ci sono state

- Campi recettivi dei neuroni selettivi per orientazione potevano avere strutture geometriche diverse
- Unità neurali sensibili all'orientazione sono disposti negli strati di V1 in colonne
- Neuroni con campi recettivi binoculari
- Sensibilità all'orientazione si sviluppa precocemente durante un periodo critico
- In V1 ci sono neuroni specializzati per la codifica del contrasto cromatico

4) MOVIMENTO LOCALE

È stato visto come molte cellule di V1 rispondano al movimento in una delle due direzioni ortogonali all'orientazione del campo recettivo. Un modello in grado di spiegare la proprietà della selettività per la direzione della visione di basso livello è il REICHARDT DETECTOR.

COME FUNZIONA

- Un neurone per rispondere al movimento, deve essere sensibile alla stimolazione successiva di due punti A e B della retina allineati lungo quella direzione

- Per ottenere questo serve una unità intermedia in cui converge l'input afferente da A e B, l'unità intermedia poi lo combina con una certa tempistica per poi inviarlo al rilevatore
- Il rilevatore risponde quando l'input che viene dall'unità intermedia supera una soglia
- Per una delle due unità, per esempio B c'è una connessione diretta con l'unità intermedia
- Per l'altra unità, in questo caso A, c'è un'ulteriore unità D prima di arrivare a X che produce un ritardo rispetto all'altra unità che ha la connessione diretta
- A causa di questo ritardo, quando i segnali da A e B vengono combinati, il segnale in X è forte se il tempo che passa tra la stimolazione di A e poi di B è uguale al ritardo del segnale in A
- In questo caso il segnale in X supera la soglia del rilevatore che quindi si attiva per la direzione A → B
- Se movimento da B → A il segnale arriva prima a B che non ha il ritardo e quindi il suo segnale arriva direttamente a X, quando poi il segnale arriva ad A, questo ha un ulteriore ritardo dato dall'unità D = il segnale non porta a soglia il rilevatore che quindi non si attiva

Un rilevatore è selettivo sia per la direzione di movimento che per la velocità di esso.

Per ogni zona della retina si possono quindi immaginare un insieme di rilevatori ognuno dei quali è responsabile di segnalare il movimento in una certa direzione e con una certa velocità.

MOVIMENTO STROBOSCOPICO, APPARENTE → il fatto che una sequenza di immagini statiche possa generare la percezione del movimento → per il rilevatore non fa differenza il fatto che ci sia un movimento continuo da A

a B con una velocità adeguata al ritardo in D, o la presentazione di due stimoli statici prima in A e poi in B dopo un tempo pari a D = effetto identico.

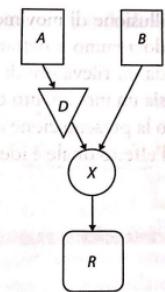
Si parla di movimento locale perché una rete di rilevatori non è in grado di rilevare il movimento fisico di un oggetto, ma solo segnali spt ambigui → i rilevatori sono selettivi per direzione e velocità rispetto a un sistema di riferimento retinotopico.

L'ambiguità dei segnali di movimento locali è chiamato PROBLEMA DELL'APERTURA.

PROBLEMA DELL'APERTURA

Discusso da Hans Wallach nella sua tesi di dottorato nel 1935 e questo problema si riferisce all'ambiguità dei segnali di movimento che dipende dalla geometria delle trasformazioni spazio-temporali di un contorno rettilineo in movimento.

fig. 2.9. Il circuito di un rilevatore di movimento selettivo per la direzione e la velocità (rilevatore di Reichardt). A e B sono due unità di input. D è una unità che riceve il segnale (in questo caso da A), aspetta per un certo tempo, e quindi invia il segnale a X che è l'unità che combina i due segnali. Il ruolo di D è quindi di impostare un ritardo D al segnale proveniente da A. R è il rilevatore di Reichardt. Le frecce rappresentano le connessioni fra le unità. Supponete che A sia stimolato al tempo t_0 e B sia stimolato al tempo t_1 da un oggetto che si muove da sinistra verso destra. Quando $D = t_1 - t_0$, i segnali da A e B arrivano a X nello stesso momento. Dato che il segnale di X risulta dalla combinazione di A e B, in questo caso il segnale sarà forte e potrà superare la soglia di attivazione di R. In caso contrario, ossia quando i segnali non arrivano simultaneamente a X, il segnale resterà debole e R non si attiverà. Questo succede quando il movimento da A a B è troppo veloce ($D > t_1 - t_0$), o troppo lento ($D < t_1 - t_0$), o quando il movimento è nella direzione opposta, da B ad A anziché da A a B.



ILLUSIONE DELLA CASCATA (Addams, 1834)

Si accorse che se si osserva la cascata per un periodo prolungato, e si sposta poi lo sguardo sulle rocce ai lati, si percepisce un movimento paradossale verso l'alto → sembra associato a un'immagine statica = percepito di movimento puro dissociato dalla percezione dello spostamento di oggetti nello spazio. Questo si chiama motion aftereffect MAE (effetto postumo del movimento) → si basa sull'hp che la percezione del movimento di un oggetto dipende dal confronto fra l'attivazione di rilevatori selettivi per la direzione che tutti insieme codificano tutte le direzioni potenziali in ogni zona della retina. Adattamento neuronale → la presentazione prolungata di uno stimolo riduce selettivamente la sensibilità per quello stimolo = osservazione prolungata di un movimento in una direzione produce adattamento per quella direzione → successiva osservazione di stimolo stazionario ne viene influenzata con il risultato di uno sbilanciamento nella direzione opposta

Se si considera un segmento rettilineo di infinita lunghezza che si muove in una direzione nel campo visivo, il movimento fisico per ognuno degli infiniti punti che lo compongono può essere espresso come la somma di due componenti:

1. Un vettore parallelo all'orientazione del segmento
2. Un vettore ortogonale all'orientazione del segmento

Dato che il segmento è omogeneo, l'assetto ottico intorno al punto preso in considerazione non contiene discontinuità nella direzione in cui è orientato, ma sono in quella ortogonale.

Immaginando due rilevatori le cui direzioni preferenziali sono rispettivamente quella parallela e quella ortogonale → solo quello ortogonale sarà attivato (dato che l'assetto ottico ha una discontinuità) e quello parallelo rimarrà silente.

Quando viene rilevato un segnale di movimento relativo a un contorno, non corrisponde in maniera univoca al movimento fisico di quel contorno, ma solo alla sua componente ortogonale = segnale ambiguo → ci sono infiniti movimenti fisici compatibili con la componente ortogonale data e infinite componenti parallele non rilevate

→ Un rilevatore di movimento vede solo la componente ortogonale del vettore che rappresenta il movimento fisico di un contorno e non può quindi rappresentare il movimento in modo reale.

Il problema dell'apertura è stato descritto in una situazione reale che però non riproduce la complessità della realtà in cui non ci sono contorni ideali, ma margini di oggetti e gli assetti ottici sono ricchi di discontinuità

Quando nel campo visivo facciamo muovere un segmento finito, questo ha dei punti che fungono da **TERMINATORI** → in questi punti il segnale non è ambiguo, ma la direzione rilevata corrisponde al movimento fisico.

L'inibizione terminale suggerisce che la geometria dei campi recettivi sia costruita in modo da far sì che i neuroni sensibili all'orientazione siano modulati anche dalla presenza di un terminatore → un quadro completo dei segnali codificati dalla visione di basso livello deve quindi includere segnali ortogonali, ambigui e quelli dei terminatori che a questo livello della visione non sono ambigui → uno dei ruoli della visione intermedia relativamente alla percezione del movimento globale è quello di combinare tutti i segnali locali lungo i contorni e i terminatori.

Il peso relativo dei segnali dipende dalla lunghezza del segmento:

- Segmento lungo = maggiore peso ai rilevatori quindi percezione del movimento nella direzione ortogonale alla orientazione

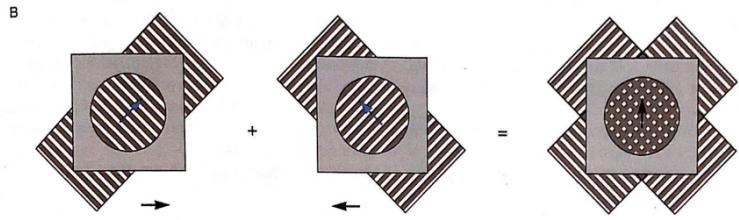


Figura 27-11 Il problema dell'apertura e l'illusione dell'"insegna del barbiere".

A. Quando un oggetto si muove in una certa direzione, ciascuno dei suoi margini, se viene visto attraverso una piccola apertura, sembra muoversi in una direzione perpendicolare a quella del suo orientamento. Il sistema visivo deve integrare tutti i segnali che gli provengono da questi movimenti locali in una percezione unitaria dell'oggetto che si muove.

B. Per vedere se un neurone è sensibile a segnali locali di movimento o al movimento globale, vengono usati opportuni reticolari. Quando i reticolari vengono sovrapposti e fatti muovere indipendentemente in

direzioni diverse, la sensazione che ne nasce non è quella di due reticolari che scivolano l'uno sull'altro ma piuttosto quella di un'unica struttura complessa che si muove in una direzione intermedia. La percezione di questa visione globale invece dei singoli movimenti locali è dovuta ai neuroni dell'area mediotemporale.

C. La percezione del movimento è influenzata dalla presenza di elementi locali di segmentazione delle forme, come si può osservare nell'illusione ottica fornita dal palo colorato che costituisce la storica insegna dei barbieri. Anche se il palo ruota sul proprio asse, l'impressione che se ne riceve è quella di un movimento verticale delle strisce colorate.

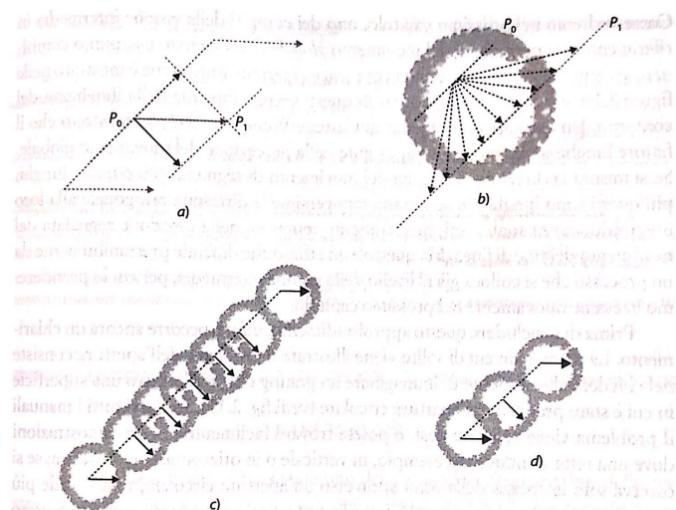


fig.2.10. Dato un punto P_0 su un segmento rettilineo, il movimento fisico da P_0 a P_1 , è la somma di due vettori, la componente ortogonale e la componente parallela all'orientazione del segmento (a). Il segnale di movimento relativo a un punto lungo un contorno quindi è compatibile con infiniti movimenti fisici (b). Lungo un oggetto allungato come una barra, un rilevatore di movimento segnala la componente ortogonale; solo in corrispondenza di un terminatore di linea viene segnalato il movimento fisico. Pertanto, tanto più lunga la barra (c) tanto più saranno maggioritari i segnali ortogonali; tanto più corta (d), tanto più peseranno i movimenti dei terminatori. (In tutte le figure, il movimento fisico si assume da destra verso sinistra in orizzontale.)

- Segmento corto = maggiore peso al segnale che viene dai terminatori e quindi percezione del movimento reale

Quando viene presentato il problema dell'apertura, si chiede di guardare un grating che si muove attraverso un foro e in questo caso l'illusione non è causata dal problema dell'apertura perché il percepito non dipende solo dai processi di basso livello ma anche da altri processi = si vede il movimento globale e i movimenti locali → il movimento globale dipende dall'integrazione fra segnali lungo il contorno e segnali dei terminatori.

In questo caso i terminatori della retta dipendono dal margine dell'apertura circolare → in ogni istante scivolano lungo una traiettoria curvilinea e per questo non contengono info sul movimento fisico orizzontale o verticale = effetto barber pole

HANS WALLACH (1904-1998)

Nato a Berlino in una famiglia ebrea. Studiò psicologia e iniziò a lavorare nell'istituto diretto da Kohler, uno dei padri fondatori della psicologia della Gestalt. A causa dell'ascesa del nazismo dovette emigrare negli USA come Kohler, il quale lo invitò a lavorare nel suo istituto. Fra i suoi contributi sperimentali ci sono:

- Analisi problema dell'apertura e ruolo dei processi di organizzazione nella sua soluzione
- Studio localizzazione sorgenti sonore
- Costanza colore acromatico
- Ruolo movimento nella percezione della struttura 3D
- Costanza di posizione

5) CONTRASTO CROMATICO

Perché di notte non si vedono i colori? Di notte si usano i bastoncelli che però come qualsiasi fotorecettore non rispondono al colore → la risposta dei fotorecettori dipende dalle caratteristiche fisiche della luce con cui interagiscono = intensità e lunghezza d'onda → IL COLORE È UNA PROPRIETÀ DEL PERCETTO NON DELLA LUCE

- Nessun fotorecettore codifica la lunghezza d'onda

GRAFICO

- Il fotopigmento dei bastoncelli non è selettivo, infatti è in grado di assorbire fotoni in quasi tutto l'arco dello spettro visibile
- Dato che il segnale in uscita è modulato solo nella dimensione del potenziale graduato e dato che questo dipende dall'assorbanza (intensità di radiazione elettromagnetica che viene assorbita da un corpo) e dal numero di fotoni in ingresso, il potenziale non contiene info sulla lunghezza d'onda
- Quando un fotone viene assorbito, viene persa qualsiasi info relativa alla lunghezza d'onda
- Quindi a parità di numero di fotoni, il potenziale sarà uguale per una luce a 450 e a 550 nm (la curva ha la stessa altezza in quei due punti)
- Stessa cosa per le 3 classi di coni → potenziale in uscita dipende dall'assorbanza e dal numero di fotoni quindi il segnale in uscita non è selettivo per la lunghezza d'onda = principio di univarianza
- DIFFERENZA FRA CONI E BASTONCELLI → 1 solo tipo di recettore scotopico e 3 tipi di coni che si differenziano per la forma della funzione di assorbanza:
 - C assorbono meglio nella zona corta dello spettro con picco a 420 nm
 - M zona intermedia con picco a 534 nm
 - L zona più lunga con picco a 564 nm

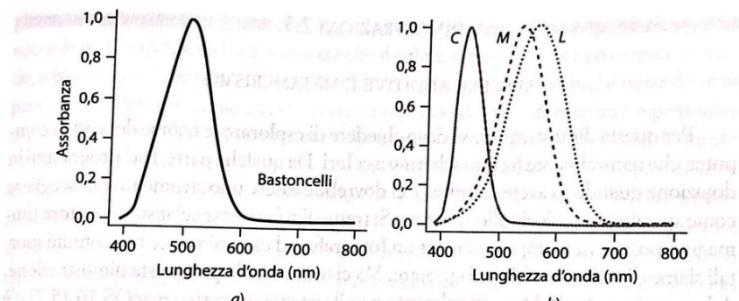


fig.2.12. La proporzione di fotoni assorbiti dal fotopigmento (assorbanza) in funzione della lunghezza d'onda della luce in ingresso. Basato su stime originariamente effettuate da George Wald utilizzando la microspectrofotometria [Commission internationale de l'éclairage 2005]. Sinistra a) assorbanza dei bastoncelli. Destra b) assorbanza dei coni C, L e M.

= per ogni posizione sulla retina il segnale dei coni può essere pensato con una **TRIPPLETTA DI ATTIVAZIONI = SISTEMA VISIVO TRICROMATICO** che implica che l'effetto di qualsiasi miscela di luce sulla retina può essere descritto da una tripla di numeri

METAMERISMO

Nell'800 Maxwell sviluppò un paradigma sperimentale che ebbe un ruolo fondamentale nel dimostrare la correttezza della teoria della tricromaticità.

Data una luce con uno spettro qualsiasi (colorata) veniva chiesto a un osservatore di regolare l'intensità di 3 luci a banda stretta (monocromatiche) fino ad ottenere una miscela percettivamente uguale alla luce di partenza = **UGUAGLIAMENTO**

METAMERICO = stimoli fisicamente diversi ma che percettivamente sono uguali.

Risultati: per uguagliare qualsiasi colore era necessario mescolare non più di 3 primari → il metamerismo che si osserva dipende dalla tricromaticità e dall'univarianza dei coni.

Perché di notte non si vedono i colori?
PRINCIPIO GENERALE è che per avere visione cromatica è necessario avere almeno due tipi di fotorecettore → con un solo tipo il percepito può variare solo nella dimensione acromatica (dal bianco al nero passando per la scala di grigi).

CECITÀ AL COLORE

- Monocromia dei coni = mancato sviluppo di due tipi di cono = visione fotopica ma spazio cromatico monodimensionale (solo toni del grigio)
- Monocromia dei bastoncelli = totale assenza dei coni = no visione fotopica, sopportano male la luce (fotofobia), no sensibilità al contrasto nelle frequenze spaziali medio-alte (dato che hanno solo i bastoncelli che hanno bassa risoluzione spaziale)
- Acromatopsia = cecità al colore causata da lesione cerebrale
- Protanopia = assenza coni L
- Deuteranopia = assenza coni M → forma più comune
- Tritanopia = assenza coni S

La dicromaticità è di origine ereditaria e dato che il gene responsabile della deuteranopia e della protanopia è sul cromosoma X, gli uomini hanno prob più alta di averla rispetto alle donne

Il segnale che dalla retina raggiunge la corteccia non è una tripla di attivazioni, ma un segnale che ha come scopo la codifica del contrasto cromatico. Le cellule gangliari danno origine a 3 canali distinti:

1. L + M deriva dalla somma delle attivazioni dei coni sensibili alle lunghezze d'onda medie (verde) e lunghe (rosso)
2. Canale opponente L – M
3. S – (L + M) che sottrae l'attivazione dei coni sensibili alla parte corta dello spettro (blu) dagli altri due

L'effetto di questa modifica attuata dalla circuiteria retinica è una trasformazione di coordinate che passa da una a 3 dimensioni (S, M, L) a 3 dimensioni opposti → si ritiene che questo sia necessario per meglio differenziare i segnali M e L che sono molto simili a causa della ampia sovrapposizione delle loro curve di assorbimento.

A livello del genicolato, questi 3 canali corrispondono a 3 tipologie di campi recettivi con organizzazione centro-periferia:

1. Campi recettivi che codificano la luminanza
2. Campi recettivi con opposizione cromatica che hanno il centro eccitatorio o inibitorio riferito a uno dei termini della sottrazione e la periferia (complementare al centro) all'altro termine della sottrazione

Es:

- Cellule con centro M+ e periferia L-
- L+ e M-
- M- L+
- L- M+

L'info codificata dai 3 canali viene trasmessa in proiezioni distinte:

- Cellule dagli strati magnocellulari del genicolato rispondono spt alla luminanza
- Cellule degli strati parvocellulari del genicolato rispondono spt all'opponenza L-M
- Cellule degli strati koniocellulari rispondono all'opponenza S – (L-M)

Dal pdv percettivo, il meccanismo dell'opponenza cromatica è coerente con alcune caratteristiche percepite dei colori → ci sono 4 colori che hanno caratteristiche di unicità → rosso e verde da un lato e giallo e blu dall'altro

- Rosso-verde = opponenza L – M
- Giallo-blu = opponenza S – (L – M)

Gli altri colori sono miscele di questi 4 → non esistono miscele che contengano contemporaneamente le due coppie → le coppie sono gli estremi di due dimensioni indipendenti, i canali opposti, e per questo non possono combinarsi fra loro

COLORI IN V1 → Hubel e Livingstone

In V1 ci sono strutture di forma irregolare, chiamati BLOB nei quali sono presenti neuroni i cui campi recettivi suggeriscono un ruolo nella codifica del contrasto cromatico.

A differenza delle cellule selettive per l'orientazione, le cellule nei blob hanno campi recettivi con forma **DISCO-ANELLO NON ORIENTATI** con **risposte che si possono classificare OPPONENTI DOPPIE**. Hanno identificato 3 categorie:

1. Centro-periferia a banda larga
2. Opponenti doppie rosso-verde
3. Opponenti doppie giallo-blu

Queste osservazioni hanno portato H e L a concludere che nel sistema visivo è presente un sistema per la codifica del contrasto cromatico che lavora in parallelo e in modo separato da quello per la codifica dell'orientazione → le cose in realtà sono più complicate

PSICOFISICA

Il contrasto cromatico viene definito ugualmente al contrasto di Weber ma in 3 canali indipendenti = dato dalla tripletta di rapporti (C, M, L si riferiscono alle attivazioni dei coni)

- $\frac{(C_f - C_s)}{C_s}$
- $\frac{(M_f - M_s)}{M_s}$
- $\frac{(L_f - L_s)}{L_s}$

6) LA DISPARITÀ BINOCULARE

Gli esseri umani hanno un **CAMPO VISIVO BINOCULARE** e questo implica che la struttura duale dell'assetto ottico, per un ambiente tridimensionale, sarà diversa in funzione di due fattori:

1. La posizioni relative nello spazio degli elementi che sono nell'ambiente
2. Il punto dell'ambiente verso cui gli occhi convergono durante la fissazione

Quando questi due elementi sono espressi in relazione a posizioni sulla retina sono chiamate **DISPARITÀ**.

Le disparità binoculari contengono informazioni potenzialmente utili per distinguere la struttura 3D degli oggetti e la loro disposizione nello spazio.

I segnali neurali provenienti da ciascun occhio vengono mantenuti segregati in base all'occhio di provenienza → si vede nei campi recettivi dei neuroni di V1 del 4° strato = dove proietta la radiazione ottica

Questi sono campi recettivi MONOCULARI = modulati da info proveniente da solo uno dei due occhi e non dall'altro

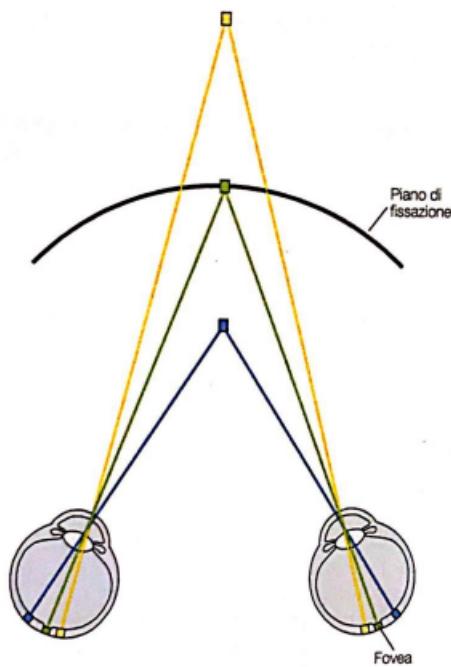
Negli strati più superficiali di V1 ci sono neuroni con **campi recettivi BINOCULARI** = attività modulata da entrambi gli occhi → rende possibile la fusione dei segnali dai due occhi che serve poi per una rappresentazione unificata del mondo.

Nelle aree successive a V1 quasi tutti i neuroni hanno campi recettivi binoculari, alcuni sono "binoculari obbligati" = la loro attività viene modulata solo se la stimolazione viene da entrambi gli occhi contemporaneamente.

È stato evidenziato che i neuroni binoculari modulano la loro attività in base alla disparità:

- Campi recettivi che esibiscono attivazione o inibizione con disparità zero
- Campi recettivi selettivi per disparità crociata
- Campi recettivi selettivi per disparità non crociata entrambe con preferenza per certi gradi di disparità

A Disparità binoculare delle immagini retiniche



B Neuroni selettivi per la disparità

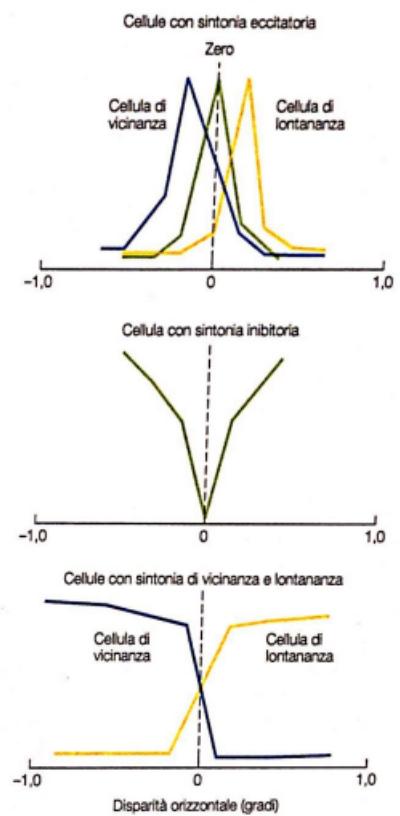


Figura 27-7 Stereopsi e disparità oculare.

A. La profondità viene valutata dalla posizione che le immagini occupano nei due occhi. L'immagine di un oggetto che giace nel piano di fissazione (verde) va a cadere su punti corrispondenti delle due retine. Le immagini degli oggetti situati davanti (blu) o dietro (giallo) al piano di fissazione cadono su due posizioni non corrispondenti delle due retine. Questo fenomeno viene detto **disparità binoculare**.

B. I neuroni della corteccia visiva sono selettivi per particolari ambiti di disparità. Ogni grafico mostra le risposte di un neurone a stimoli binoculari con disparità diverse (ascissa). Alcuni neuroni sono sintonizzati per uno stretto ambito di disparità e hanno pertanto alcune disparità preferenziali (neuroni con sintonia eccitatoria o inibitoria), mentre altri neuroni posseggono sintonie più larghe per gli oggetti che stanno davanti al piano di fissazione (cellule di vicinanza) o dietro a questo piano (cellule di lontananza). (Adattata per concessione di Poggio, 1995.)

Il meccanismo che codifica la disparità è molto efficiente → secondo alcune stime la soglia assoluta per la disparità è circa 0.5 arcmin = metà di un sessantesimo di grado.

IMMAGINE

- Entrambi gli occhi fissano l'oggetto F = proiezione di F cade su entrambe le fovee
- Dal punto di fissazione si forma un insieme di punti esterni che cadranno su punti retinici corrispondenti = **OROTTERO/OROPTERE** e ha la forma approssimativamente circolare
- Tutti i punti esterni che cadono sull'orottero hanno disparità zero
- Le V cadono su punti retinici non corrispondenti quindi disparità non uguale a 0:
- Oggetto L è più lontano dal punto di fissazione → proiezioni cadono a dx della fovea nell'occhio sx e a sx nell'occhio dx → per portarlo in fissazione si dovrebbero far divergere gli occhi = **DISPARITÀ NON CROCIATA** = oggetti più lontani dall'orottero rispetto al punto di vista
- Oggetto V è più vicino rispetto al punto di fissazione → proiezioni cadono a sx della fovea nell'occhio sx e a dx nell'occhio dx → per portarlo in fissazione si dovrebbero fare convergere gli occhi = **DISPARITÀ CROCIATA** = oggetti più vicini all'orottero rispetto al punto di vista

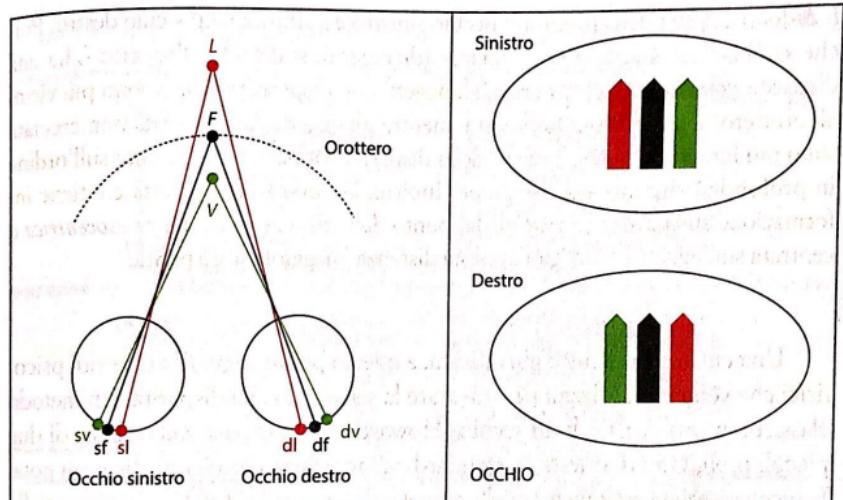


fig. 2.14. Sinistra: geometria delle disparità binoculari. V, F e L sono tre oggetti. F è l'oggetto che viene fissato. Il semicerchio puntinato rappresenta l'orottero, il luogo di punti a disparità nulla che passa per la fissazione. V è un oggetto più vicino rispetto all'orottero, L un oggetto più lontano. Gli oggetti più vicini al punto di vista rispetto all'orottero hanno disparità crociata, mentre gli oggetti più lontani hanno disparità non crociata.

Il segno della disparità contiene info sull'ordine di profondità rispetto alla fissazione. Inoltre, l'entità della disparità contiene info sulla DISTANZA RELATIVA del punto di fissazione = distanza esocentrica quindi centrata sull'oggetto → maggiore distanza, maggiore disparità

METODI PSICOFISICI PER MISURARE SENSIBILITÀ ALLA DISPARITÀ

Nella scienza della visione moderna si usano due immagini della stessa scena che vengono presentate separatamente ai due occhi → STEREOGRAMMA e lo strumento è lo STEREOGRAMMA.

Nella metà dell'800 Charles Wheatstone iniziò a riflettere su un aspetto spesso trascurato della percezione pittorica → quando si guarda un oggetto in un quadro, non lo si percepisce come solido, la tridimensionalità viene percepita come una rappresentazione e non come la proprietà del solido. W si rese conto che questo avveniva perché le immagini per i due occhi sono identiche perché il quadro è piatto.

Quando invece si guarda un oggetto solido, le immagini sono leggermente diverse perché si guarda un oggetto 3D da due punti di vista separati di alcuni centimetri.

Gli venne quindi l'idea di costruire un apparato per presentare due immagini diverse separatamente ai due occhi e si accorse che nonostante le immagini erano piatte di aveva la percezione di tridimensionalità → questa qualità percettiva si chiama STEREOPSI

W stabilì che il segno della disparità, crociata o non crociata, determina la posizione percepita, davanti o dietro, di identificare il limite superiore o inferiore della fusione binoculare e di chiarire il ruolo della convergenza.

Lo stimolo di elezione per studiare la visione binoculare è lo **STEREOGRAMMA DI PUNTI CASUALI** inventato da Béla Julesz il quale sosteneva che la tecnica consente di indagare la visione ciclopica = rappresentazione che si forma “nell’occhio della mente” dopo la fusione binoculare.

Uno stereogramma non contiene info in grado di stimolare le unità selettive che codificano il contrasto o l’orientazione dei contorni (dalla retina al genicolato al 4° strato di V1) perché nei due stimoli non ci sono contorni.

L’effetto di stereopsi dimostra due cose:

1. La disparità è informazione in grado di produrre la percezione di contorni figurali anche senza che si attivino le unità monoculari sensibili all’orientazione → motivo secondo J per cui alcuni animali hanno evoluto la visione binoculare (preda si rende invisibile disegnando sul proprio corpo dei punti casuali simili a quelli del suo sfondo, anche se il predatore, grazie alla visione binoculare può rompere il mimetismo)
2. La disparità è sufficiente per produrre la stereopsi. Non è necessario che nelle immagini monoculari ci sia contorni o forme riconoscibili → se un effetto è osservabile usando questo tipo di stimolo, garantisce che il meccanismo che lo produce si colloca dopo la fusione binoculare

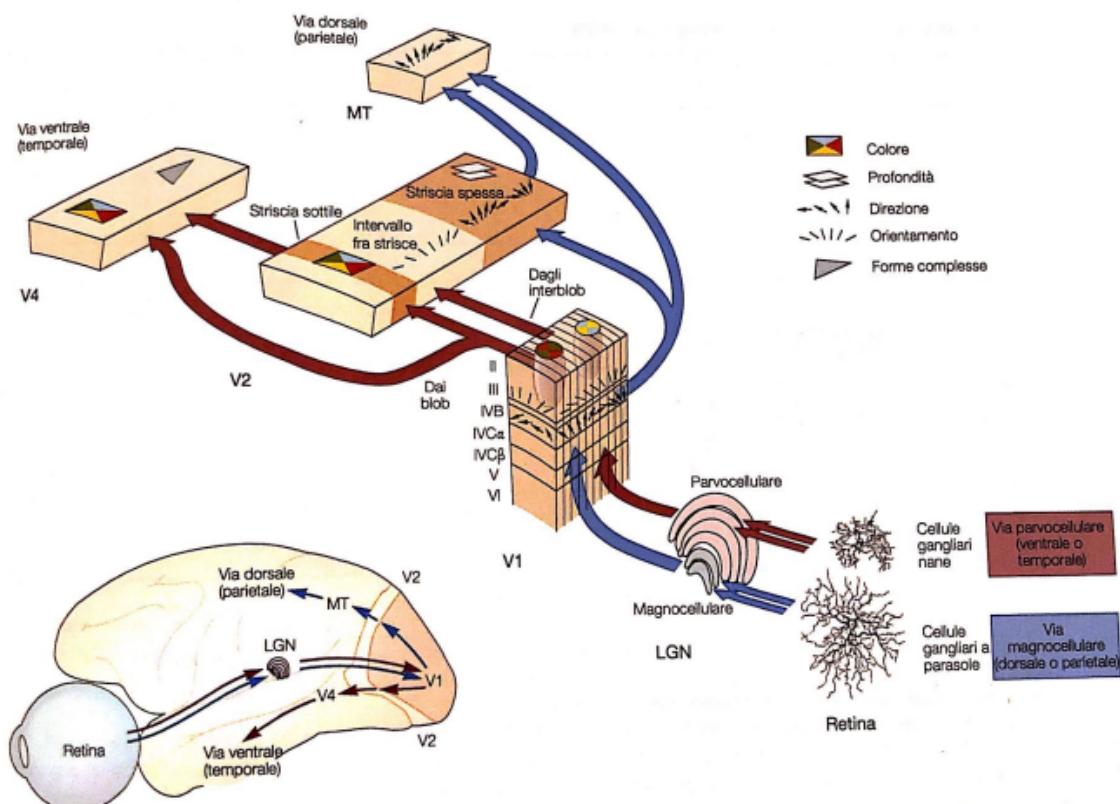
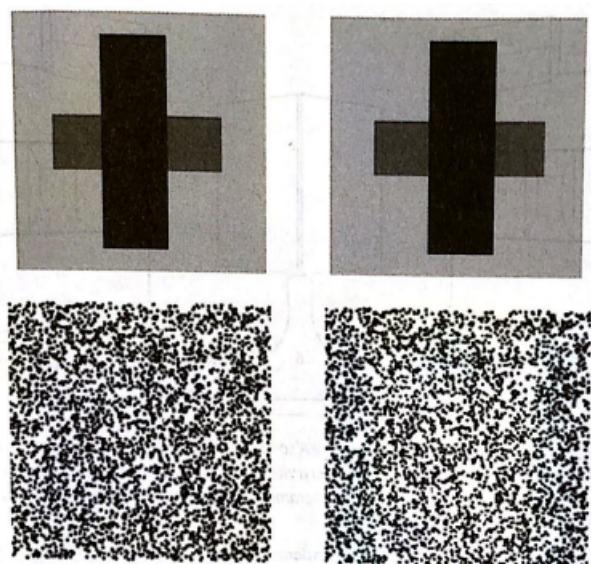


Figura 25-14 Analisi in parallelo nelle vie visive. Il fascio ventrale è principalmente devoluto all’identificazione degli oggetti e trasporta informazioni relative alle forme e ai colori. La via dorsale è devoluta ai movimenti guidati dalla vista e possiede cellule selettive per la direzione del movimento. Queste vie non sono tuttavia interamente separate

ed esistono consistenti interconnessioni fra di esse anche nella corteccia visiva primaria. (LGN, corpo genicolato laterale; MT, area mediotorpolare.) (Cellule gangliari retiniche riprodotte per concessione di Dennis Dacey.)

CAPITOLO 3

LA VISIONE DI LIVELLO INTERMEDI

VISIONE INTERMEDIA = insieme di processi visivi che avvengono dopo l'elaborazione di basso livello ma prima del riconoscimento

Questa è una definizione difficile da dare rispetto a quella degli altri stadi di elaborazione visiva → c'è un consenso generale relativamente al fatto che a differenza della visione di basso livello, in cui vengono codificate caratteristiche locali dello stimolo, nella visione intermedia l'obiettivo del sistema visivo è quello di integrare tra loro le caratteristiche locali per generare rappresentazioni unitarie che formano la base di ciò che percepiamo.

L'opposizione fra visione di basso e livello intermedio può essere rappresentata tramite la *distinzione fra codifica di segnali locali e integrazione a livello trans-locale*, quindi non ancora riferito a una scena nel suo complesso ma comunque basato su meccanismi più a lungo raggio.

La visione di livello intermedio coincide in gran parte con **L'ORGANIZZAZIONE PERCETTIVA** (contributi della psicologia della Gestalt)

1) LA FORMA

Il concetto di forma è differente da quello delle singole caratteristiche che la compongono → la rappresentazione di una forma richiede di andare oltre un semplice elenco di caratteristiche al fine di produrre la rappresentazione delle relazioni tra queste caratteristiche locali.

Il sistema visivo deve quindi *unificare* i segnali locali e *segregare* questi segnali da quelli che vanno ricondotti a forme diverse.

Il PROCESSO DI UNIFICAZIONE presuppone che il sistema visivo risolva un altro problema: dato un segnale proveniente da un meccanismo locale sensibile al contrasto e all'orientazione, affinché questo possa diventare la rappresentazione di un margine superficiale, deve essere identificata la DIREZIONALITÀ del margine → il margine ha infatti una FUNZIONE UNIDIREZIONALE =

definisce in quale delle due direzioni si trova la superficie di una figura, che è proprietaria del margine, rispetto alla direzione verso cui si trova lo sfondo.

Il problema di definire il proprietario del margine non può essere risolto con la sola info locale (BORDER OWNERSHIP)

- UNIFICAZIONE-SEGREGAZIONE
- BORDER OWNERSHIP

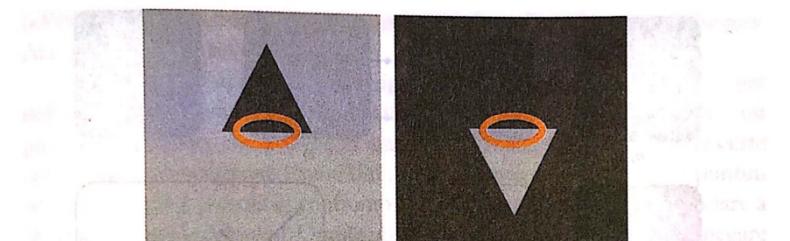


fig.3.2. Il problema della «proprietà» dei margini. Supponete che queste siano due scene in cui sono presenti una figura su uno sfondo. In corrispondenza dei contorni orizzontali dei due triangoli i segnali locali su contrasto e orientazione sono esattamente identici. Come fa il sistema visivo a stabilire che a sinistra il margine appartiene alla figura scura nella parte superiore, mentre a destra alla figura chiara nella parte inferiore?

Sono due aspetti, collegati fra loro, dell'organizzazione percettiva che avviene a livello intermedio.

Il merito di avere per primo affrontato l'organizzazione percettiva va a Max Wertheimer il quale descrisse 7 fattori o leggi che determinano l'organizzazione percettiva della visione:

- FATTORE DELLA PROSSIMITÀ** = a parità di altre condizioni, tendono a formare unità gli elementi a minore distanza → W osservò che queste unità si realizzano spontaneamente e sono effettivamente viste, non solo immaginate, mentre alcune unificazioni alternative sono più difficili da realizzare, richiedono più sforzo di concentrazione e non sono stabili. Altre possibilità non si possono vedere e possono essere solo pensate
- FATTORE DELLA SOMIGLIANZA** = a parità di altre condizioni, tendono a formare unità gli elementi simili
- FATTORE DEL DESTINO COMUNE** = a parità di altre condizioni, tendono a formare unità gli elementi che si muovono nella stessa maniera
- FATTORE DELLA BUONA CONTINUAZIONE** = a parità di altre condizioni, tende ad essere preferita l'organizzazione che comporta minori cambi di direzione
- FATTORE DELLA CHIUSURA** = a parità di altre condizioni, tende ad essere preferita l'organizzazione che produce una forma chiusa

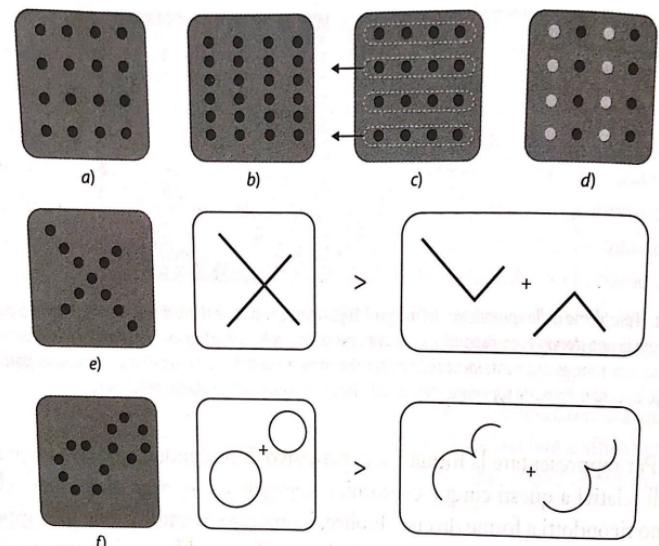


fig. 3.3. Esempi dei primi cinque fattori individuati da Wertheimer: partendo da una configurazione che non ha una organizzazione prevalente a), la prossimità favorisce l'organizzazione in colonne b), il destino comune, la somiglianza di nuovo in colonne d), la buona continuazione favorisce una X rispetto a due angoli giustapposti e), la chiusura, due cerchi rispetto a due forme aperte f).

Questi 5 fattori riguardano proprietà dello stimolo. I gestaltisti ritenevano che l'organizzazione percettiva fosse prima di tutto un processo spontaneo, che avviene in maniera largamente automatica date certe condizioni di stimolazione → posizione usata per sostenere l'idea per cui i gestaltisti non attribuivano nessun valore all'esperienza passata nell'organizzazione percettiva.

W oltre ai 5 fattori ne ha aggiunti altri 2 empirici:

- IMPOSTAZIONE OGGETTIVA** = a parità di altre condizioni, tende ad essere mantenuta l'organizzazione che si è impostata nel momento precedente
- IMPOSTAZIONE SOGGETTIVA** = a parità di altre condizioni, tende a realizzarsi l'organizzazione coerente con le conoscenze in memoria a lungo termine

Questi 2 fattori riguardano la storia delle esperienze precedenti dell'osservatore piuttosto che le caratteristiche dello stimolo.

I gestaltisti ritenevano comunque che i fattori empirici fossero meno potenti degli altri 5.

“A parità di altre condizioni” → W si era reso conto che i fattori possono interagire tra di loro; quindi, l'effetto di un singolo fattore può essere valutato solo se quegli degli altri sono tenuti costanti.

Per quanto riguarda i fattori empirici, i gestaltisti ritenevano che in generale diventassero rilevanti soprattutto nelle condizioni che non favoriscono gli altri fattori = quando le condizioni di stimolazione sono particolarmente ambigue.

MAX WERTHEIMER (1880-1943)

Insieme a Koffka e Kohler è stato uno dei fondatori del movimento gestaltista. Sono dei primi 10 anni del secolo scorso i celebri studi sul fenomeno phi nel movimento apparente, considerati la prima pubblicazione in cui trova espressione l'approccio gestaltista alla percezione. Nel 1921 W fondò insieme agli altri due la rivista “Psychologische Forschung” che divenne l'organo ufficiale della psicologia gestaltista. Su questa rivista apparvero i due saggi in cui W annunciò i suoi principi sull'organizzazione percettiva.

Kubovy e Wagemans hanno sviluppato un modello statistico dell'unificazione in base al fattore della prossimità. Questo modello che include un parametro di "attrazione" fra coppie di punti dipendente dalla distanza relativa, si è dimostrato in grado di prevedere con precisione la probabilità che una matrice di punti sia organizzata lungo una certa direzione in stimoli fatti di matrici di punti.

Field, Hayes e Hess hanno sviluppato stimoli complessi contenenti molti elementi costituiti da piccoli grating con frequenza spaziale fissa ma orientazione variabile. In alcuni stimoli l'orientazione di ogni elemento era casual, in altri veniva definito un sottoinsieme di elementi la cui orientazione relativa definiva un percorso → aveva quindi orientazioni locali simili tra loro per cui l'unificazione trans-locale di questi segnali conteneva info su un contorno curvo.

I partecipanti riuscivano a individuare il percorso in un numero di prove molto maggiore di quello atteso se avessero tirato ad indovinare e questo anche quando la distanza fra gli elementi era maggiore del loro diametro e con differenze di orientazione relativamente grandi.

Gli autori hanno ipotizzato un meccanismo di unificazione per buona continuazione, il CAMPO ASSOCIAZIONE LOCALE, in grado di integrare info provenienti da meccanismi locali selettivi per orientazioni simili.

2) IL COMPLETAMENTO

3 tipi di completamento → 3 tipologie di situazioni in cui fanno la loro comparsa nella percezione cosciente aspetti di una superficie che non hanno un corrispettivo locale nella stimolazione:

1. **COMPLETAMENTO MODALE** → situazioni in cui parte di un contorno viene percepita in assenza di info locale (a dispetto del fatto che in quel punto non c'è un contrasto rilevabile) → es porzione che cade nella macchia cieca in cui il percepito ha le caratteristiche della modalità visiva
2. **COMPLETAMENTO AMODALE** → presenza percettiva delle parti di contorni e superfici che sono occluse da altre superfici opache rispetto al punto di vista. È una caratteristica peculiare della percezione consapevole, a metà strada tra percezione e azione. Non ci si fa caso ma è un fenomeno pervasivo.
3. **RIEMPIIMENTO (filling-in)** → situazioni in cui sono parti di una superficie a essere percepite in assenza di info (come se il cervello le riempisse) → es effetto COCE in cui il segnale locale sul contrasto al bordo centrale sembra diffondersi nelle due direzioni producendo il riempimento delle due superfici con due grigi diversi

Una dimostrazione efficace di tutti e 3 i fenomeni è il **TRIANGOLO DI KANIZSA** descritto per la prima volta negli anni 50' dal ricercatore triestino Gaetano Kanizsa

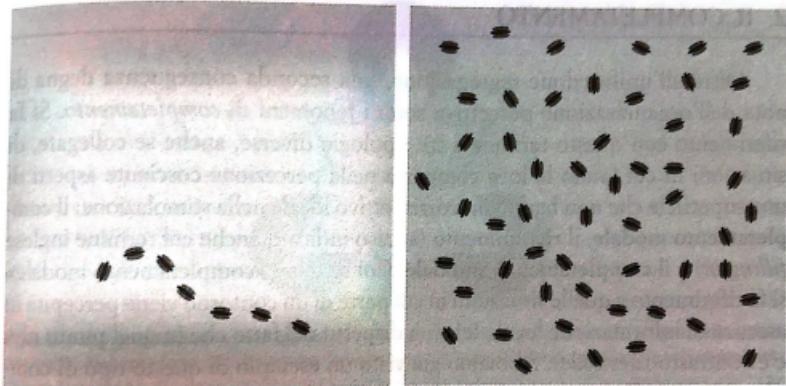


fig. 3.4. Esempio degli stimoli utilizzati da Field, Hayes e Hess [1993] per studiare l'unificazione per buona continuazione. Il «serpente» su sfondo omogeneo (sinistra) è un esempio del segnale di allineamento che veniva inserito nello stimolo vero e proprio (destra) in cui veniva aggiunto rumore costituito da altri elementi con orientazione casuale («serpente nell'erba»). Allo scopo di facilitare la comprensione, il disegno è modificato rispetto agli stimoli dell'esperimento (gli elementi erano veri e propri grating e la densità veniva variata fra una prova e l'altra).

Questo è solo un esempio di un'intera famiglia di effetti di completamento chiamate **FIGURE ILLUSORIE**. Effetti di completamento modale e riempimento convincenti sono le figure illusorie trasparenti in cui compare l'**effetto neon**.

Sono famose anche le figure illusorie che si ottengono manipolando stimoli in movimento. In alcuni casi può essere importante il fattore del destino comune → in queste situazioni non solo è anche possibile ottenere figure illusorie, ma queste figure diventano talmente evidenti da essere indistinguibili da superfici reali.

Una tecnica che consente di isolare l'informazione legata al movimento si ispira agli stereogrammi di punti casuali → costruire una animazione in cui un insieme di punti casuali viene fatta muovere sopra uno sfondo di punti casuali con distribuzioni statistiche identiche. Presentando invece i fotogrammi in sequenza, il movimento coerente dei punti sulla figura è sufficiente a farla emergere in modo evidente come se ci fossero davvero.

Le **figure illusorie**, per le loro caratteristiche, si sono rivelate una **categoria di stimoli utile per studiare le basi neurali del completamento dei contorni nella visione intermedia**.

È semplice creare configurazioni in cui, a partire da elementi uguali, si ottengono stimoli in cui sono presenti margini reali o illusori o nessun margine. Il confronto fra attività neurale in queste 3 condizioni può dare info sulla localizzazione nel cervello e sulla natura dei meccanismi locali che producono le figure illusorie

Un gruppo di ricercatori olandese ha esaminato una quarantina circa di studi di che hanno usato tecniche di elettrofisiologia, elettroencefalografia, magnetoencefalografia o fMRI e hanno organizzato i risultati in riferimento a 3 domande:

1. Dove avviene nel cervello il completamento
2. Quale è la dinamica temporale, quando il sistema visivo attua il completamento?
3. Come viene attuato il completamento nel cervello?

Altri ricercatori hanno concluso che non è possibile dare una risposta precisa a nessuna delle 3 domande.

RISPOSTE CORTICALI AI CONTORNI ILLUSORI

La scoperta che diede avvio allo studio dei meccanismi cerebrali implicati nella percezione delle figure illusorie risale alla prima metà degli anni 80' a opera di Heydt.

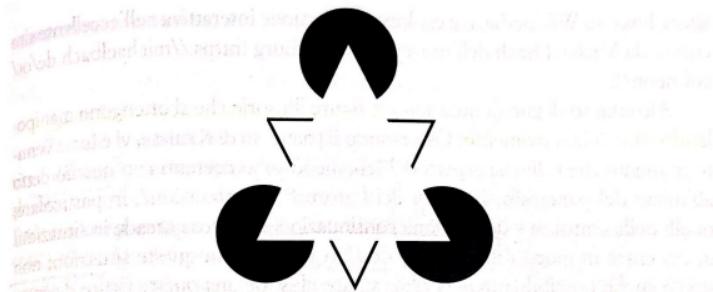


fig.3.5. Il triangolo di Kanizsa. Il triangolo centrale ha un margine percepibile anche nei punti in cui lo stimolo è in realtà omogeneo (non c'è contrasto e quindi non c'è attivazione di unità locali selettive per l'orientazione). Questo è un esempio di completamento modale. Inoltre il triangolo centrale ha un colore leggermente più chiaro, e ha una qualità di maggiore compattezza e opacità, rispetto allo sfondo che ha in realtà la stessa luminanza. Questo è un esempio di riempimento. Infine, i dischi a cui manca un settore (i pacman, come vengono chiamati in omaggio a un vecchio videogioco di successo) e le tre coppie di segmenti uniti al vertice non vengono visti così, ma rispettivamente come tre dischi completi e come un triangolo a tratto, il tutto dietro il triangolo bianco. Questo è un esempio di completamento amodale. Dell'effetto si possono creare versioni con qualsiasi forma. Originariamente Kanizsa (1955) aveva chiamato questi fenomeni «margini quasi perettivi», per poi optare per

GAETANO KANIZSA (1913-1993)

È forse il più influente studioso di percezione dell'Italia. Due caratteristiche che rappresentano bene il suo stile di ricercatore sono la raffinatezza nell'osservazione fenomenologica, spesso anche fuori dal laboratorio, e la capacità di catturare il fenomeno identificato in una dimostrazione empirica semplice ed elegante.

La scoperta per cui K è più famoso a livello internazionale è quella dei contorni illusori che fu presentata per la prima volta a un convegno di psicologi italiani nel 1954 e fu pubblicata l'anno successivo. Il fenomeno fu riscoperto negli anni 70' quando il settore era maturo per capirne le implicazioni per lo studio della visione di livello intermedio, non solo in psicologia ma anche per i fisiologi e per le ricerche di visione artificiale. Nel 1976 il fenomeno fu descritto anche in inglese.

Il risultato fondamentale emerse dallo studio dei campi recettivi selettivi all'orientazione in V2 (seconda area visiva presente nel lobo occipitale). V2 riceve connessioni dirette da V1 e dal pulvinar e proietta sia in avanti verso V3, V4 e V5 sia all'indietro verso V1.

Questo tipo di connettività suggerisce che V2 potrebbe essere una delle aree coinvolte nei processi visivi di livello intermedio. Oggi sappiamo infatti che i neuroni di V2 esibiscono selettività per

- Orientazione
- Frequenza spaziale
- Disparità binoculare
- Contrasto cromatico
- Proprietà del margine → questa proprietà solo di V2 mentre quelle prima sono presenti anche in V1

Registrando da singoli neuroni nella scimmia H e collaboratori hanno trovato che il campo recettivo di alcuni neuroni aveva caratteristiche funzionali non compatibili con la concezione classica della selettività all'orientazione. Queste caratteristiche erano evidenti dal confronto della risposta a 4 tipi di stimoli.

Questi neuroni rispondevano a una barra orientata in un certo modo che veniva traslata sopra il campo recettivo (come cellule complesse). La cosa sorprendente però era che gli stessi neuroni rispondevano anche a una configurazione con una geometria simile in cui la barra era una figura illusoria.

In questa configurazione non è presente alcun contrasto di luminanza nella zona corrispondente del campo recettivo definito nella maniera classica → la risposta sembrava corrispondere al contorno che viene percepito grazie al completamento modale e non semplicemente per l'effetto di un meccanismo sensibile alla discontinuità di luminanza orientata.

A sostegno di questa interpretazione gli autori mostrarono che la risposta al contorno veniva abolita se alla configurazione venivano aggiunti due piccoli segmenti che annullavano la percezione della figura illusoria.

Un altro controllo dimostrò inoltre che la risposta era abolita anche se si utilizzava solo una delle due metà della configurazione che produce la figura illusoria.

Questo studio suggeriva la possibilità che i processi di livello intermedio responsabili del completamento modale avvengano in V2.

Uno studio pubblicato successivamente dimostrò che una risposta a un certo tipo di figura illusoria è osservabile già in V1. Gli stimoli usati in questo caso erano delle linee → configurazione può essere pensata come due grating contigui orizzontali e interrotti lungo la direzione in verticale dove compare il margine illusorio. Usando questi stimoli hanno studiato in dettaglio le risposte di cellule sensibili all'orientazione in V1 della scimmia.

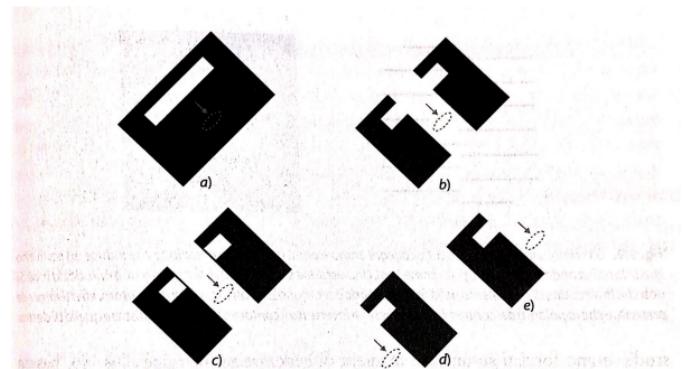


fig. 3.8. Esempi di stimoli utilizzati da von der Heydt e colleghi. Alcuni neuroni registrati in V2 rispondevano a un contorno «reale» che veniva traslato sopra il campo recettivo a), ma anche a un contorno illusorio con la stessa geometria b). Non rispondevano invece a una configurazione quasi uguale, a cui erano però aggiunti due segmenti che eliminano la percezione del contorno illusorio c), o a una o l'altra delle due metà della configurazione che produce il contorno illusorio d, e). La posizione del campo recettivo è indicata dall'ellisse puntinato. Altri neuroni rispondevano in maniera simile con una configurazione che produce contorni illusori utilizzando solo linee (fig. 3.9a).

Fonte: Adattata da von der Heydt, Peterhans e Baumgartner [1984].

Figura illusoria rettangolare che ha due margini illusori verticali e veniva fatta traslare in orizzontale sopra il campo recettivo della cellula individuato precedentemente.

Gli autori hanno osservato che alcune cellule di V1 rispondevano con una prima vigorosa scarica quando il margine davanti entrava nel campo recettivo e con una seconda quando arrivava il margine dietro = cellula rispondeva ai contorni della figura illusoria, non solo nei punti in cui la stimolazione era omogenea, ma anche per entrambe le polarità del contrasto dei segmenti.

I risultati di Grosof e colleghi sembrano indicare che la percezione delle figure illusorie coinvolge sia V1 che V2.

A supporto di questa idea, Lee e Nguyen hanno studiato l'evoluzione temporale dell'attività neuronale in risposta a figure come triangoli di Kanizsa.

Hanno evidenziato che le risposte di V1 erano visibili dopo circa 100 ms mentre quelle di V2 erano a 70 ms quindi più precoci → risultati indicano che l'emergere delle figure illusorie potrebbe coinvolgere un processo di interazione inter-corticale prob mediato da segnali rientranti da V2 a V1.

Sembra quindi plausibile che i processi intermedi responsabili del completamento modale siano implementati da un circuito che include sia interazioni fra aree visive di più basso livello sia fra queste e quelle successive. Tuttavia, quali siano esattamente queste aree e spt quale sia la natura di queste interazioni rimane ancora non chiaro.

3) IL MOVIMENTO GLOBALE

La percezione del movimento di un oggetto richiede di combinare fra loro movimenti locali (processo intermedio) → 2 tipi di movimenti locali:

1. Segnali lungo un contorno: ambigui
2. Segnali ai terminatori di un contorno: contengono info veridica sulla direzione del movimento sulla retina

Per capire questo problema si deve studiare il movimento percepito di contorni che si muovono all'interno di una cornice di forma arbitraria.

Questa figura mostra 5 tipi di cornice, i relativi segnali di movimento locale e il movimento percepito che dipende da entrambi i tipi di segnale.

- Cornice allungata lungo una direzione → movimento dei terminatori, sempre parallelo al contorno della cornice, predomina e si vede il movimento in quella direzione
- Cornice bidirezionale → si vede il contorno svoltare
- Cornice circolare → il movimento dei terminatori è tangente alla circonferenza quindi la direzione cambia

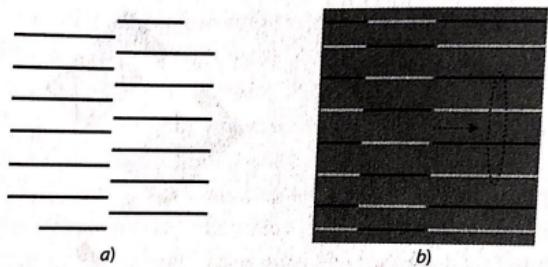


fig. 3.9. Gli stimoli utilizzati da Grosof e colleghi erano ispirati a una configurazione che induce un contorno illusorio utilizzando segmenti disposti come in a). Una versione semplificata di questi stimoli è riprodotta in b). Si noti che la direzione di movimento della figura illusoria è ortogonale all'orientazione dei contorni effettivamente presenti, e che la polarità del contrasto sui segmenti si inverta fra il contorno illusorio di sinistra e quello di destra.

a)

b)

direzione da un momento all'altro, mentre a componente ortogonale rimane sempre nella stessa direzione

La cattura del movimento globale da parte dei terminatori in una cornice viene chiamato **EFFETTO BARBER POLE** → una delle dimostrazioni più convincenti del fatto che il movimento globale dipende dalla combinazione trans-locale di segnali locali

REGOLE CHE SEGUE QUESTA COMBINAZIONE

Storicamente sono state fatte **3 proposte:**

1. INTERSEZIONE DEI VINCOLI (intersection of constraints IOC) → a causa del problema dell'apertura, per ogni contorno in movimento la direzione del vettore ortogonale alla sua orientazione costituisce un vincolo ai possibili movimenti fisici del contorno. Nella figura d il vettore ortogonale all'orientazione del contorno è compatibile con l'insieme di tutti i movimenti fisici a destra del contorno ma non quelli a sinistra.

Se sono presenti due contorni, come in una figura a X, l'IOC identifica un singolo vettore comune ai due insiemi. Questo vettore corrisponde al movimento fisico della configurazione globale

2. RILEVAZIONE DEL MOVIMENTO DI CARATTERISTICHE (feature tracking FT) → la percezione del movimento globale si basa sul movimento di caratteristiche speciali (es terminatori di un contorno o angoli) che non sono soggette al problema dell'apertura → es punto in cui i segmenti della X si incontrano oppure l'effetto dei terminatori lungo la cornice nell'effetto barber pole.

In una configurazione con due segmenti, la FT coincide con la IOC anche se le due strategie sono diverse

- IOC = combinare i vettori ortogonali
- FT = selezionare alcuni segnali locali ed ignorarne altri

3. MEDIA VETTORIALE (vector average VA) → in una configurazione con due segmenti questa strategia corrisponde al vettore che ha verso e direzione uguali alla loro somma, ma modulo pari alla sua metà

Fra anni 80' e 90' i ricercatori hanno cercato di capire quale di queste 3 strategie fosse quella usata dal sistema visivo.

Il fattore critico è stato lo sviluppo di una nuova tipologia di stimolo = **PLAID** = **stimolo che è la somma di due grating con diversa orientazione.**

In un grating la modulazione di luminanza può essere pensata come scostamento rispetto alla luminanza media (lo sfondo grigio) = quantità che può essere positiva o negativa. La somma dei due grating è la somma punto per punto di questa modulazione. Risultato = configurazione bidimensionale.

In un plaid sono presenti due contorni quindi due segnali ortogonali in direzioni diverse. Se le due componenti del plaid sono orientate in un certo modo, le direzioni previste per il movimento percepito dalla 3 strategie coincidono (plaid di 1° tipo). Con altre coppie di orientazioni, le previsioni di IOC e FT sono diverse da quelle di VA (plaid di 2° tipo).

I risultati hanno permesso di capire che in un plaid del secondo tipo, la direzione globale del movimento è coerente con la VA se i tempi di presentazione sono brevi, ma diventa coerente con IOC-FT dopo un breve ritardo che dipende dal contrasto del plaid.

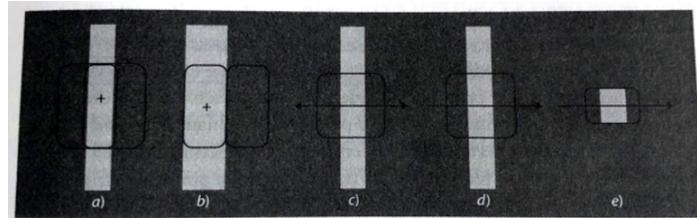


fig. 2.8. Tipologie di campo receutivo delle cellule selettive per l'orientazione in V1, secondo Hubel e Wiesel (1968): a) e b) semplice; c) complesso non selettivo per la direzione; d) complesso selettivo per la direzione; e) ipercomplesso. Nel caso di a) e b) si osservano anche i campi receutivi complementari in cui l'effetto eccitatorio e inibitorio si scambiano di posto.

Alcuni ricercatori, sempre studiando i plaid, hanno confrontato gli effetti postumi dovuti all'adattamento al movimento di un plaid con gli effetti dovuti all'adattamento alla presentazione alternata delle due componenti. I risultati hanno indicato che l'effetto postumo era nella direzione di VA con adattamento alternato, mentre era nella direzione IOC-FT con adattamento simultaneo.

Questo suggerisce che è la presenza di caratteristiche a essere cruciale.

= risultati suggeriscono che la percezione del movimento globale in un plaid sia mediata da due meccanismi:

- Uno precoce che effettua una media vettoriale
- Un secondo più tardo e presumibilmente più globale che usa la strategia di rilevare il movimento delle caratteristiche

IL MOVIMENTO GLOBALE E L'AREA V5

L'hp che la percezione del movimento globale coinvolga popolazioni di neuroni dell'area V5 è basata su molti dati → **V5 fondamentale nell'integrare i segnali locali di movimento**

ACHINETOPSIA = sindrome in cui il paziente perde la capacità di percepire il movimento in seguito a una lesione cerebrale → caso del **paziente L.M.** il quale riferiva di non riuscire a vedere il fluire del liquido nella tazza quando versava il caffè. In un cinematogramma di punti casuali aveva difficoltà a segregare i punti per vedere una figura. Visione cromatica e stereoscopica intatte e non aveva deficit del campo visivo.

L'idea che lesioni a V5 causino deficit nella percezione del movimento viene da un celebre studio di **Newsome** che ha sfruttato un metodo psicofisico = **misura della soglia di coerenza di cinematogrammi di punti casuali a vita limitata**.

In questo esperimento confrontò la sensibilità al movimento globale in due scimmie prima e dopo una lesione a V5 in uno dei due emisferi.

COME SI MISURA LA SENSIBILITÀ → per misurare la soglia di coerenza si utilizzano delle animazioni in cui in ogni fotogramma compaiono dei punti in posizioni casuali. Ogni punto sopravvive per un tempo molto breve (in questo studio circa 30ms) e poi viene rimpiazzato da un altro punto in un'altra posizione scelta a caso sullo schermo → effetto è quello di vedere del rumore visivo → cinematogramma ha coerenza 0%.

È possibile costruire l'animazione in modo che i punti casuali nel primo fotogramma sono seguiti da una situazione in cui gli stessi punti sono spostati nella stessa direzione a una distanza fissa nello spazio-tempo → tutti i punti si muovono in modo coerente quindi la coerenza è del 100%.

Fra questi due estremi ci sono casi intermedi in cui una parte dei punti si muove in modo coerente e l'altra no.

METODO IDEALE per valutare la pura sensibilità al movimento globale perché non solo elimina l'info legata alla forma ma anche perché impedisce che la direzione sia percepita grazie a una striscia retinica di punti nella stessa direzione per tutta la durata dell'animazione = **COMPITO DI DETEZIONE DEL SEGNALE** dove

- Segnale = puro movimento globale
- Rapporto fra segnale e rumore = coerenza

Nell'esperimento di N dopo ogni cinematogramma venivano presentati due movimenti

- Uno nella direzione del cinematogramma
- Uno nella direzione opposta

La scimmia veniva addestrata ad indicare quale movimento era presente nel cinematogramma effettuando un movimento saccadico nella direzione dell'alternativa corretta.

La SOGLIA corrispondeva al livello di coerenza in corrispondenza del quale la scimmia non era più in grado di classificare la direzione di movimento.

RISULTATI

- **Prima lesione** → soglia intorno al 1% per le velocità nella zona di massima sensibilità, sia nell'emicampo controlaterale alla lesione sia in quello risparmiato
- **Dopo lesione** → nell'emicampo risparmiato uguale a pre-lesione ma in quello lesionato la soglia saliva fino a circa 20% = rilevante perdita di sensibilità per il movimento globale

Come controllo mostrarono che la sensibilità al contrasto rimaneva la stessa prima e dopo la lesione in entrambi gli emicampi.

La lesione danneggiava quindi specificamente il movimento globale e non la sensibilità di un generico meccanismo di basso livello.

Conferme del ruolo di V5 vengono da studi sull'uomo con microstimolazione elettrica o TMS applicate a V5 per disattivare temporaneamente i meccanismi di percezione del movimento. Questi studi convergono nell'indicare che nella percezione del movimento globale entrano in gioco meccanismi di V5.

Anche studi di psicofisica combinata con registrazione da singole cellule → la maggioranza dei neuroni in V5 è selettivo per la direzione del movimento. Questa selettività è presente anche in molti neuroni di V1.

Uno studio classico di Movshon e colleghi ha mostrato che una certa percentuale di cellule di V5 ha una selettività per la direzione diversa da quella dei neuroni di V1 → confronto risposte a due tipi di stimolo: grating e plaid.

- Molte cellule sensibili alla direzione in V5 si comportano come quelle di V1 = rispondono sia a un grating sia a un plaid in cui una delle due componenti ha la stessa orientazione del grating → sembrano codificare la direzione locale → **neurone COMPONENT SELECTIVE** → secondo le stime degli autori queste sono circa metà delle cellule in V5 sensibili al movimento
- Altre cellule rispondono sia a un grating sia a un plaid in cui la combinazione delle componenti ortogonali è nella stessa direzione del segnale locale presente nei grating → **neurone PATTERN SELECTIVE** e sarebbero quelli responsabili di una forma di integrazione fra movimenti locali, implementando uno dei meccanismi che produce la percezione del movimento

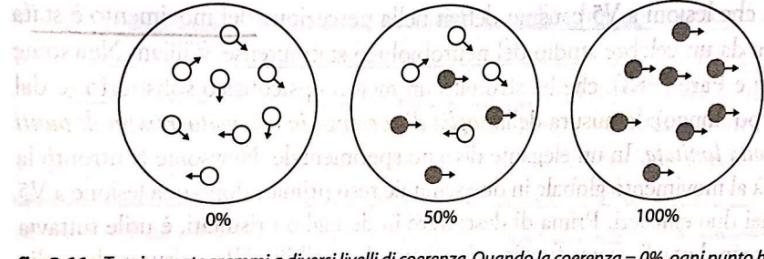


fig. 3.11. Tre cinematogrammi a diversi livelli di coerenza. Quando la coerenza = 0%, ogni punto ha la stessa probabilità di muoversi in una qualsiasi direzione fra un fotogramma e il successivo. Aumentando la coerenza, lo sperimentatore ha la possibilità di introdurre un segnale di movimento globale via via più forte rispetto al rumore. (I punti qui sono bianchi e grigi per fini illustrativi, in un cinematogramma reale tutti i punti hanno lo stesso colore.)

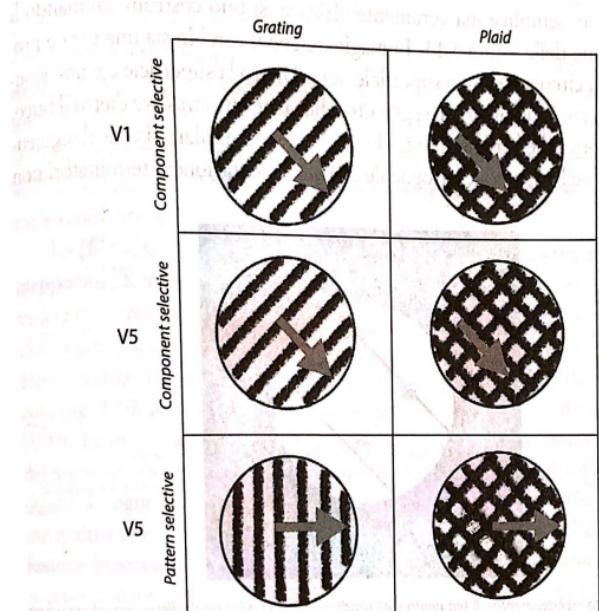


fig. 3.12. Tre tipi di cellula sensibile alla direzione del movimento in V1 (prima riga) e in V5 (seconda e terza) e gli stimoli che le attivano. Una cellula component selective (V1 e circa il 50% di V5) risponde a un grating e a un plaid in cui una delle componenti ortogonali è nella stessa direzione di quella del grating. Una cellula pattern selective (circa il 25% di V5) risponde a un grating e a un plaid in cui la combinazione delle componenti ortogonali è nella stessa direzione della componente ortogonale del grating.

I risultati che provengono dalle ricerche con i plaid sono coerenti con la psicofisica dell'effetto barber pole → la direzione del movimento sembra dipendere sia dai terminatori sia dalle componenti ortogonali in

funzione della forma della cornice. C'è però un PROBLEMA di cui si era reso conto anche Hans Wallach nella sua tesi di dottorato mentre si occupava del problema dell'apertura e di questo effetto → non è difficile trovare situazioni in cui il movimento percepito non è prevedibile solo con una combinazione di segnali locali.

ESEMPIO

Immaginare il cerchio come una vera apertura circolare su una superficie nera. Dietro c'è uno sfondo bianco sul quale è disegnato un segmento che viene fatto traslare dietro il buco.

Si vede il segmento muoversi nella direzione ortogonale alla sua orientazione: i terminatori non hanno un movimento coerente perché scivolano lungo i margini del buco che è circolare quindi i segnali ortogonali predominano → il movimento reale del segmento non conta.

Aggiungere una caratteristica → applicare al centro del segmento un disco grigio.

Ci si aspetterebbe che il movimento del disco catturi anche il segmento e che quindi si muova nella direzione reale. Succede invece che il segmento continua a muoversi nella direzione ortogonale e il disco sembra scivolare sul segmento = **EFFETTO SCIVOLAMENTO (sliding effect)** è una conseguenza di un **processo di organizzazione gerarchica** che tiene conto della struttura globale dello stimolo.

L'effetto scivolamento suggerisce che l'integrazione dei segnali locali necessaria a rappresentare il movimento globale non si limiti ad operare una somma pesata ma faccia qualcosa di più sofisticato perché tiene conto di come le unità percettive sono organizzate l'una rispetto all'altra.

2 OSSERVAZIONI A SUPPORTO DI QUESTA CONCLUSIONE

1. Partendo dalla configurazione dell'effetto barber pole, Nayakama e collaboratori hanno creato degli stereogrammi in cui la disparità del segmento poteva essere crociata o non crociata rispetto alla cornice rettangolare
 - Nell'immagine monoculare si osserva l'effetto barber pole
 - Dopo la fusione binoculare si percepisce un segmento in movimento sopra una superficie rettangolare o un buco rettangolare attraverso cui si vede un segmento in movimento

Nel secondo caso l'effetto barber pole viene abolito e la cornice rettangolare si comporta come se fosse circolare.

Interpretazione risultato → il movimento percepito del segmento dipende dall'integrazione dei segnali ortogonali con quelli dei terminatori. Il peso relativo di questi segnali dipende però da un processo di organizzazione che è quello che assegna un proprietario ai margini.

- Quando il segmento sta davanti, i terminatori sono assegnati al segmento e N li chiama TERMINATORI INTRINSICI al segmento e per questo hanno un peso rilevante nell'elaborazione del movimento globale (effetto barber pole)
- Quando il segmento sta dietro, i terminatori non sono posseduti dal segmento ma sono terminatori accidentali, determinati dall'occlusione del margine del foro rettangolare = TERMINATORI ESTRINSECI e non sono inclusi nell'elaborazione del movimento globale → il movimento dipende in questo caso solo dalle componenti ortogonali

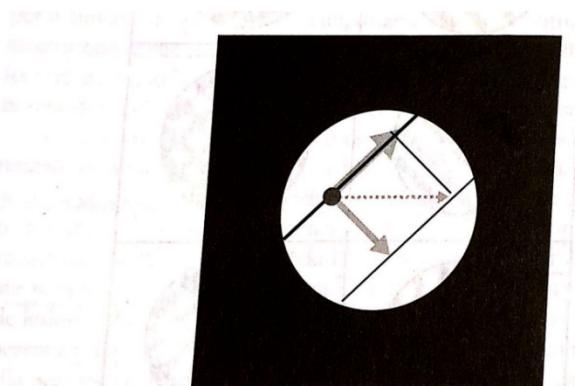


fig. 3.13. L'effetto «scivolamento». Il segmento a 45 gradi si muove in orizzontale dietro uno schermo nero su cui è praticata un'apertura circolare. Sul segmento viene applicato un dischetto grigio. Il movimento fisico del dischetto rispetto all'apertura (frecchia tratteggiata) corrisponde al movimento reale del segmento. Per la strategia FT, questo segnale locale dovrebbe determinare il movimento percepito. Il dischetto appare invece scivolare verso l'alto lungo il contorno, mentre il contorno si muove lunga la direzione ortogonale alla sua orientazione (frecce grigie). Una versione animata dell'effetto è visibile all'indirizzo web: www.liverpool.ac.uk/~marcob/Trieste/sliding.html.

- Jean Lorenceau e Maggie Shiffrar hanno confrontato il movimento percepito di 4 segmenti su sfondo bianco confrontati con gli stessi segmenti ma in un contesto in cui c'erano delle superfici occludenti

Il movimento fisico nelle due condizioni è identico = stesse componenti locali ma il movimento percepito è diverso.

- Senza superfici occludenti → scena organizzata in 4 unità ognuna delle quali si muove rispetto alle altre in verticale → predomina segnale dei terminatori
- Con superfici occludenti → si vede un quadrato dietro le superfici (caso di completamento amodale di una superficie in movimento) che si muove in orizzontale invece che in verticale

Interpretazione → con le superfici occludenti il segnale dei terminatori viene escluso dal processo di integrazione perché vengono classificati come terminatori estrinseci quindi non appartenenti al bordo del quadrato ma alle superfici occludenti. Il movimento globale del quadrato dipende solo dalla media vettoriale (VA) delle componenti ortogonali all'orientazione dei segmenti.

CONCLUSIONE → elaborazione del movimento globale non è solo un processo di combinazione di componenti locali, ma è influenzato anche dall'unificazione-segregazione translocale degli elementi presenti. Questo suggerisce che l'interpretazione dell'area V5 come area in cui avviene la percezione del movimento globale potrebbe essere una semplificazione. Recenti dati di fMRI sembrano suggerire che la percezione globale sia osservabile sia in V5 che in V2 e V3.

4) LA DISPOSIZIONE NELL'AMBIENTE DELLE SUPERFICI

Secondo **David Marr** il processo di **visione** può essere suddiviso in **3 stadi** corrispondenti a 3 tipi diversi di rappresentazione dell'info ottica in ingresso:

- L'abbozzo primario** → coincide con la visione di basso livello
- L'abbozzo a due dimensioni e mezza** → per la prima volta introduce esplicitamente nella scienza della visione la nozione di livello intermedio in cui lo scopo del sistema visivo è una rappresentazione delle superfici
- Il modello a 3 dimensioni** → coincide con la visione di alto livello

La sua proposta aveva come obiettivo quello di delineare le basi di una teoria computazionale finalizzata a un programma di ricerca in visione artificiale e di proporre un modello per il funzionamento del sistema visivo umano.

La distinzione fra i 3 stadi rappresenta 3 diverse maniere di rappresentare l'info in un sistema di riferimento spaziale:

- Rispetto alla superficie della retina (a due dimensioni)
- Rispetto al punto di vista (a due punti di vista)
- Rispetto all'ambiente esterno (3 dimensioni)

L'abbozzo a due dimensioni e mezza è una rappre delle superfici visibili in cui è esplicitata la loro disposizione nell'ambiente rispetto al pdv in cui è collocato l'osservatore. Include una grande quantità di info sulla posizione e sull'inclinazione relativa delle superficie degli oggetti anche se non è ancora una rappre completa della struttura 3D.

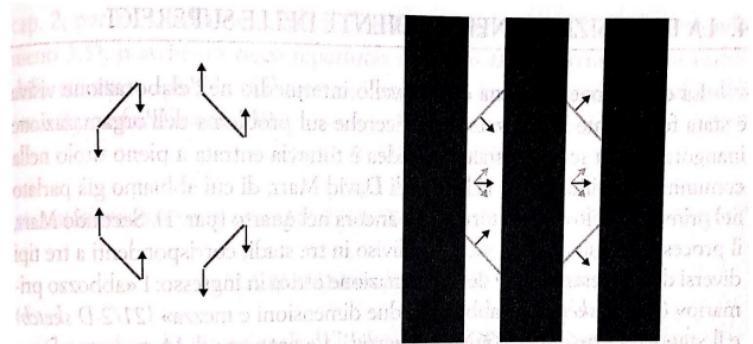


fig.3.14. La dimostrazione di Lorenceau e Shiffrar [1992]. I segmenti grigi hanno lo stesso movimento fisico sia a sinistra sia a destra. A sinistra tuttavia il movimento percepito dipende dal movimento dei terminatori (intriseci), per cui si vedono quattro unità che si muovono in verticale, a coppie in controfase. A destra il movimento dipende invece dalla media vettoriale delle componenti ortogonali, per cui si vede un quadrato che si muove in orizzontale. L'effetto è del tutto coercitivo, come si può osservare direttamente a questo indirizzo: www.liverpool.ac.uk/~marcob/Trieste/Shiffrar92.html.

Il modello 3D include infatti anche le parti non visibili dal pdv corrente formando una rappresentazione in termini di volumi e non più solo in termini di superfici orientate.

Secondo Marr la costruzione dell'abbozzo a due dimensioni e mezza richiede un lavoro di integrazione delle diverse fonti di info spaziale disponibili nella struttura spazio-temporale dell'assetto ottico che includono l'info che viene dalle disparità binoculari, dall'analisi del movimento e anche info monoculari (indici pittorici di profondità).

LA PARALLASSE DI MOVIMENTO

La struttura 3D dell'assetto ottico è ricca di info sulle relazioni spaziali. La sua struttura può cambiare nel tempo a causa di:

- Movimento dell'osservatore rispetto a oggetti stazionari
- Movimento di oggetti rispetto all'osservatore stazionario
- Movimento simultaneo di osservatore e oggetti

PARALLASSE DI MOVIMENTO → trasformazioni ottiche che si verificano nell'assetto ottico come conseguenza di un cambiamento di posizione del pdv.

IMMAGINE

- L'occhio fissa il punto F quindi la sua proiezione cade sulla fovea
- Oggetto D è più lontano di F rispetto al punto vista
- Oggetto V è più vicino al punto di vista
- Al tempo t_0 i 3 oggetti cadono su diversi punti retinici
- L'osservatore è in movimento, quindi cambia la sua posizione da t_0 a t_1 continuando a tenere la fissazione su F che quindi sarà sempre in fovea, mentre gli altri due oggetti cambieranno la loro posizione sulla retina secondo due regole:
 1. Gli oggetti più vicini al pdv rispetto alla fissazione, come V, si spostano otticamente nella direzione opposta alla direzione di movimento dell'osservatore, mentre gli oggetti più lontani dal pdv, come D, si spostano nella stessa direzione del movimento dell'osservatore
 2. La velocità dello spostamento retinico in entrambe le direzioni è proporzionale alla distanza in profondità dell'oggetto rispetto alla fissazione

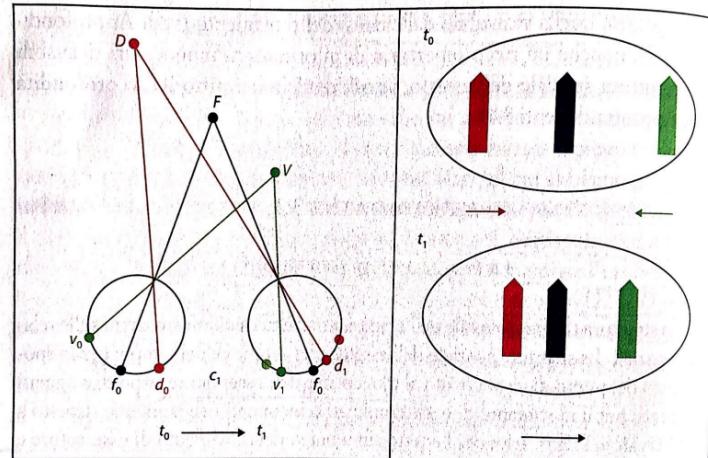


fig.3.15. La geometria della parallasse di movimento è analoga a quella delle disparità retiniche (infatti queste ultime risultano da un altro tipo di parallasse, la parallasse binoculare). La freccia nera indica la direzione della traslazione del punto di vista dal tempo t_0 al tempo t_1 . Notate che l'oggetto più lontano rispetto al punto di vista si sposta nel campo visivo nella stessa direzione del movimento dell'osservatore (freccia rossa), mentre l'oggetto più vicino nella direzione opposta (verde). Queste direzioni sono invertite sulla retina.

La parallasse di movimento, quindi, fornisce info sulle distanze nell'ambiente relative alla posizione in profondità del punto di fissazione.

I dati che sono disponibili oggi suggeriscono che la base cerebrale della percezione delle distanze dalla parallasse del movimento sia da collocare in **V5** dove ci sono molti neuroni sensibili alle disparità e questo è anche coerente con studi di psicofisica.

I nostri movimenti nell'ambiente includono però anche movimento avanti-indietro → in questo caso la struttura spazio-temporale dell'assetto ottico viene chiamata **FLUSSO OTTICO** e contiene info specifiche utili al controllo della direzione del movimento (heading) e della gestione di potenziali ostacoli lungo questa direzione.

LE INFORMAZIONI PITTORICHE

La struttura spaziale dell'assetto ottico contiene info sulla disposizione delle superfici nell'ambiente anche in assenza di movimento o disparità. Queste caratteristiche strutturali sono gli INDICI PITTORICI di profondità = caratteristiche che un artista può sfruttare per trasmettere un senso di profondità in un disegno o in un quadro.

L'elenco degli indicatori pittorici comprende 5 categorie di relazione spaziale:

1. **Altezza sul piano pittorico** → gli elementi che sono più in alto nell'assetto ottico sono più lontani dal pdv
→ i rettangoli vicino alla parte superiore tendono ad apparire più lontani di quelli vicino alla parte inferiore
2. **Grandezza relativa** → l'angolo visivo sotteso dagli elementi dell'assetto ottico è proporzionale alla distanza dal pdv
3. **Densità relativa** → la densità degli elementi visibili aumenta al crescere della distanza → rettangoli lontani creano file più dense
4. **Occlusione** → gli elementi che nascondono parti di altri elementi si trovano di fronte a questi elementi nascosti
5. **Prospettiva aerea** → il contrasto tra un elemento e il suo sfondo tende a ridursi in funzione della distanza dal pdv

Inoltre, le info sulle relazioni di profondità sono fornite in un assetto ottico monoculare statico da ombre portate e dalle ombreggiature sulle superfici (chiaroscuro).

A differenza delle info fornite dalla parallasse, le fonti pittoriche forniscono informazioni probabilistiche sulla profondità perché si basano sulla validità di hp relative alla statistica dell'ambiente naturale e di pdv tipici. Inoltre, spesso forniscono solo info sull'ordine di profondità (ciò che sta davanti e ciò che sta dietro) più che sulla distanza relativa o assoluta.

I ricercatori concordano nel dire che la percezione della disposizione nello spazio delle superfici è sempre una combinazione di diverse info potenzialmente disponibili. Le strategie di ricerca usate per affrontare questo problema sono di due tipi:

1. **Costruire situazioni in cui due o più fonti di info sono in conflitto tra loro** → es uso pseudoscopio
→ apparato ottico che inverte il segno di tutte le disparità. In situazioni in cui non sono presenti altre fonti di info, l'osservazione attraverso lo pseudoscopio può arrivare a produrre una completa inversione. Osservando però una scena naturale questa inversione delle relazioni spaziali non si verifica e la disposizione nello spazio delle superfici rimane normale = nella visione naturale l'informazione binoculare viene sempre combinata con l'info pittorica e alcuni aspetti di quest'ultima sono in grado di sopprimere un segnale conflittuale da parte delle disparità. Il conflitto fra disparità, parallasse di movimento e indici pittorici è anche alla base delle opere di Patrick Hughes che sono fatte in prospettiva inversa
2. **Manipolare indipendentemente l'info fornita da due o più fonti spaziali che segnalano potenzialmente la stessa disposizione nello spazio** → es studio di Braunestein che programmò uno per uno dei fotogrammi di una serie di animazioni che contenevano punti casuali. In ogni animazione sia la densità relativa che la parallasse potevano simulare superfici inclinate di tot gradi rispetto alla linea di mira. Il compito consisteva nel regolare l'inclinazione di una superficie di plexiglass così da eguagliare l'inclinazione percepita nell'animazione. I risultati indicarono che l'inclinazione percepita era influenzata sia dall'indice pittorico sia dalla parallasse ma la parallasse aveva un peso doppio.

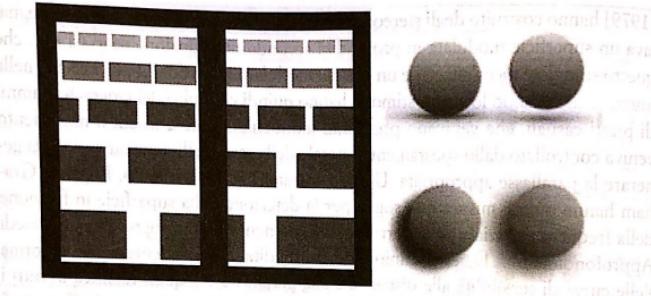


fig.3.16. Una sinopsi delle principali categorie di indicatore pittorico di profondità: l'altezza sul piano pittorico, la grandezza relativa, la densità relativa, l'occlusione, la prospettiva aerea (sinistra) e le ombre portate e l'ombreggiatura (destra).

Questi risultati sono coerenti con gli studi di fine anni 90' e con il modello in cui diverse fonti di info spaziali vengono codificate da moduli indipendenti e quindi combinate con una operazione simile a una media pesata in cui il peso assegnato alle componenti dipende da vari fattori.

Un criterio che ha avuto molte conferme empiriche è quello della PRECISIONE RELATIVA: ogni fonte di info spaziale riceve un peso proporzionale al suo grado di affidabilità nella situazione in esame.

5) IL COLORE DELLE SUPERFICI

Percepire il colore delle superfici richiede che segnali locali siano combinati fra loro attraverso un processo di organizzazione trans-locale.

MODI DI APPARENZA DEL COLORE

La descrizione sistematica delle diverse modalità in cui può apparire il colore è il contributo più importante di David Katz → pubblicò la monografia "I modi di apparenza del colore".

Il punto di partenza della sua analisi è che il colore, in condizioni naturali, non è una "sensazione pura", ma una proprietà dell'esperienza che è sempre riferita a un elemento concreto dell'ambiente percepito.

Describe gli 8 modi di apparenza che il colore può possedere:

1. **Superficiale** → colore percepito come proprietà di una superficie opaca → appare come qualcosa che ha una localizzazione ben precisa nell'ambiente che è quella della superficie che colora. Questa percezione include anche come si orienta la superficie nello spazio. Il colore appare compatto e non penetrabile → K dice che una delle proprietà più importanti del colore è la sua STABILITÀ = rimane invariato al variare delle condizioni di osservazione
2. **Di riduzione (colore filmare)** → modo di apparire di un colore quando viene visto attraverso un apparato chiamato schermo di riduzione = schermo opaco con un piccolo foro e per osservare il colore di riduzione basta porre lo schermo davanti all'oggetto colorato in modo da vedere solo il colore e non il suo contesto. Lo scopo è quello di isolare la stimolazione cromatica relativa a una piccola zona del campo visivo → in alcuni casi il colore di riduzione è diverso da quello percepito in condizioni normali. Il colore di riduzione non possiede una collocazione nello spazio quindi appare liscio, omogeneo e privo della compattezza solida del colore delle superfici, ma allo stesso tempo appare impenetrabile alla vista. I colori di riduzione sono quindi astratti dal contesto e privati di un referente esterno.
3. **Trasparente** → superfici speciali attraverso le quali è possibile vedere, più o meno chiaramente, gli oggetti che stanno dietro. Si tratta del colore di superfici parzialmente trasparenti perché se fossero completamente trasparenti non sarebbe visibile il colore. Penetrità allo sguardo e nello stesso punto si può osservare sia il colore della superficie che quello che sta dietro. Scissione fenomenica = perché si abbia percezione del colore di una superficie trasparente è sempre necessario che ci sia anche la percezione di una seconda superficie opaca ed è come se il cervello scomponesse lo stimolo locale di colore in due componenti, una davanti e una dietro
4. **Volumetrico** → modo di apparire del colore di un mezzo liquido o gassoso che occupa quindi un volume. Il colore che riempie un volume è sempre trasparente, non opaco come quello delle superfici, ma allo stesso tempo la trasparenza è quella di un mezzo disperso in un volume e non in uno strato superficiale. Difficile che altri oggetti siano visibili attraverso di esso e quindi non c'è una percezione duplice. Questa percezione si accompagna al grado di trasparenza della superficie

Primi 4 modi si riferiscono a come vengono percepiti le superfici, contrastandoli con il colore di riduzione. Il 5 e 6 si riferiscono agli effetti dell'illuminazione su alcuni materiali particolari

5. **Riflesso** → modo di apparire del colore nelle riflessioni speculari che sono visibili sulle superfici lucide, quelle che funzionano in parte come specchi. Il modo di apparire del colore riflesso è quindi riferito alla fonte di illuminazione più che alle superfici su cui si colloca e differisce dal colore della superficie perché il riflesso si sposta e appare e scompare in base al pdv. La tinta e l'intensità del riflesso dipendono dalla composizione spettrale e dall'intensità dell'illuminante
6. **Luccicante** → speciale impressione di brillantezza che si osserva di solito nello scintillare delle superfici metalliche

7 e 8 sono riferiti alla dimensione della luminosità piuttosto che a oggetti

7. **Dell'illuminazione** → modo di apparenza del colore che viene percepito come dovuto alla luce che illumina una scena, piuttosto che alle caratteristiche fisiche degli oggetti. Rilevante per il problema di identificare le regioni investite da componenti di illuminazione diverse fra loro
8. **Delle sorgenti di luce** → modo di apparenza del colore di un oggetto che emette luce. Importante per riuscire a distinguere la superficie che riflettono luce dagli oggetti che invece emettono luce

Il segnale locale utile a codificare il colore è il contrasto cromatico ossia di una tripletta di relazioni fra la luce riflessa da una figura e quella del suo sfondo.

Nel caso del colore acromatico la tripletta è una sola e viene espressa come il rapporto $L_1/L_2 = \text{rapporto fra due luminanze}$.

Hans Wallach dimostrò la generalità di questo principio in esperimento. Usando dei proiettori, creò delle configurazioni in cui era presente un disco circondato da un ampio anello, entrambi con luminanza omogenea che poteva essere modificata a piacere. In questo modo dimostrò due cose. La prima era che mantenendo costante la luminanza del disco, questo può sembrare bianco, nero o qualsiasi livello di grigio semplicemente se si cambia la luminanza dello sfondo. La seconda è che se si presentano due configurazioni disco-anello una accanto all'altra, i due dischi appaiono avere lo stesso livello di grigio non quando hanno la stessa luminanza, ma quando le loro luminanze stanno in uguali rapporti rispetto a quelle di anelli circostanti → **PRINCIPIO DI WALLACH**

Questo principio è comunque poco generalizzabile alla vita reale perché è difficile che il campo visivo contenga una sola figura davanti a uno sfondo.

FIGURA

- Le superfici A e B hanno lo stesso colore ma A appare più chiara
- La differenza dipende dal fatto che A confina di più con zone a luminanza minore, mentre B con lo sfondo a luminanza maggiore
- In un modello computazionale dell'integrazione dei rapporti di luminanze rispetto allo spazio si potrebbe tradurre in un maggiore peso relativo di contrasti locali che tendono a schiarire A e un corrispondente maggiore peso di contrasti che tendono a suruire B
- Il colore di ogni superficie dipende dall'integrazione a lungo raggio di tutti i segnali di contrasto locale
- L'oggetto in figura viene spontaneamente percepito come un oggetto con struttura 3D, a causa di questa alcuni rapporti di luminanze si riferiscono a bordi fra superfici complanari mentre altre a giunzioni fra superfici orientate a 90° l'una rispetto all'altra → si accompagna l'impressione che il lato superiore del solido sia più illuminato mentre che quello inferiore sia in ombra

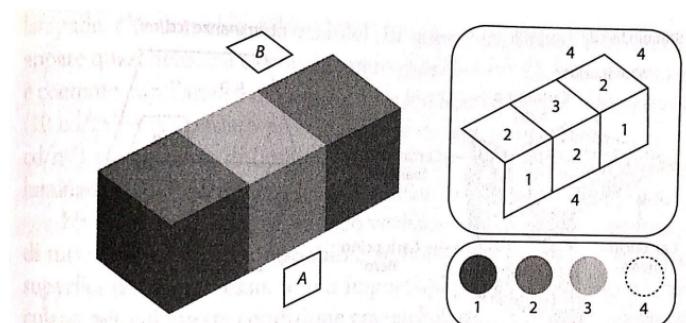


fig. 3.18. Tre cubi accostati. Considerate il grigio percepito di due facce del cubo, la A (al centro in basso) e la B (a destra in alto). Notate che A appare più chiara di B. I toni di grigio (i numeri sono arbitrari) utilizzati per le facce dei cubi e per lo sfondo sono presentati a destra. Notate due cose: A e B sono stati disegnati entrambi con il grigio 2; i rapporti di luminanze ai bordi sono, sia per A sia per B, 2:4, 2:3 e 2:1. Come mai A appare più chiaro di B?

ESPERIMENTO DI ALAN GILCHRIST

Costruì una configurazione tridimensionale in cui erano presenti due cartoncini neri e due bianchi, montati a 90° l'uno rispetto all'altro. Erano illuminati da una sorgente posta sopra i cartoncini orizzontali e regolata in modo che la luminanza del cartoncino nero, fortemente illuminato, fosse uguale alla luminanza del cartoncino piccolo bianco che era in ombra.

2 fasi:

1. Situazione veniva osservata con un occhio attraverso uno spioncino → in queste condizioni il bianco appare quasi nero e quello nero quasi bianco → risultato percettivo è coerente con l'analisi dei rapporti fra luminanze = il bianco piccolo è circondato spt da una zona a luminanza elevata mentre quello nero da una zona a bassa luminanza
2. Pannello veniva rimosso in modo da consentire l'utilizzo di tutte le info disponibili sulla reale disposizione nello spazio delle superfici quindi il colore percepito si inverte → il piccolo bianco appare bianco e quello nero appare nero

Spiegazione basata sul **PRINCIPIO DELLE LUMINANZE COMPLANARI** → in condizioni monoculari, la scena sembra piatta e quindi tutti i rapporti sembrano riferiti a superfici sullo stesso piano. In condizioni binoculari due cartoncini sono orizzontali e due verticali. Se i rapporti di luminanze di cui il sistema visivo tiene conto sono quelli fra superfici complanari, allora in condizioni binoculari il cartoncino piccolo verticale viene rapportato a una superficie a bassa luminanza mentre quello orizzontale a una superficie a luminanza alta. In condizioni monoculari avviene l'opposto

In questa immagine sono stati usati solo bianco, nero e grigio medio per le zone che appaiono come due dischi che si completano amodalmente dietro i quadrati piccoli.

La logica della spiegazione assomiglia alle spiegazioni del movimento globale: alcuni segnali locali sono classificati come estrinseci, dovuti all'occlusione, e per questo esclusi dal processo di integrazione.

In entrambi i casi della figura 3.21 il colore percepito è nella direzione opposta alla previsione basata sull'analisi dei segnali locali di contrasto.

Nell'effetto White i rettangoli grigi a sx si rapportano a quelli bianchi, cui si unificano per continuazione, mentre quelli a dx con i neri → appaiono quindi più neri a sx che a dx a

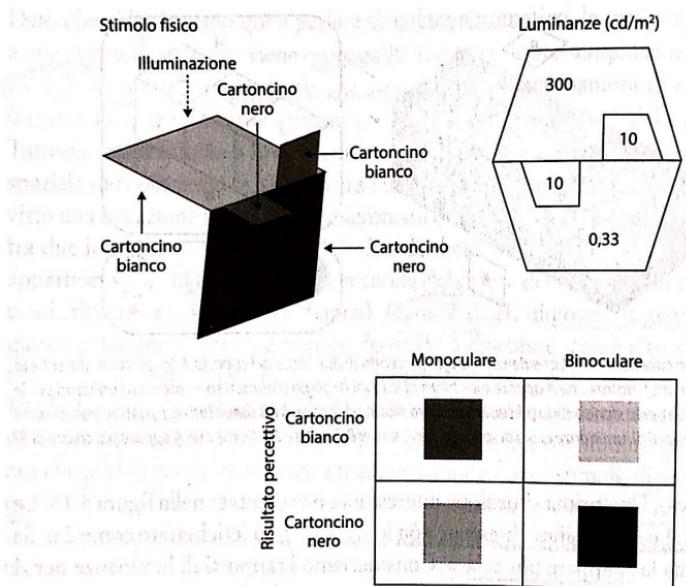


fig.3.19. Il colore dipende da come viene percepita la disposizione nello spazio delle superfici [Gilchrist 1977]. La logica dello studio e i risultati sono spiegati nel testo.

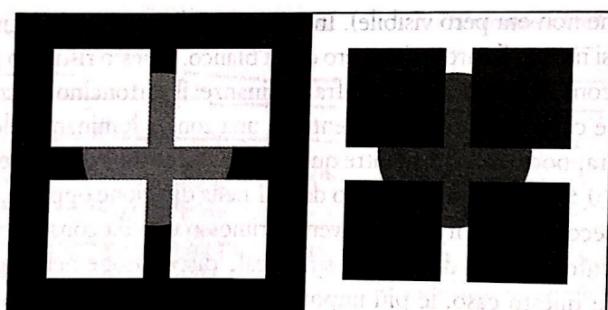


fig.3.20. I due dischi occlusi sono disegnati con lo stesso grigio, ma quello di sinistra appare più chiaro di quello a destra. L'analisi dei contrasti locali porterebbe a prevedere l'opposto: il disco a sinistra confina principalmente

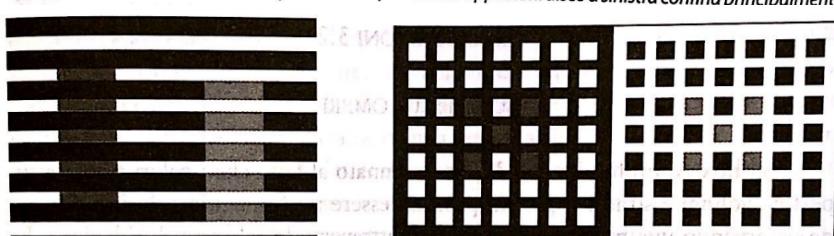


fig.3.21. a) Effetto White. Tutti i rettangoli grigi sono disegnati con lo stesso colore, ma quelli di sinistra appaiono notevolmente più scuri. b) Illusione del dungeon. Anche qui i quadrati grigi sono disegnati con lo stesso colore, ma a sinistra appaiono molto più scuri. Entrambi sono interpretabili come effetti dell'organizzazione percettiva sul processo di integrazione dei segnali di contrasto locale.

dispetto del fatto che i loro margini abbiano segnali spettrali nella direzione opposta.

Illusione del dungeon es di contrasto invertito → grigi completamente circondati dal nero, eppure appaiono più scuri e non più chiari come nel classico contrasto simultaneo → dimostrazione del fatto che il segnale locale non basta a spiegare la percezione del colore.

CONCETTO DI SCHEMA DI RIFERIMENTO → zone all'interno delle quali va effettuata l'integrazione secondo certe regole, potenzialmente organizzate in una gerarchia che va dal globale al locale

SUPERFICI E OMBRE

DIEDRO DI MACH

Mach descrive casi di inversione delle relazioni spaziali a carico di configurazioni osservate monococularmente.

Notò che osservando il diedro con un solo occhio era possibile non solo appiattirlo, ma addirittura invertirne le relazioni spaziali, cosicché lo spigolo centrale non sembra non sembra più puntare verso l'altro, ma verso il basso e le due superfici sembrano avere una inclinazione in profondità opposta alla precedente. Il colore si modifica dopo l'appiattimento e l'inversione.

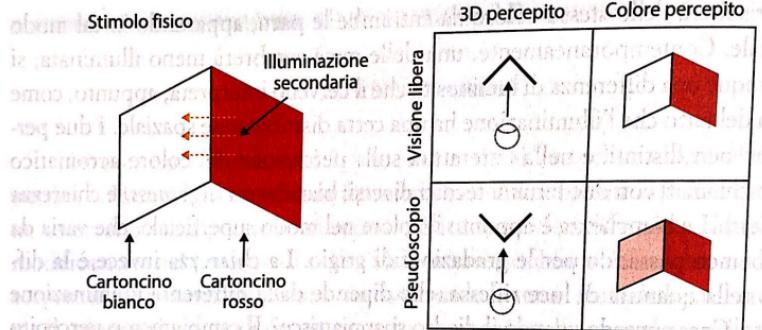


fig.3.22. Esperimento di Bloj, Kernsten e Hulbert (1999). In un diedro di Mach bicolore, la superficie rossa riflette luce rosa sulla superficie bianca, ma le due superfici appaiono del colore corretto (bianco e rosso) perché il sistema visivo attribuisce la componente rosa all'illuminazione. Osservando il diedro con lo pseudoscopio, le relazioni spaziali si invertono e quindi il sistema rifiuta questa interpretazione; di conseguenza, la superficie bianca appare di colore rosa.

6) LE COSTANZE PERCETTIVE

Ogni volta che muoviamo gli occhi o ci spostiamo nell'ambiente, cambiamo di poco o di tanto la posizione del pdv e questo determina una trasformazione della struttura dell'assetto ottico e una concomitante modifica dello stimolo che raggiunge la retina.

- Allontanamento dall'oggetto = rimpicciolimento proiezione sulla retina
- Movimento di lato = deformazione proiezione sulla retina
- Spostamento = la proiezione di tutto l'ambiente si sposta in funzione del movimento e delle proiezioni relative nello spazio
- Spostamento oggetto = cambiamento sua relazione rispetto alle fonti di illuminazione e rispetto alle superfici (colore rimane però quello di prima)

Lo stimolo per la visione è continuamente mutevole, ma le proprietà percettive delle superfici rimangono stabili → stabilità è un requisito fondamentale per il riconoscimento degli oggetti → una delle funzioni più importanti della visione di livello intermedio.

COSTANZE PERCETTIVE = insieme dei fenomeni in cui proprietà percepite sembrano invariate a dispetto di evidenti mutamenti nelle caratteristiche degli stimoli corrispondenti:

- Costanza di posizione → posizione percepita nell'ambiente a dispetto di cambiamenti del pdv
- Costanza di forma e di grandezza → struttura 3D e dimensioni percepite
- Costanza di colore superficiale

ESPERIMENTO EDWIG BORING per studiare costanza di grandezza

- Partecipanti posti all'incrocio tra due corridoi in ognuno dei quali erano posti un disco di una serie di dischi e uno schermo su cui veniva proiettato un disco luminoso il cui diametro poteva essere modificato agendo sul proiettore
- In ogni prova veniva variata la distanza a cui era posto il disco e la sua grandezza → più distante era, maggiore era la sua grandezza per fare in modo che l'angolo visivo sotteso fosse sempre di 1 grado
- Partecipanti dovevano modificare il diametro del confronto fino a farlo apparire uguale a quello dello standard → metodo dell'aggiustamento
- 4 condizioni: visione libera monoculare e binoculare, due condizioni di visione monoculare ridotta in cui veniva ridotte le info contestuali

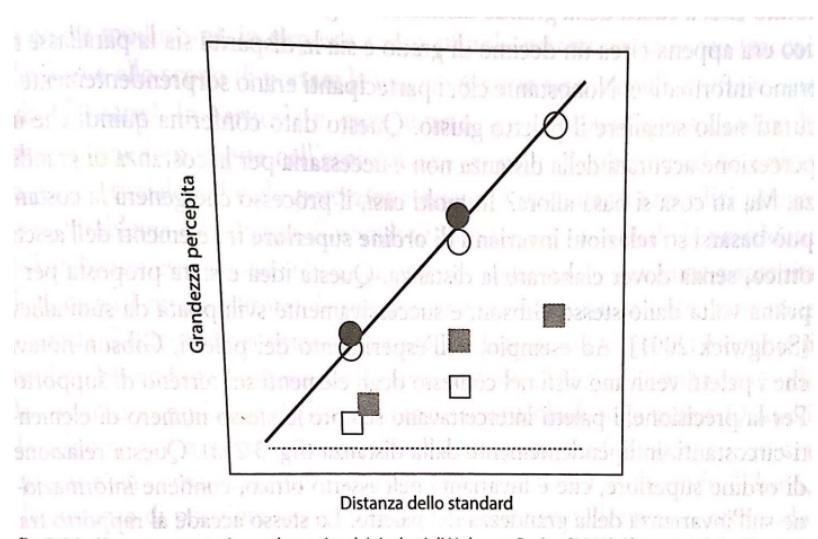


fig.3.24. Una rappresentazione schematica dei risultati di Holway e Boring [1941]. Al crescere della distanza veniva aumentata anche la grandezza dello standard, in modo da mantenere l'angolo visivo costante. La retta a 45 gradi quindi rappresenta la previsione nel caso in cui la grandezza del test sia uguale alla grandezza dello standard (costanza perfetta). La retta tratteggiata orizzontale rappresenta invece la previsione nel caso in cui la grandezza del test sia uguale all'angolo visivo sotteso allo standard, che era sempre pari a 1 grado. Cerchi pieni: visione libera binoculare. Cerchi vuoti: visione libera monoculare. Quadrati: Le due condizioni di visione ristretta monoculare. Notate che i dati in quest'ultima condizione non si collocano in corrispondenza della retta orizzontale, ma a metà strada fra le due rette.

RISULTATI

- Condizioni di visione libera → aggiustamenti erano quasi perfettamente corrispondenti alle grandezze fisiche dei dischi standard = costanza perfetta
- Condizioni di visione ridotta → aggiustamenti erano inferiori alla grandezza fisica, si spostavano cioè nella direzione dell'angolo visivo sotteso dagli standard

Risultati indicano che la percezione della distanza (più accurata in presenza di disparità a parallasse) contribuisce alla costanza di grandezza, come se il sistema visivo fosse in grado di tenere conto del fatto che lo stesso angolo visivo, a distanza maggiore, corrisponde a una superficie fisicamente più grande.

Anche in assenza di disparità e parallasse, i partecipanti non producevano mai ugualamenti esattamente uguali all'angolo visivo e questo suggerisce che un certo grado di costanze era comunque possibile anche in quelle condizioni.

In molti casi il processo che genera la costanza può basarsi su **RELAZIONI INVARIANTI DI ORDINE SUPERIORE** fra elementi dell'assetto ottico senza dover elaborare la distanza → idea proposta da Gibson

Questa idea vale anche per la costanza di posizione durante i **movimenti saccadici = movimenti oculari ultra-rapidi, eseguiti in maniera balistica** (una volta iniziati non possono più essere modificati) in risposta a uno stimolo esterno improvviso (saccadi riflessive) o allo scopo di portare la fissazione verso una zona di interesse (saccadi volontarie) → impo per esplorazione visiva e ruolo nel ciclo percezione-azione.

Questi movimenti pongono un problema di costanza perché a ogni saccade la proiezione dell'ambiente esterno si sposta ma la posizione percepita degli oggetti rimane stabile. Proposte 2 hp:

1. **Gibson** → l'info sulla costanza di posizione deriva dal flusso ottico globale sulla retina. Quando l'occhio si sposta, l'intero assetto ottico subisce una trasformazione e questa produce un corrispondente movimento globale sulla retina. Secondo G la costanza di posizione potrebbe essere ottenuta semplicemente sottraendo questo movimento globale da tutti i movimenti retinici locali

→ il movimento degli oggetti viene elaborato in relazione al movimento globale dell'ambiente e se questa relazione è invariante, allora l'oggetto mantiene la sua posizione.

Questa hp ha alcuni problemi → il segnale di movimento retinico è AFFERENTE quindi servono dai 50 ai 100 ms perché arrivi alla corteccia e questo ritardo è incompatibile con la rapidità dei movimenti saccadici

Osservazione di **Purkinje** dimostra che il segnale retinico afferente non spiega la costanza di posizione → chiudere un occhio e picchiettare sul lato dell'occhio rimasto aperto → secondo G il mondo esterno dovrebbe rimanere fermo perché l'azione meccanica ha l'effetto di una saccade, ma la stabilizzazione non avviene. Questa osservazione è coerente con un'altra hp.

2. **Helmholtz e formalizzata da Holst** → la stabilizzazione del mondo è resa possibile da un modello interno del movimento = **COPIA EFFERENTE** del comando motorio inviato ai muscoli oculari, la quale verrebbe confrontata con il segnale afferente retinico per determinare quali movimenti sono dovuti al movimento dell'occhio e vanno quindi annullati e quali invece sono reali movimenti di oggetti nel mondo.

Nel caso della pressione meccanica non c'è nessun comando motorio ai muscoli oculari, non c'è nessuna copia efferente quindi non ci dovrebbe essere costanza di posizione che è quello che succede.

Anche questa hp ha un problema → la copia efferente è un modello predittivo = anticipazione di dove si troverà l'occhio alla fine della saccade, non una rappre di dove si trova effettivamente in quel momento. Il problema è che la stabilizzazione del mondo è perfetta quindi anche la previsione dovrebbe essere perfetta che è una assunzione poco plausibile.

Per risolvere questo problema è stato proposto che la costanza di posizione non sia basata solo sulla copia efferente ma anche su un meccanismo che ricodifica la posizione relativa di tutti gli oggetti a ogni fissazione.

Ruolo copia efferente = no stabilizzare movimento retinico, ma cancellare la codifica relativa alla fissazione precedente → secondo questa hp la percezione della posizione ricomincia da 0 a ogni fissazione, utilizzando invarianti di ordine superiore disponibili nella struttura spaziale dell'assetto ottico.

ILLUSIONE DI MULLER-LYER E LE ILLUSIONI OTTICO-GEOMETRICHE

Illusioni ottico-geometriche = classe di fenomeni ottenibili con semplici disegni a tratto.

Muller-Lyer → discrepanza tra una proprietà del mondo fisico e la corrispondente proprietà del mondo percepito: lunghezza fisica e quella percepita. Un percepito come la dimensione percepita di un segmento è il risultato di un processo di rielaborazione di caratteristiche codificate dai processi di basso livello e questo processo integra info a un livello più globale di quello dei segnali locali in coordinate retinotopiche.

Gregory ha ipotizzato che questa illusione abbia a che fare con la costanza di grandezza → le giunzioni tra frecce e contorni sono interpretate dal sistema visivo come info sulla profondità, quindi, segnalano strutture più vicine o lontane innescando il meccanismo della costanza → a parità di estensione sulla retina. L'elemento più vicino viene percepito come più piccolo e quello lontano come più grande.

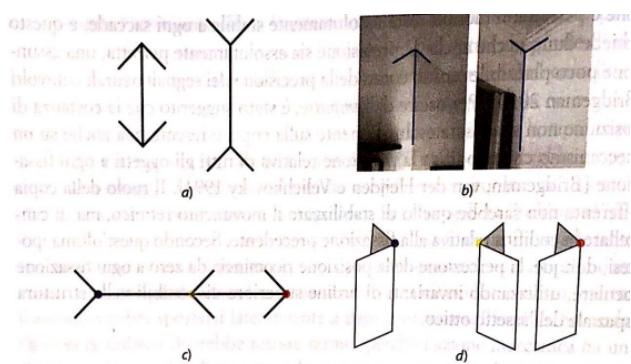


fig. 3.26. In a), due segmenti uguali appaiono di lunghezza diversa in funzione della direzione delle frecce - l'illusione di Müller-Lyer. In b), la spiegazione proposta da Gregory (1990). A partire da una variante c) è possibile costruire una situazione che secondo l'ipotesi di Gregory dovrebbe annullare l'illusione, ma questo non succede: in d) come in c), la distanza fra il puntino rosso e quello blu appare minore di quella fra il puntino giallo e il puntino blu.

Non è quindi un effetto illusorio ma è la conseguenza di un processo che tende a rendere la percezione dell'ambiente più veridica.

CAPITOLO 4

LA VISIONE DI ALTO LIVELLO

VISIONE DI ALTO LIVELLO comprende tutti i processi che hanno a che fare con il riconoscimento di oggetti e con la comprensione di azioni ed eventi. Queste funzioni si caratterizzano per un certo grado di sovrapposizione con altri processi cognitivi, spt memoria e attenzione.

1) PERCEZIONE E MEMORIA: IL RICONOSCIMENTO

Quando si riconosce un oggetto, si mettono in relazione le info che vengono dall'esterno con rappre che si hanno nella MLT attuando una forma di classificazione dell'info corrente.

In una serie di esperimenti di Simon Thorpe è stato mostrato che le persone sono in grado di decidere se in una scena presentata per 20 ms è presente un animale o un mezzo di trasporto → modulazione EEG corrispondente a questa decisione è visibile già dopo 150 ms e dopo altri 150 ms un partecipante addestrato riesce già a premere il tasto corrispondente alla risposta corretta = riconoscimento sembra avvenire in modo istantaneo e senza sforzo.

Riconoscere un oggetto come appartenente a una categoria significa identificare, in una serie di stimoli diversi fra loro, una qualche proprietà comune che può essere messa in relazione con una singola rappre presente in memoria → sia per elementi diversi di una stessa categoria ma anche per lo stesso oggetto presentato da diversi pdv o in seguito ad altri cambiamenti delle condizioni di osservazione.

Problemi che una teoria del riconoscimento deve affrontare:

1. Teoria deve essere in grado di rendere conto sia del riconoscimento a livello delle categorie sovraordinate sia del riconoscimento di elementi specifici appartenenti a una categoria
2. Teoria deve spiegare come il riconoscimento possa avvenire a dispetto delle enormi differenze che possono esserci negli stimoli di volta in volta disponibili → prevedere sia le condizioni in cui il riconoscimento avviene in modo accurato, sia quelle in cui il riconoscimento fallisce
3. Teoria dovrebbe specificare in quale formato vengono rappresentati gli oggetti nel loro complesso e le loro parti e come le caratteristiche rappresentate vengono codificate nello stimolo corrente.

Le teorie contemporanee del riconoscimento hanno proposto due approcci diversi ai 3 problemi:

1. **Riconoscimento basato su descrizioni strutturali** → insieme di preposizioni che descrivono una particolare configurazione e la descrizione riguarda la struttura della configurazione quindi le parti costituenti e le relazioni tra di esse → nel modello sono rappresentate le relazioni tra le parti ma non le loro caratteristiche metriche (es configurazione T dice come sono orientati i segmenti ma non quanto sono lunghi). Questi modelli ipotizzano che le proprietà percettive degli oggetti siano rappresentate in memoria in formato analogo a una descrizione strutturale. Il riconoscimento avviene grazie a un confronto fra le rappre in memoria e le rappre che vengono costruite a partire dallo stimolo.

Questo modello è stato poi abbandonato a favore di un approccio più generale, in cui le parti di un oggetto e le loro relazioni sono descritte esplicitandone la struttura 3D

2. **Riconoscimento basato su viste multiple**

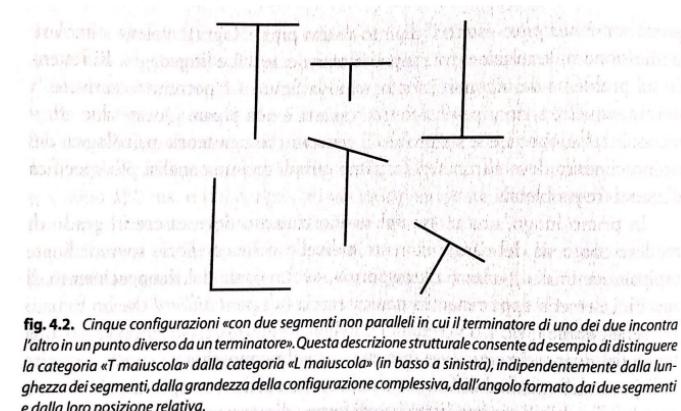


fig. 4.2. Cinque configurazioni «con due segmenti non paralleli in cui il terminatore di uno dei due incontra l'altro in un punto diverso da un terminatore». Questa descrizione strutturale consente ad esempio di distinguere la categoria «T maiuscola» dalla categoria «L maiuscola» (in basso a sinistra), indipendentemente dalla lunghezza dei segmenti, dalla grandezza della configurazione complessiva, dall'angolo formato dai due segmenti e dalla loro posizione relativa.

DAVID MARR → nella sua teoria della visione, il 3° stadio del processo visivo è la costruzione di un modello a 3 dimensioni che rappresenta la struttura degli oggetti per il loro riconoscimento.

In questa teoria le descrizioni strutturali sono costruite definendo assi di simmetria per le forme e applicando trasformazioni che generano descrizioni di superfici orientate. Le parti di un oggetto sono rappresentate come strutture volumetriche elementari rispetto a uno schema di riferimento centrale sull'oggetto e non più retinotopico. La sua teoria prevede anche che le rappre delle parti possano essere raffinate sfruttando confronti preliminari con modelli a 3 dimensioni presenti in memoria

Può essere considerato uno sviluppo della teoria di Marr il modello del **RICONOSCIMENTO PER COMPONENTI** di Biederman → il modello RBC consiste in una spiegazione a livello algoritmico del processo del riconoscimento che offre una soluzione ai 3 problemi.

B propone che il riconoscimento avviene tramite un confronto fra le descrizioni strutturali in memoria e la descrizione strutturale, percettiva, dello stimolo attuale. Queste descrizioni possono riguardare le strutture 3D delle parti degli oggetti e le loro relazioni → entrambi i concetti come per Marr.

Differenza con Marr → B ha proposto che le possibili descrizioni strutturali delle parti formino un insieme relativamente piccolo di **ELEMENTI VOLUMETRICI PRIMITIVI = GEONI**.

Qualsiasi oggetto può essere descritto individuando, da una lista di 36 geoni, da quali di questi è composto e in quale relazione questi stanno l'uno rispetto all'altro. Essendo un modello 3D di un solido, i geoni sono indipendenti dal pdv.

Questo modello cattura la struttura globale e non gli aspetti metrici, la descrizione strutturale con i geoni genera descrizioni di categorie sovraordinate di oggetti.

Altra differenza con Marr → per costruire la rappre di ogni geone non è necessario ipotizzare complesse trasformazioni geometriche e assunzioni su contorni e assi di simmetria, ma basta rilevare caratteristiche relazionali dello stimolo che sono invarianti rispetto a variazioni del pdv = **PROPRIETÀ NON-ACCIDENTALI**.

Secondo B ogni geone è descritto da una serie di queste proprietà che sono codificate da processi di livello intermedio e costituiscono il formato attraverso il quale sono rappresentate sia le descrizioni strutturali in memoria sia quelle degli stimoli → riconoscimento non richiede la ricostruzione di un modello autentico 3D dell'oggetto ma può basarsi direttamente su segnali codificati a livello intermedio (abbozzo a due dimensioni e mezza di Marr).

DAVID MARR (1945 - 1980)

Grande influenza sullo sviluppo della scienza della visione moderna. La sua tesi di dottorato in neuroscienze sfociò nella pubblicazione di 3 lavori: sulle funzioni del cervelletto, sull'apprendimento statistico e sulle funzioni dell'ippocampo. Negli anni 70 i suoi lavori si concentrarono sullo studio delle funzioni visive (al MIT a Boston).

Fra i suoi contributi più importanti ci sono:

- Prima teoria computazionale della rilevazione dei margini
- Teoria della stereopsi binoculare
- Prima teoria del riconoscimento basato su descrizioni strutturali

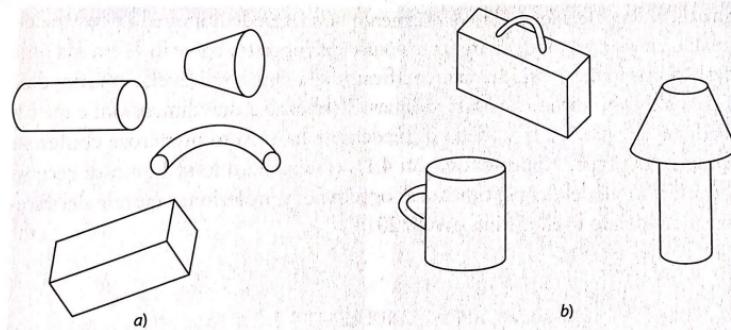


fig.4.3. Secondo Biederman, qualsiasi oggetto può essere rappresentato mediante una descrizione strutturale in termini di geoni. Ad esempio, utilizzando i geoni «cilindro», «tronco di cono», «cilindro curvo», «mattoncino» (a) è possibile costruire dei modelli della struttura di una valigia, di una tazza, di una lampada da tavolo (b). Ridisegnato a partire da un esempio in Biederman [1987].

PROPRITÀ NON-ACCIDENTALI

- Es di proprietà è la curvilinearità → se nello stimolo è presente contorno curvo, è altamente probabile che il margine dell'oggetto fisico sia anch'esso curvo
- Collinearità
- Parallelismo
- Coterminazione
- Simmetria

Nel modello di B ogni geone è definito in maniera univoca da una lista di proprietà non-accidentali, e la differenza tra geoni si basa sul contrasto fra le proprietà.

PROBLEMI AL MODELLO DI B → MICHAEL TARR

- **Problema di natura teorica** → il modello ha difficoltà a distinguere fra elementi di diverse categorie, quando questi hanno rappresentazioni simili in termini di geoni. Inoltre, il modello non distingue fra elementi individuali della stessa categoria dato che questi sono descritti dagli stessi geoni.
- **Problema di natura empirica** → il modello di B prevede che il riconoscimento sia completamente indipendente dal pdv, a meno che la variazione non comporti l'eliminazione dallo stimolo di uno o più geoni = assunzione pdv accidentale. Studi svolti da Tarr e altri hanno dimostrato come il riconoscimento peggiori, spt in termini di tempi di risposta, anche quando il cambiamento di pdv non elimina nessun geone.

Proposta modello alternativo → il riconoscimento non è basato su descrizioni strutturali, ma su un meccanismo che dipende dal pdv → **MODELLO DELLE VISTE MULTIPLE** in cui la rappresentazione visiva di un oggetto in memoria consiste in una collezione di immagini mentali dell'oggetto da pdv precedentemente esperiti.

Problema → la rappresentazione è analoga a una fotografia presa da un certo pdv = rappresentazione a due dimensioni che non cattura relazioni fra parti e in generale la struttura da rappresentare. Non è chiaro come questo modello possa spiegare la tolleranza del riconoscimento a parziali alterazioni dello stimolo. Infine, anche se il sistema visivo riconosce oggetti da molti pdv, questo modello dovrebbe prevedere un numero enorme di rappresentazioni in memoria.

Considerano i risultati ottenuti con tecniche di neuroimmagine e di recenti modelli computazionali basati su reti neurali, sembra plausibile che i codici neurali per la rappresentazione di oggetti siano di natura molto più astratta e per certi versi controllata.

2) LE AFFORDANCES

Quando riconosciamo un oggetto non diventiamo consapevoli solo di cosa abbiamo davanti ma anche della sua funzione e del suo significato → questi ultimi due aspetti nei modelli tradizionali fanno riferimento a processi di natura concettuale.

In contrasto con questa idea **GIBSON** ha introdotto il concetto di **AFFORDANCES** → secondo lui esiste una forma di riconoscimento che non ha a che fare con i concetti, ma solo con la percezione.

Concetto nuovo = nuova parola → in inglese il verbo to afford significa "offrire" e "rendere disponibile" → sono gli oggetti a offrire alla percezione alcuni aspetti del loro significato → "affordances sono ciò che l'ambiente offre all'animale per il suo bene o il suo male".

Gibson notò che un animale ha un repertorio di **potenzialità di azione** = un insieme di azioni che potrebbe eseguire in funzione delle caratteristiche dell'ambiente e di come è fatto il suo corpo → **RAPPORTO DI RECIPROCITÀ** e **MUTUALITÀ** fra alcune proprietà dell'ambiente e alcune potenzialità di azione

dell'animale. Questo rapporto definisce qualcosa che in quanto tale non è né nell'ambiente né bell'animale ma emerge dal rapporto fra i due.

Il concetto di affordances è sistematico → ambiente e organismo possono essere considerati come un sistema di molteplici elementi in interazione fra loro; l'affordance è una proprietà emergente di questo sistema.

È oggettiva perché esiste indipendentemente dalla presenza effettiva di un organismo che la percepisce ma la sua esistenza richiede l'esistenza di un organismo con un corpo fatto in una certa maniera.

Le affordance potenzialmente disponibili nel sistema organismo-ambiente sono diverse, a seconda dell'organismo preso in considerazione. Ciò che è afferrabile per un adulto non lo è per un bambino a causa delle diverse dimensioni della mano. L'affordance dell'afferrabilità per un organismo dotato di mano con pollice opponibile che cosa diversa per un organismo che non ha mani ma usa la bocca per lo stesso fine.

Un'altra conseguenza è che tra affordance e oggetto c'è spesso una relazione uno-molti (ci si può sedere su una sedia o una poltrona ma anche su qualsiasi cosa che abbia le dimensioni giuste).

L'affordance riguarda le funzioni potenziali di un oggetto quindi un aspetto del suo significato.

G aveva capito che questo aspetto del significato non richiede né un'elaborazione concettuale, né esperienza pregressa dell'uso di quell'oggetto, ma può essere percepita direttamente da un organismo che ha un corpo con le potenzialità di azione appropriate.

Questa teoria è stata inizialmente molto criticata → concetto troppo vago e per questo infalsificabile, inoltre, in questa teoria G negava qualsiasi ruolo di rappresentazioni interne e i loro ipotetici sostratti neurali.

Posizione in contrasto con la psicologia cognitiva degli anni 70-80.

Ora questo concetto si è molto evoluto e costituisce uno dei concetti fondamentali delle teorie contemporanee della cognizione spt approccio della embodied cognition.

DAVID NORMAN

Psicologo cognitivo che mostrava che le difficoltà nell'utilizzare oggetti di uso comune sono spesso causate da un design che non tiene conto della percezione delle affordance. Se l'oggetto offre possibilità di azione scorrette, le persone tenderanno a effettuare quelle azioni, e a non riuscire a utilizzare l'oggetto a meno di non ricevere altre indicazioni. Un esempio è la porta di Norman (errore spingere e tirare).

PERCEPIRE LE AFFORDANCE: PSICOFISICA ED ELETTROFISIOLOGIA

Un approccio al campo di indagine delle affordance ha utilizzato paradigmi che sono stati definiti di **psicofisica globale**. Come nella psicofisica classica, la psicofisica globale mira a individuare leggi che mettono in relazione la dimensione della percezione cosciente con stimoli fisici. A differenza della psicofisica classica, gli stimoli presi in considerazione sono proprietà globali della struttura spazio-temporale dell'assetto ottico, le quali sono messe in relazione con le possibilità di azione dell'organismo.

Esperimento Warren per studiare la percezione di **scalabilità**:

- Mostrava ai partecipanti una scalinata in cui veniva variata l'altezza dei gradini
- Il compito era di stimare l'altezza massima degli scalini compatibile con l'azione di salire la scala e l'altezza che avrebbe consentito di salire la scala con il massimo di comfort
- le stime venivano fatte solo osservando la scala e le prove non richiedevano di salirvi realmente
- i risultati evidenziarono che vi erano differenze rilevanti nelle risposte dei partecipanti ma queste differenze sparivano quando i giudizi venivano espressi in proporzione alle gambe dei partecipanti: sia per i partecipanti alti che per quelli bassi, i giudizi di scalabilità massima si collocavano attorno all'88%

della lunghezza delle gambe, un valore appena superiore alle previsioni basate su misure del dispendio energetico nei movimenti associati richiesti dal salire una scala

Un secondo approccio si è concentrato su una domanda di natura diversa: la definizione di affordance suggerisce che, date condizioni appropriate del sistema organismo-ambiente, la percezione di affordance dovrebbe emergere direttamente da quel contesto in maniera automatica. questa previsione è stata operazionalizzata con l'idea che la semplice visione di certe possibilità di azione dovrebbe attivare un processo mentale di natura motoria.

Ad esempio, vedere un oggetto afferrabile dovrebbe attivare un processo mentale legato al movimento di raggiungimento e pensione. Tale processo sarebbe di natura implicita, plausibilmente ricollegabile alla preparazione del movimento, o alla sua copia efferente anche in assenza della effettiva esecuzione.

Esperimento Tucker e Ellis:

- I partecipanti vedevano fotografie di oggetti di uso comune
- questi oggetti erano presentati nell'orientazione normale o sottosopra e con la parte da afferrare a sinistra o a destra
- I partecipanti dovevano rispondere il più velocemente possibile premendo un tasto con una mano se la figura era nel l'orientazione normale o con un altro tasto con l'altra mano se la figura era sottosopra
- I risultati hanno evidenziato un chiaro effetto di compatibilità fra posizione della parte afferrabile e mano usata per la risposta → se il manico della tazza era a destra i tempi di risposta erano più bassi se la risposta veniva data con la mano destra e più alti se data con la mano sinistra e viceversa se il manico era a sinistra

Un'interpretazione questi dati che genera attiva un processo implicito di afferramento con la mano destra facilitando la risposta con la stessa mano o interferendo con la risposta con la mano opposta o tutte e due le cose insieme.

Interpretabile nello stesso modo è l'effetto di PRIMING VISUO-MOTORIO → paradigma

- I partecipanti devono afferrare una barretta che può essere inclinata verso destra o verso sinistra
- prima della risposta su schermo un oggetto che ha orientazione congruente o incongruente con la barretta
- il primo è irrilevante per la risposta ma i risultati indicano che i partecipanti ne sono influenzati
- nelle prove congruenti il tempo di risposta si abbassa rispetto alle incongruenti

Una possibile interpretazione è che i frame attivi automaticamente un processo motorio implicito che facilita la risposta congruente o ostacola quella incongruente o entrambe le cose.

Studi di elettrofisiologia → registrando dalla corteccia premotoria nel lobo frontale della scimmia un gruppo di ricercatori ha individuato una popolazione di neuroni che hanno la medesima risposta eccitatoria sia quando la scimmia esegue un movimento di afferramento con la mano sia quando osserva un oggetto afferrabile senza eseguire l'azione. Questo tipo di neuroni sembra implicato sia nell'esecuzione di un movimento esplicito sia nella percezione di un oggetto coerente con quel movimento. Una percentuale di questi neuroni esibiva una esatta corrispondenza fra l'azione associata alla risposta nel compito motorio e l'oggetto su cui veniva fatta quella azione nel compito di sola osservazione.

Murata e colleghi interpretarono questo risultato come dimostrazione dell'esistenza di neuroni in grado classificare le proprietà di un oggetto in termini di una azione potenziale = **NEURONI CANONICI** →

Potrebbero far parte di un circuito neurale che rileva affordance e attiva rappresentazioni motorie in funzione di questa rilevazione.

3) GLI EVENTI E LE ALTRE MENTI

EVENTO = accadimento che evolve nello spazio-tempo e che è caratterizzato da un inizio e da una fine, o che si prolunga nel tempo con un qualche tipo di ciclicità. Il termine è molto generale e include la percezione di uno o più oggetti inanimati o animati che si muovono in modo complesso rispetto all'ambiente, la percezione dei rapporti causa-effetto nelle interazioni fra due o più oggetti, e l'attribuzione di stati mentali ai protagonisti di queste interazioni.

La percezione di eventi rappresenta quindi un aspetto della percezione di alto livello in cui diventano critici i rapporti non solo con altri processi cognitivi come la memoria, ma anche quelli con la cognizione sociale.

La base dello studio della percezione di eventi è costituita dall'analisi del movimento degli elementi coinvolti in uno stimolo che si estende nello spazio-tempo.

DUNCKER: osservazione MOVIMENTO INDOTTO:

- Se un punto stazionario viene posto all'interno di una cornice in movimento in alcune condizioni il punto sembra muoversi nella direzione opposta al movimento della cornice
- se la cornice si muove lentamente può accadere che questa sembra ferma e che il suo movimento sia attribuito interamente al punto

Questo fenomeno dimostra un principio importante del movimento percepito nelle componenti di un evento: l'organizzazione gerarchica degli schemi di riferimento.

Ehi qualsiasi movimento è sempre un movimento rispetto a uno schema di riferimento punto uno schema di riferimento globale che è sempre presente virgola e la totalità del campo visivo. Questo è un riferimento **egocentrico** perché dipende dalla fissazione e il movimento riferito a questo schema globale viene detto **movimento assoluto**.

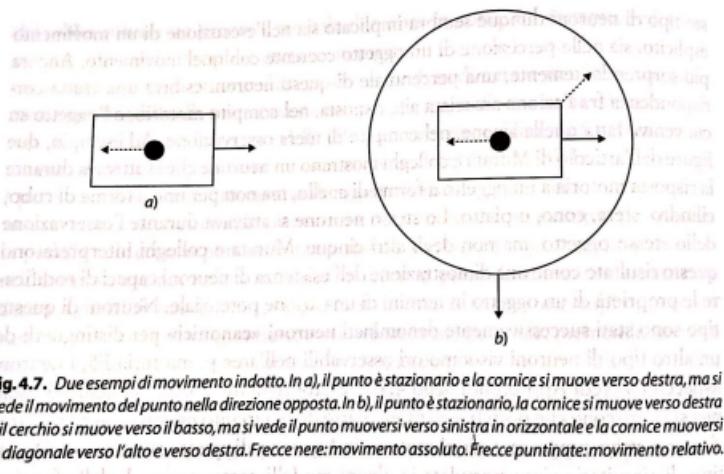
Nel caso dell'osservazione di D il movimento assoluto del punto è nullo, mentre il movimento assoluto della cornice è dato dal suo cambio di posizione nel tempo rispetto alla totalità del campo visivo.

- Schemi egocentrici
- **Schemi esocentrici** = centrati sugli oggetti e il **movimento relativo** a questi schemi di riferimento è **relativo** → nell'osservazione di D il movimento relativo del punto è dato dal suo cambio di posizione nel tempo rispetto alla cornice, e il movimento relativo della cornice del suo cambio di posizione rispetto al punto.

Il movimento indotto del punto suggerisce che il movimento relativo abbia un ruolo cruciale nella percezione di eventi virgola e che la salienza di diversi schemi di riferimento dipenda da fattori legati alla configurazione. Grazie alle relazioni di inclusione, la cornice diventa il riferimento privilegiato rispetto al quale viene visto il movimento relativo del punto, oscurando il suo movimento assoluto.

Dimostrazione Wallach → in presenza di più schemi di riferimento esocentrici, questi si organizzano in una gerarchia. Il punto stazionario è dentro una cornice rettangolare in movimento orizzontale, ma entrambi sono a loro volta inclusi in una cornice circolare il movimento verticale.

- il movimento del disco è dominato dal suo movimento relativo rispetto al rettangolo, per cui sembra muoversi in orizzontale nella direzione opposta.
- Il movimento relativo rispetto al cerchio in verticale non viene visto
- il movimento del rettangolo è dominato dal suo movimento relativo rispetto al cerchio per cui sembra muoversi nella direzione risultante dalla somma delle componenti orizzontali e verticali in diagonale



PERCEZIONE DEL ROTOLAMENTO

- Se si colloca un punto luminoso sul cerchione di una ruota e la si osserva al buio il movimento assoluto di qualsiasi punto è una cicloide
- Se si aggiunge un secondo punto → si vede il movimento relativo del primo punto rispetto al secondo ossia il rotolamento
- in alcuni casi succede di vedere i due punti come se fossero gli estremi di un bastone invisibile che si sposta in orizzontale oscillando attorno a un centro invisibile

Questo tipo di situazione in cui il movimento è relativo si organizza rispetto a un riferimento implicito e rilevante anche per la percezione degli eventi chiamati **MOVIMENTO BIOLOGICO**.

MOVIMENTO BIOLOGICO

Tecnica ideata dal percettologo Johansson per studiare la percezione del movimento biologico = evento percettivo generato da un organismo vivente che sta effettuando un'azione. J produsse filmati di persone che indossavano tute nere su cui erano fissate delle luci in corrispondenza delle principali articolazioni. Dato che le riprese erano fatte al buio, il filmato presentava di fatto solo i movimenti relativi dei punti luminosi. Questa tecnica consentiva di isolare il contributo del movimento relativo alla percezione dell'evento, eliminando qualsiasi informazione su contorni e forme = **POINT LIGHT DISPLAY**

Queste ricerche hanno mostrato che l'informazione fornita dal movimento relativo consente di apprezzare una gamma sorprendentemente ampia di aspetti del movimento biologico → è possibile distinguere persone che camminano, corrono, saltano, fanno flessioni, ballano.

Alcune ricerche:

- il movimento relativo consente di percepire anche le forze fisiche su cui è applicato il movimento. Partecipanti riuscivano a giudicare il peso di un oggetto sollevato dall'attore nel filmato a punti luminosi
- il movimento relativo può essere sufficiente a rivelare l'identità della persona che cammina e decidere se questo è un uomo o una donna

Queste ricerche hanno contribuito a identificare relazioni di ordine superiore che potrebbero essere alla base della percezione di movimento biologico. Nel caso della percezione del sesso è possibile notare che la morfologia tipica del corpo maschile è differente da quella del corpo femminile nel rapporto fra la larghezza delle spalle e la larghezza dei fianchi. Queste differenze hanno una conseguenza sull'andatura del passo.

Alcuni autori hanno identificato una specifica relazione di ordine superiore chiamata center of moment data dal rapporto fra il movimento orizzontale dei punti sulle spalle e quello dei corrispondenti punti sui fianchi virgola che prevede in maniera soddisfacente la percezione del sesso nel movimento biologico. Hanno mostrato che questo rapporto identifica un riferimento rispetto al quale si organizza il movimento relativo di tutte le parti del corpo, collocandosi più in basso se le spalle si muovono di più rispetto ai fianchi o più in alto se invece sono i fianchi a muoversi di più.

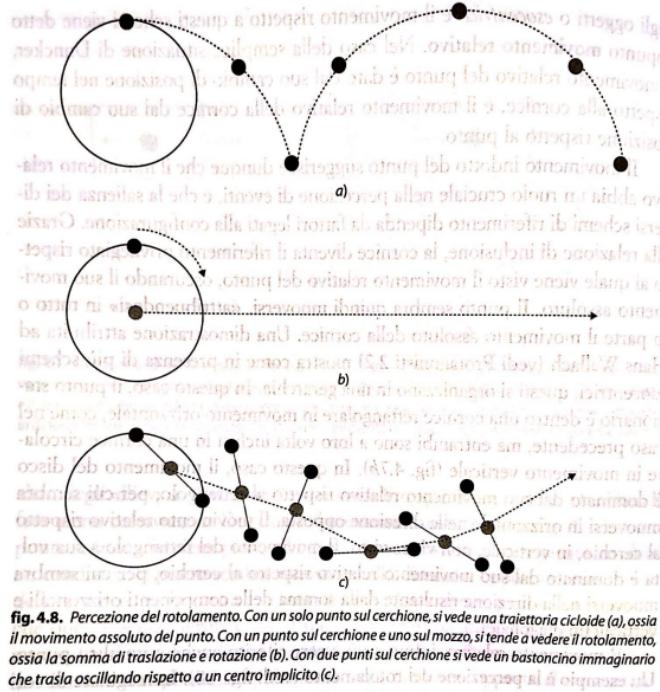


fig. 4.8. Percezione del rotolamento. Con un solo punto sul cerchione, si vede una traiettoria cicloide (a), ossia il movimento assoluto del punto. Con un punto sul cerchione e uno sul mozzo, si tende a vedere il rotolamento, ossia la somma di traslazione e rotazione (b). Con due punti sul cerchione si vede un bastoncino immaginario che trasla oscillando rispetto a un centro隐式 (c).

I risultati hanno mostrato che in media i partecipanti riuscivano a identificare correttamente il sesso dei camminatori nell'82% delle prove se l'animazione conteneva punti corrispondenti a spalle e fianchi, ma si riduceva al solo 59% se questi erano omessi.

Percepire il movimento biologico implica la comprensione del significato di un evento che viene riferito a un singolo agente. Gli eventi si possono riferire anche a interazioni fra due o più agenti, animati o inanimati. In eventi di questo tipo, attraverso la percezione dei movimenti relativi si realizza la percezione della causalità = la consapevolezza che fra i movimenti delle componenti dell'evento sussiste una relazione di causa ed effetto → in molto casi non serve il contributo di un ragionamento

MICHOTTE → utilizzando semplici animazioni create in laboratorio studio una serie di eventi che coinvolgevano due oggetti di cui venivano variate la configurazione e le caratteristiche spaziali e temporali

- effetto lancio → un quadrato nero veniva traslato a velocità costante fino a toccare un quadrato bianco, al momento del contatto il quadrato nero si fermava e il quadrato bianco iniziava a muoversi alla stessa velocità, o a velocità minore, nella stessa direzione
- questo evento viene spontaneamente descritto come un caso in cui il quadrato nero causa il movimento del bianco
- effetto scatenamento → dopo il contatto il quadrato bianco partiva a velocità maggiore di quella del nero producendo un cambiamento nella natura percepita della relazione di causa-effetto → i partecipanti riferivano che il nero aveva attivato il movimento del bianco che autonomamente aveva poi iniziato a muoversi
- effetto trascinamento → il nero raggiungeva il bianco che iniziava a muoversi come nel primo caso ma il nero continuava anche a muoversi nella stessa direzione mantenendo il contatto → descritto come una situazione in cui il nero spinge in avanti il bianco
- tutti e tre gli effetti venivano aboliti se fra il momento del contatto e l'inizio del movimento successivo si introduceva un ritardo

La natura dell'esito percettivo sembrava dipendere in maniera critica da piccole differenze nella struttura spazio-temporiale dell'evento.

HEIDER

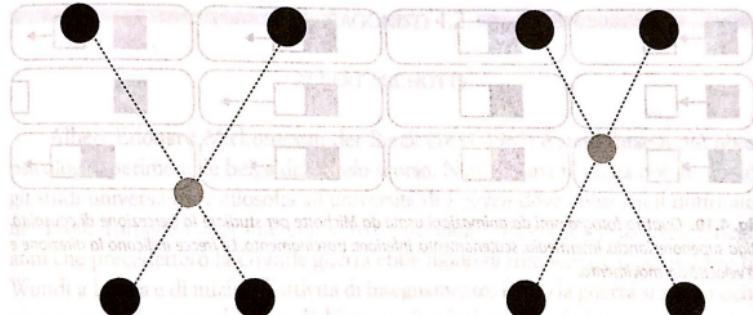


fig. 4.9. Posizione del CoM rispetto alle spalle e ai fianchi, nella struttura fisica tipica di un uomo (sinistra) e di una donna (destra). Il CoM è indicato dal disco grigio chiaro. I dischi grigi scuri marcano la posizione delle spalle e dei fianchi.

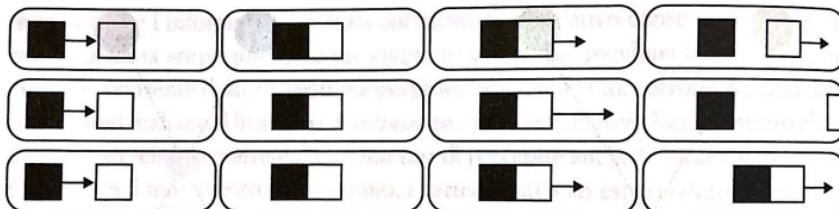


fig. 4.10. Quattro fotogrammi da animazioni usate da Michotte per studiare la percezione di causalità. Riga superiore: lancio. Intermedia: scatenamento. Inferiore: trascinamento. Le frecce indicano la direzione e la velocità del movimento.

ALBERT MICHOTTE (1881 - 1965)

Noto soprattutto per il suo lavoro sulla percezione degli eventi e sulla percezione della causalità → studiato in modo innovativo per l'epoca attraverso l'analisi di stimoli in movimento e delle condizioni che determinano l'impressione di assistere a un evento caratterizzato da una sequenza di causa-effetto.

Per lui la percezione di causalità non era da riferirsi a una inferenza cognitiva, ma dipende dalla codifica percettiva di specifiche configurazioni spazio-temporali.

Importante anche il suo lavoro sul completamento amodale.

Utilizzò un metodo simile a quello di Michotte ma con maggiore enfasi sull'interpretazione degli eventi come dovuti alle intenzioni di agenti animati quindi dotati di una mente.

Mostrò ai partecipanti un filmato in cui erano presenti tre figure geometriche: triangolo grande, triangolo piccolo virgola e cerchio piccolo. È presente anche un quadrato grande in cui un lato è spezzato a formare una specie di porta.

È naturale per i partecipanti descrivere gli eventi come interazioni fra agenti animati, mossi da desideri e intenzioni virgola in un ambiente modificabile dalle loro azioni. È impossibile non usare parole che fanno riferimento ad azioni intenzionali, scopi, cause.

Sia M che H proponevano che i fenomeni di attribuzione di stati mentali a entità esterne potrebbero trovare una spiegazione a livello della percezione piuttosto che del giudizio basato su esperienze pregresse.

Il fatto che l'attribuzione di stati mentali e la comprensione del significato degli eventi non richiedano conoscenze pregresse può essere oggetto di discussione. In molte ricerche successive l'informazione cinematica viene elaborata, a livello percettivo, tenendo conto di schemi interni che ne indirizzano l'interpretazione → tali schemi sono riferiti ad azioni o a sequenze di movimenti virgola di cui si postula una sorta di simulazione interna.

Questa simulazione potrebbe essere analoga a un processo di preparazione motoria, la quale a sua volta sarebbe rappresentata nello stesso formato usato per la percezione di eventi. sarebbe quindi possibile immaginare un meccanismo in grado di implementare la comprensione percettiva degli eventi, senza fare ricorso a conoscenze pregresse ma sfruttando le competenze motorie del percettore virgola in modo analogo a quanto potrebbe avvenire con le affordance → ruolo cruciale dei neuroni specchio

NEURONI SPECCHIO

All'inizio degli anni 90, un gruppo di fisiologi coordinati da Giacomo Rizzolatti stava studiando i neuroni nella corteccia premotoria della scimmia. Questi sembravano comportarsi proprio come tipici neuroni motori: aumentavano la propria frequenza discarica durante specifici movimenti. Uno sperimentatore si accorse che un neurone che aveva appena risposto durante l'afferramento no da parte della scimmia mostrava nuovamente una risposta vigorosa mentre lo sperimentatore afferrava un nuovo pezzetto da destinare alla prova successiva. Dopo numerosi controlli, i ricercatori si convinsero che i numerosi neuroni nell'area indagata mostravano uno stretto collegamento tra azioni eseguite e azioni osservate.

L'attività neurale evocata dal movimento della scimmia rispecchiava l'attività neurale evocata dalla percezione dello stesso movimento da parte di un altro organismo, come se la rappresentazione di un'azione chiamasse in causa lo stesso modello interno necessario per eseguire quell'azione.

Gallese e collaboratori hanno stimato che circa il 20% dei neuroni di F5 del macaco sono di questo tipo.

Negli anni 50' Gastaut aveva riportato una desincronizzazione del ritmo mu, un fenomeno che compare nell'elettroencefalogramma durante l'esecuzione di azioni, era osservabile anche durante l'osservazione di filmati che mostravano le stesse azioni.

Studi eseguiti utilizzando tecniche di neuroimmagine hanno individuato aree del cervello umano che si attivano in risposta sia all'esecuzione dall'osservazione di azioni. Fra queste c'è la parte posteriore del giro frontale inferiore, l'area premotoria etichettata come F5 nella scimmia è coincidente, nell'emisfero sinistro, con l'area di Broca nell'uomo. L'area di Broca ha un ruolo essenziale nella produzione del linguaggio parlato ed è anche coinvolta nell'esecuzione dei movimenti manuali → collegamento fra controllo motorio della

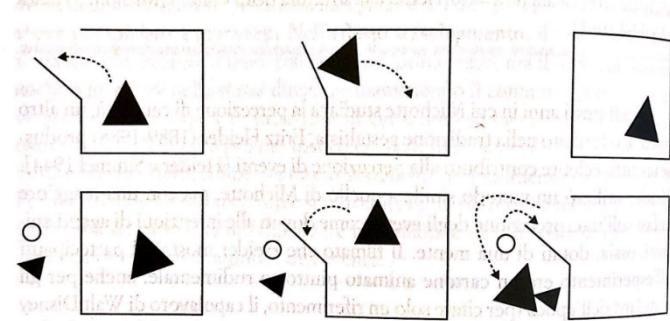


fig. 4.11. I due eventi con cui si apre il filmato di Heider e Simmel. Sopra: T è in casa e va a chiudere la porta. Sotto: T assiste all'arrivo di t e c, esce di casa e a aggredisce t mentre c si rifugia in casa.

mano, linguaggio e neuroni specchio → potrebbe essere alla base dell'evoluzione del linguaggio a partire dalla comunicazione non verbale con i segni.

4) PERCEZIONE, AZIONE, ATTENZIONE E COSCIENZA

Una scienza della percezione visiva deve spiegare le caratteristiche dei percetti virgola e di queste forse la più enigmatica è rappresentata dal fatto che i precetti sono contenuti mentali coscienti.

La percezione di alto livello può essere considerata come un processo che ha una duplice funzione: rendere possibile il riconoscimento e l'esperienza consapevole di cosa abbiamo davanti e fornire le informazioni necessarie a programmare come possiamo agire su ciò che abbiamo davanti.

Le teorie contemporanee ritengono che queste due funzioni coinvolgano la proiezione ventrale da V1 a IT e la proiezione dorsale da V1 a PPT → il sistema visivo da V1 manifesta uno sdoppiamento riferito a due funzioni visive diverse.

HP DEI DUE SISTEMI VISIVI → Goodale e Milner

CASO D.F. → avvelenamento da anidride carbonica che danneggiò il suo cervello, in entrambi gli emisferi nella zona al confine tra lobo occipitale e temporale (area che in cervello sano si attiva quando un individuo svolge un compito che richiede di elaborare la forma visiva di un oggetto)

- Dopo un periodo iniziale in cui lamentava una completa incapacità di vedere, recuperò una certa capacità di vedere i colori e il movimento, ma rimase incapace di elaborare le caratteristiche visive e necessarie a percepire le forme.
- Per esempio, riusciva a distinguere un grating ad alta frequenza da uno a sfondo grigio (consapevolezza della presenza di una struttura visiva) ma era completamente incapace di giudicare se era orientato in verticale o in orizzontale.
- Era incapace di riconoscere gli oggetti o di ricopiarli con un disegno, ma riconosceva gli oggetti se li toccava (problema visivo)
- Riusciva a disegnare un oggetto conosciuto = il problema riguardava la percezione e non l'accesso a una rappresentazione in memoria
- = AGNOSIA VISIVA PER LA FORMA

DF riusciva comunque a svolgere una vita normale → aveva imparato e mettere in atto strategie compensative, es usando tatto e udito e integrandole con inferenze di alto livello

- Sessione in cui gli sperimentatori le mostravano oggetti e le chiedevano cosa fossero → matita → diceva divedere qualcosa di giallo ma non sapeva cosa quindi per capire cosa fosse allungò il braccio per afferrare l'oggetto → lo fece in modo naturale, ruotando il polso in funzione della posizione della matita
- Se non riusciva a dire se la matita era orientata in modo orizzontale o verticale come poteva orientare correttamente il polso? Questa risposta comportamentale non era casuale e sembrava basata su una caratteristica visiva che la paziente diceva di non avere

G e M progettarono una serie di esperimenti controllati per confermare la loro osservazione:

- Compito di posting → presentata una superficie con una fessura la cui orientazione poteva essere modificata e in ogni prova il paziente doveva inserirvi all'interno una superficie rettangolare → compito richiede di guidare il movimento della mano ruotandola in modo coerente con l'orientazione della fessura
- Prestazione DF uguale a soggetti di controllo

- Variante compito → chiesto a DF di indicare, ruotando la busta tenuta vicino al corpo, l'orientazione della fessura → DF rispondeva a caso
- Compito con una serie graduata di sei superfici rettangolari, con la stessa area ma con basi e altezze diverse → DF non distingueva le varie figure
- Se però le veniva chiesto di afferrare le superfici, l'apertura delle dita durante il percorso della mano verso l'oggetto era proporzionata alla grandezza fisica, ed era simile a quella dei controlli.

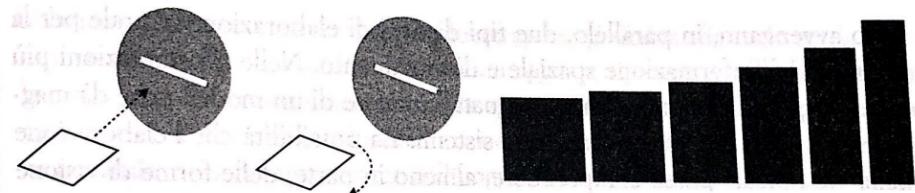


fig. 4.12. I compiti utilizzati da Goodale e collaboratori per studiare percezione e azione in D.F.: a) posting; b) giudizio percettivo, mediante uguagliamento crossmodale, sull'orientazione della fessura; c) afferramento o discriminazione percettiva di superfici rettangolari.

= dissociazione neurologica fra la percezione di oggetti e il movimento diretto verso gli stessi oggetti

Secondo l'ipotesi dei due autori la dissociazione fra riconoscimento visivo e azione guidata dalla visione dipende dalla relativa indipendenza di due meccanismi visivi di alto livello, implementati rispettivamente dalla via ventrale e dalla via dorsale.

I due meccanismi sono responsabili del riconoscimento e quindi della percezione cosciente, la via ventrale, e della guida visiva delle azioni che può avvenire anche in assenza di coscienza, la via dorsale.

Sia in DF che nel blindsight, le residue funzioni visive sembrano svincolate dalla coscienza, e sembrano riconducibili alla via dorsale.

Nel caso del blindsight però l'info visiva non arriverebbe nel lobo parietale grazie alla proiezione dorsale da V1 a PPT, ma per la via secondaria sottocorticale che dalla retina proietta al collicolo superiore e al pulvinar, da cui infine raggiunge PPT.

VISIONE SENZA ESPERIENZA COSCIENTE?

Nel 1965 Weiskrantz ha fatto un esperimento per stabilire i limiti del comportamento guidato dalla visione in organismi privi di V1. Rimosse chirurgicamente V1 nei due emisferi da una scimmia. Per i primi mesi continuava a manifestare sintomi simili a quelli di un paziente umano affetto da cecità corticale completa.

Negli anni successivi recuperò un impressionante repertorio di comportamenti guidati dalla visione:

- In grado di raggiungere e afferrare un oggetto in movimento
- Rilevare una luce lampeggiante e anche stazionaria
- Durante le passeggiate riusciva ad evitare ostacoli, avvicinarsi agli alberi per arrampicarsi
- Alla morta l'esame autopico confermò la completa ablazione di V1

Questo dimostrò che una grande varietà di comportamenti basati su info visive rimane possibile anche in assenza di V1 anche se le sue azioni non erano uguali a quelle di una scimmia senza lesione.

- Spesso puntava verso il premio e preferiva spesso farlo con la bocca
- Per afferrare oggetto spesso muoveva la mano verso il bersaglio mantenendola aperta e solo dopo il contatto la chiudeva → contributo info tattile
- Normalmente la configurazione della mano avviene durante il raggiungimento
- La scimmia esibiva un comportamento simile e quello di pazienti con atassia ottica

Dalla rianalisi di tutti i filmati è stato suggerito che le caratteristiche delle residue abilità visuomotorie fossero coerenti con due conclusioni:

- Il trasporto e la configurazione della mano che afferra sono elaborati a livello dorsale in due circuiti parieto-frontali distinti e dissociabili
- Il circuito per l'afferramento ha accesso a info visive grazie alla proiezione sottocorticale retina – collicolo superiore – pulvinar – PPT → queste info sembrano riguardare proprietà estrinseche di un oggetto, come la posizione nello spazio, ma non proprietà intrinseche, come la grandezza e la forma

Questo esperimento ha grande importanza per il blindsight → capacità da parte di pazienti con cecità corticale di localizzare uno stimolo senza avere esperienza cosciente di averlo visto

La presenza del blindsight viene rilevata in pazienti con emianopsia durante la presentazione di stimoli nell'emicampo lesionato → blindsight si manifesta con una prestazione migliore di quanto ci si aspetterebbe se rispondesse a caso.

Alcuni autori hanno descritto un caso di un paziente con cecità corticale totale (lesione bilaterale di V1) in grado di spostarsi lungo un corridoio evitando gli ostacoli.

Un altro indizio rilevante del problema di cosa produca la coscienza nel sistema visivo viene dal fenomeno della **CECITÀ DA DISATTENZIONE**.

Mack e Rock negli anni 90 iniziarono un programma di ricerca per indagare la relazione fra attenzione e percezione cosciente.

Paradigma sperimentale:

- A ogni partecipante è possibile raccogliere solo un dato: se ha notato, o meno, lo stimolo critico nella singola prova in cui era stato presentato.
- Per ottenere una stima affidabile della probabilità che lo stimolo critico sia notato nelle due condizioni (presentazione foveale o periferica) è dunque necessario reclutare un numero molto alto di partecipanti → per essere certi che nella prova critica non ci sia nessun meccanismo attentivo
- se ci fossero altre prove simili i partecipanti adeguerebbero la propria strategia, voi attivando il meccanismo della vigilanza o allocando la loro attenzione spaziale nel punto in cui, la prima volta, è comparso lo stimolo critico

Risultati

- quando lo stimolo critico compare in corrispondenza della fissazione, ben due partecipanti su tre non lo notano (66%)
- quando compare in periferia, la probabilità che lo stimolo critico venga rilevato aumenta, ma rimane comunque invisibile a un partecipante su 5 (20%)
- sorprendente perché lo stimolo critico non è sotto la soglia di visibilità, infatti è ben contrastato e abbastanza grande
- ancora più sorprendente è il fatto che la prestazione era molto peggiore quando lo stimolo critico compare dove i partecipanti stavano fissando

I risultati sembrano indicare che l'attenzione è necessaria per la percezione cosciente.

Il fenomeno della cecità da disattenzione rappresenta una delle dimostrazioni più convincenti del ruolo dell'attenzione nella coscienza visiva. Ma il fatto che gli eventi diventino del tutto invisibili in assenza di

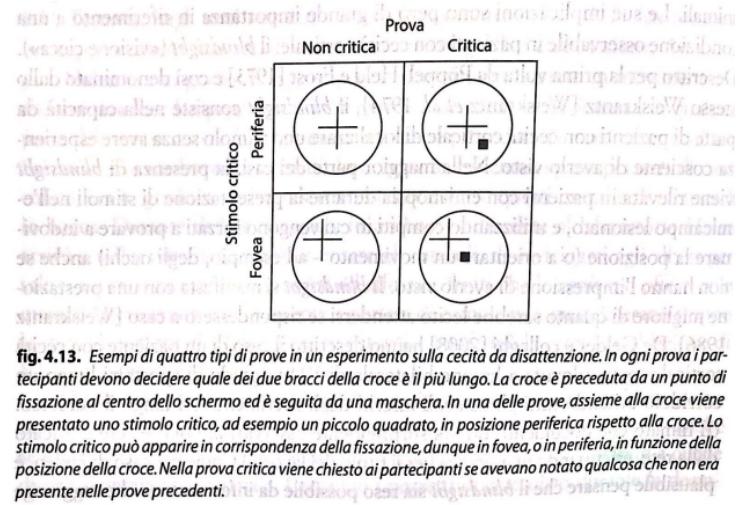


fig. 4.13. Esempi di quattro tipi di prove in un esperimento sulla cecità da disattenzione. In ogni prova i partecipanti devono decidere quale dei due bracci della croce è il più lungo. La croce è preceduta da un punto di fissazione al centro dello schermo ed è seguita da una maschera. In una delle prove, assieme alla croce viene presentato uno stimolo critico, ad esempio un piccolo quadrato, in posizione periferica rispetto alla croce. Lo stimolo critico può apparire in corrispondenza della fissazione, dunque in fovea, o in periferia, in funzione della posizione della croce. Nella prova critica viene chiesto ai partecipanti se avevano notato qualcosa che non era presente nelle prove precedenti.

attenzione pur essendo perfettamente visibili in condizioni normali virgola non porta necessariamente alla conclusione che questi eventi non siano elaborati dal sistema visivo.

Nel caso della cecità da disattenzione, un dato a favore di questa ipotesi viene da una serie di esperimenti di Mach e Rock → hanno modificato il loro paradigma utilizzando parole invece che figure come stimolo critico virgola e inserendo un compito di completamento della radice → es inserita la parola flake in una delle prove in cui i partecipanti dovevano discriminare i bracci della croce → subito dopo la prova veniva chiesto se avevano visto qualcosa che non c'era nelle prove precedenti. Dopo aver dato la risposta compariva sullo schermo la radice fla e i partecipanti dovevano dire le prime due parole che gli venivano in mente con quella radice

Hanno osservato un robusto effetto di cecità da disattenzione → campione di 200 partecipanti, il 63% non riportava di avere visto la parola inaspettata, il 36% di questi includeva quella parola nel compito di completamento.

Anche se la parola non viene percepita coscientemente, la parola critica sembra aumentare più di 10 volte la probabilità che venga successivamente in mente ai partecipanti → conferma che in assenza di attenzione la parola critica può venire comunque elaborata fino a un livello così elevato da favorire l'accesso al lessico da parte della radice

CAPITOLO 5

METATEORIE DELLA PERCEZIONE VISIVA

L'atto del vedere può essere descritto come un processo ciclico caratterizzato da una sequenza di passaggi di informazione dall'ambiente all'occhio, dall'occhio al cervello, e infine dal cervello di nuovo all'ambiente.

Sono state proposte quattro principali metateorie, ossia riflessioni anche epistemologiche su come una teoria generale dovrebbe essere.

In ordine cronologico sono:

1. **Helmholtz (fine 800')** → la visione è analoga a un processo di ragionamento induttivo di natura probabilistica
2. **Psicologia della Gestalt (primi decenni 900')** → organizzazione spontanea di un campo di forze
3. **Approccio ecologico (seconda metà 900')** → forma di sintonizzazione con l'info ottica
4. **Sintesi (primi decenni del 21° secolo)** → interfaccia illusoria ma adattiva che viene usata per interagire con l'ambiente

1) HELMHOLTZ: PERCEZIONE COME INFERENZA INDUTTIVA E OTTICA INVERSA

A cosa serve la visione? A costruire una rappresentazione dell'ambiente fisico e questo lavoro di costruzione del mondo percepito corrisponde a risolvere un problema di OTTICA INVERSA.

OTTICA DIRETTA = percorso logico che considera la struttura della luce dall'ambiente all'occhio → a partire dalle caratteristiche fisiche dell'ambiente, è possibile determinare come queste saranno rispecchiate nella struttura della luce e di conseguenza sulla retina di un osservatore

HERMAN VON HELMHOLTZ (1821 - 1894)

- Inventore dell'oftalmoscopio
- Sviluppo metodo per misurare velocità impulso nervoso
- Teoria tricromatica della visione del colore
- Ricerche sulla visione binoculare
- "Trattato di ottica fisiologica" una delle pietre miliari della scienza della visione

OTTICA INVERSA = percezione visiva, partendo dalla proiezione sulla retina cerca di rappresentare la struttura dell'oggetto nell'ambiente → a partire dalla soluzione si cerca di ricostruire il dato di partenza → idea nata da Helmholtz nel suo "Trattato di ottica fisiologica".

H diceva che i percetti possono essere risultati riteneva che lo studio della percezione appartiene al dominio della psicologia.

La natura dell'attività psichica responsabile è l'equivalente di una **CONCLUSIONE INCONSCIA** → conclusione a cui la mente arriva attraverso un processo inconscio di inferenza riguardo alla possibile causa ambientale dell'effetto sensoriale prodotto da uno stimolo → idea ancora oggi alla base del modello standard della visione = modello adottato dalla maggior parte dei ricercatori in molti settori diversi no

Gregory ha suggerito, sulla base delle idee di H, che il sistema visivo si comporti con qualcosa sulla struttura fisica dell'ambiente e le confronta con i dati che ottiene dai segnali sensoriali di volta in volta disponibili.

Se la percezione è la soluzione di un problema di ottica inversa, questa soluzione non può essere basata sui soli dati sensoriali ma richiede informazioni aggiuntive.

Esempio percezione grandezza oggetto → Se per determinare la grandezza di una moneta ci si basa sul dato dell'angolo visivo, questo non basta perché lo stesso angolo visivo potrebbe dipendere da una moneta piccola ma vicina, o più grande ma più lontana, o ancora più grande ma ancora più lontana. H aveva presente questo problema differenze con senso di senso integrati da aspettative, regole e conoscenze già presenti nel sistema in qualche forma, o derivate dall'esperienza → caso moneta → Il sistema visivo può

avere accumulato scienze sulla gamma di grandezze tipiche e le usi per ridurre lo spazio delle possibili soluzioni

Secondo H il principio generale esplicito su ogni virgola ma in generale anche le condizioni di osservazione: "percepite dovuto sedere per produrre le stesse impressioni sul meccanismo nervoso, se gli occhi fossero stati usati nelle normali condizioni ordinarie" → nelle teorie moderne questo concetto è chiamato

ASSUNZIONE DI NON-ACCIDENTALITÀ DEL PDV

Nelle teorie governano quello la percezione è il risultato di un processo inferenziale, che tiene conto dell'informazione ottica disponibile ma la interpreta tenendo conto di conoscenze o assunzioni già presenti nell'organismo.

Forma di ragionamento induttivo → è una inferenza basata su premesse che sono coerenti con una conclusione, ma che non ne implicano necessariamente la verità, per questo la soluzione al problema di ottica inversa è di natura **PROBABILISTICA** → l'informazione ottica è disponibile a un punto di vista è quasi sempre compatibile con molti Stati di cose diversi nell'ambiente. Dato però che la struttura dell'ambiente non è arbitraria, ma è caratterizzata da vincoli fisici e biologici, queste possibilità di interpretazione non sono tutte ugualmente probabili → nel nostro ambiente maggiore probabilità che la luce venga dall'alto



La visione può essere quindi considerata come l'analogo di un processo che cerca di inferire le cause fisiche più probabili per gli stimoli di volta in volta disponibili.

Un modo di formalizzare le idee di H potrebbe essere il **TEOREMA DI BAYES** (Teorema di probabilità delle cause = uno dei fondamentali per il calcolo delle probabilità)

Consente di calcolare a ritroso la probabilità p di un evento A (la causa), se è noto che un altro evento B si è verificato → probabilità condizionata $p(A|B) =$ probabilità di A se è noto B (/ non è diviso).

Problema percezione visiva:

- A = uno dei possibili stati di cose ambientali
- B = info disponibile
- Probabilità condizionata è proporzionale al prodotto fra $p(B|A)$ e $p(A)$
- Primo termine = verosimiglianza = rappresenta quanto è plausibile che l'effetto derivi dalla causa
- Secondo termine = probabilità a priori = corrisponde a quanto è plausibile A in assoluto (se non ci fosse B)

Usando questo teorema è possibile calcolare una probabilità a posteriori per ogni possibile stato di cose ambientale, data l'informazione disponibile, utilizzando stime della verosimiglianza di quell'informazione rispetto a ogni Stato ambientale considerato virgola e della sua probabilità a priori. La soluzione percettiva prevista e quindi l'interpretazione a cui è associata la probabilità a posteriore più alta.

2) LA GESTALT: PERCEZIONE COME ORGANIZZAZIONE SPONTANEA

Per la Gestalt il problema fondamentale dello studio della visione è il primo aspetto della domanda di Koffka = problema del costruirsi del mondo dei percetti. Problema dell'ottica inversa per loro era un problema secondario.

I gestaltisti ritengono che la percezione visiva non sia un processo raziomorfo, ma che assomigli a un processo di **ORGANIZZAZIONE SPONTANEA** in un campo di forze.

Il tentativo più compiuto di delineare questa concezione del processo percettivo si deve a Kohler e al saggio in cui descrive fenomeni gestaltici come il risultato dell'organizzazione spontanea di un sistema fisico.

Due fattori importanti che attirarono l'attenzione della comunità scientifica sulle idee della Gestalt furono la pubblicazione dello studio di **Wertheimer** sul FENOMENO PHI nel movimento apparente e le prime osservazioni sempre di W sulle leggi dell'organizzazione percettiva.

FENOMENO PHI

Se si presentano due stimoli luminosi A e B in due posizioni diverse a una distanza fissa variando l'intervallo fra la presentazione dei due stimoli se hanno tre rendimenti percettivi diversi:

1. con intervalli brevissimi si percepisce la comparsa di A e B assieme = simultaneità
2. Con intervalli lunghi si percepisce la comparsa di A in un punto, e successivamente la comparsa di B nell'altro = successione
3. In una gamma di intervalli intermedi si percepisce un unico oggetto che si sposta dalla posizione A alla posizione B = movimento apparente

W Si accorse che al confine fra i regimi temporali che generano simultaneità e quelli che generano movimenti apparenti esiste una finestra di tempo in cui si vedono A e B assieme, stazionari, ma si vede anche un puro movimento da A a B.

- **SOA = stimulus onset asynchrony**, asincronia fra la comparsa degli stimoli, ossia il ritardo fra la comparsa del secondo e del primo
- **ISI = interstimulus interval**, tempo che intercorre fra comparsa del primo e del secondo

Nel caso del movimento le leggi gestiste determinano a seconda delle condizioni la percezione di elementi stazionari, del movimento puro sovrapposto a elementi stazionari, o la percezione di un elemento in movimento. I gestaltisti rifiutavano l'idea, presente in Helmholtz, secondo la quale la percezione procede in due stadi distinti: uno stadio iniziale in cui viene codificata l'informazione in ingresso e un secondo stadio in cui questa viene interpretata grazie all'inferenza inconscia. L'idea della visione a due stadi si ritrova nella distinzione fra sensazione e percezione presente ancora oggi. Per molti ricercatori tuttavia questa distinzione è problematica ed è stata proprio la psicologia della Gestalt a richiamare l'attenzione su questo problema.

Il tentativo più ambizioso di descrivere l'organizzazione olistica che caratterizza la percezione è il lavoro di Kohler in cui proponeva di mostrare che i fenomeni gestaltici possono essere descritti come sistemi fisici il cui stato dipende da un campo di forze.

In questi sistemi l'interdipendenza fra gli elementi del campo è tale da far sì che qualsiasi modifica locale influenza tutte le altre parti del sistema modificandone lo stato globale; il cambio di Stato globale a sua volta determina dunque lo stato delle parti. Ehi riteneva che il sistema visivo potesse essere considerato come un sistema biologico che si organizza spontaneamente in funzione di interazioni globali di campo.

K svolse esperimenti usando tecniche elettroencefalografiche nel tentativo di corroborare l'ipotesi che il flusso di corrente elettrica nel cervello potesse essere messo in relazione con specifici effetti percettivi → risultati furono confutati da Lashley

E i colleghi inserirono strisce metalliche in regioni estese della corteccia di scimmie, verificando che queste rimanevano in grado di svolgere compiti di discriminazione di forme. Ehi dato che le strisce metalliche

avrebbero dovuto produrre un cortocircuito nel flusso elettrico corticale questo risultato appariva incompatibile con la teoria di campo.

3) L'APPROCCIO ECOLOGICO: PERCEZIONE COME SINTONIZZAZIONE

Questo approccio si deve ai coniugi Gibson.

HP DELLA PERCEZIONE DIRETTA = la visione consiste nel raccogliere l'informazione ottica disponibile nell'ambiente, senza la mediazione di ulteriori processi di natura organizzativa o interpretativa → la percezione diretta è uno schema teorico **NON COSTRUTTIVISTA** → il costruirsi dei percetti non richiede che l'informazione sia integrata da conoscenza a priori o regole interne di organizzazione.

Gli approcci neohelmholtziani e neogestaltisti sono costruttivisti → i percetti sono costruiti nella mente sulla base dell'info ottica e nodi vincoli interni.

Psicologhe Michaels e Carello → la visione non è qualcosa che avviene nel sistema visivo ma nel sistema organismo – ambiente. L'analisi del processo visivo deve iniziare con lo studio dell'informazione ottica potenzialmente disponibile ossia della struttura spazio-temporale dell'assetto ottico.

Gibson dice che l'informazione ottica è ricca e adeguata per specificare le proprietà dell'ambiente rilevanti per il comportamento. propone quindi che la visione non sia altro che un'attività di raccolta di queste informazioni una sorta di sintonizzazione dei sistemi percettivi ma e dei sistemi di azione nei confronti dell'informazione ambientale, senza ulteriori mediazioni. Lo scopo della visione non è quello di risolvere problemi di ottica inversa, ma quello di interagire in modo adattativo con l'ambiente raccogliendo attivamente l'informazione che specifica le proprietà rilevanti per questa interazione = **REALISMO ECOLOGICO**

Secondo Gibson, l'attività di raccolta delle info assomiglia alla **SINTONIZZAZIONE** di uno strumento-ricevitore rispetto all'info veicolata da una modulazione di energia → visione = sintonizzazione dell'organismo rispetto ai segnali ambientali, attraverso l'esplorazione attiva dell'info ottica disponibile.

Quando la sintonizzazione riesce, l'organismo semplicemente risuona a quell'informazione senza ulteriori mediazioni computazioni o rappresentazioni interne.

Da un lato è stato riconosciuto il marito di Gibson di aver riferito oggetto di stimolo e di analizzare le informazioni disponibile in condizioni naturali per lo studio delle funzioni visive. Dall'altro lato, veniva accusato di sottostimare la complessità delle computazioni biologiche che il cervello deve effettuare perché ci sia visione. Secondo questa critica un meccanismo di questo tipo potrebbe funzionare per le risposte a caratteristiche locali come il contrasto e l'orientazione, ma non per i processi coinvolti nella percezione delle caratteristiche globali degli oggetti per la quale è necessaria una computazione biologica complessa e di natura integrativa.

Runeson ha ipotizzato che i meccanismi percettivi trascinare a una classe particolare di strumenti chiamati SMART = strumento in grado di risolvere un problema complesso grazie a una procedura analogica virgola che non richiede operazioni di calcolo da eseguire secondo precise sequenze né la registrazione dei risultati di queste nel corso del calcolo.

PLANIMETRO POLARE → è in grado di misurare l'area di qualsiasi superficie piano anche in forma complessa senza fare alcun calcolo

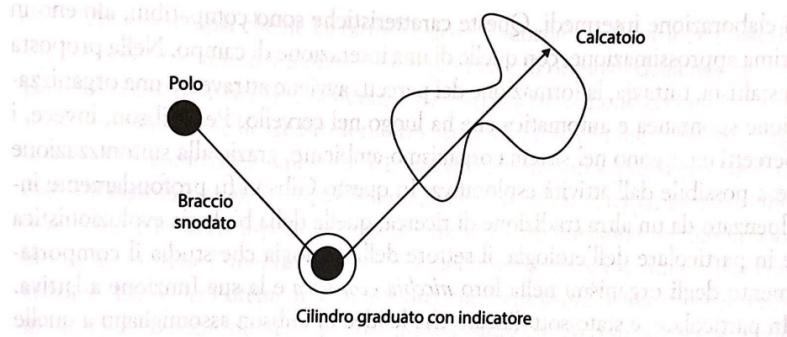


fig. 5.3. Il planimetro polare o planimetro di Amsler consiste in un braccio snodato con un'estremità (il polo) che viene fissata sul foglio dove è disegnata la forma di cui si vuole misurare l'area, mentre l'altra estremità (il calcatoio) viene spostata lungo tutto il contorno. Il movimento del braccio fa girare una rotella che poggia sul piano di lavoro e aziona un indicatore su un cilindro graduato, su cui si legge un numero proporzionale all'area.

L'approccio ecologico assume che anche per proprietà di alto livello, la percezione consiste nella raccolta delle informazioni rilevanti, che sarebbero specificate da invarianti di ordine superiore, e che questa raccolta sia effettuata grazie alla sintonizzazione dell'organismo rispetto all'ambiente.

L'idea di Gibson ha alcuni punti in comune con quella gestaltista essendo lui stato influenzato, nella sua fase iniziale da Koffka. In particolare, l'analogia della percezione come sintonizzazione presuppone interazioni fra variabili continue a livello globale, senza stadi di elaborazione intermedi e queste caratteristiche sono compatibili almeno in prima approssimazione, con quelle di una interazione di campo.

Nella proposta gestaltista, però, la formazione dei percetti avviene attraverso una organizzazione spontanea è automatica che ha luogo nel cervello. Per Gibson, i percetti emergono nel sistema organismo ambiente, grazie alla sintonizzazione resa possibile dall'attività esplorativa. In questo G fu fortemente influenzato dalla biologia evoluzionistica e dall'etologia (studio comportamento organismi nella loro nicchia ecologica e la funzione adattativa).

4) UNA SINTESI CONTEMPORANEA: PERCEZIONE COME INTERFACCIA

Sintesi di alcuni elementi delle 3 proposte precedenti, inserita però in uno schema teorico diverso. Proposta di **Hoffman** nel suo libro "The case against reality".

Secondo questa proposta, la percezione visiva non rappresenta le proprietà dell'ambiente fisico, ma genera l'equivalente di una interfaccia ottica semplificata fra un utente, l'organismo e quell'ambiente = **TEORIA DELL'INTERFACCIA**.

Koenderink definisce la percezione come interfaccia come un sistema che ha tre funzioni principali:

1. scollegare l'utente da un collegamento diretto con l'ambiente e collegarlo con un suo sottoinsieme definito dalle relazioni causali naturali fra organismo e ambiente
2. risparmiare all'utente di dover conoscere aspetti del mondo che non sono rilevanti per l'interazione
3. fare sì che l'interazione immediata dall'interfaccia sia semplice, fluida ed efficace

Dato che l'utente interagisce non con l'ambiente fisico ma con l'interfaccia, questa è **illusoria**. Allo stesso tempo è però **adattiva** in quanto garantisce che l'utente abbia l'informazione che gli serve e gli evita di sprecare risorse per acquisire informazione non necessaria.

Secondo la proposta di Hoffman la percezione visiva è un processo cognitivo che si è evoluto per consentirci di interagire col mondo, non di conoscerne la vera struttura: la percezione è quindi illusoria.

Dato però che consente di interagire con il mondo in modo adattivo, è reale → realtà che non è da definire in termini fisici, ma in termini di fitness o valore adattivo = successo riproduttivo associato a una caratteristica di un organismo in un ambiente, quantificabile con la probabilità che la caratteristica considerata lasci copie di sé stessa alle generazioni successive.

La natura illusoria è un vantaggio non un difetto.

In Gibson raccogliere l'info visiva significa sintonizzarsi su proprietà fisiche dell'ambiente specificate da info ottica, mentre nell'hp di Hoffman la percezione non ha lo scopo di metterci in contatto con aspetti del mondo fisico, ma di massimizzare la fitness di un processo che consente di interagire con esso. Inoltre, per H questo processo non è diretto come per G.

La proposta di H è uno **SCHEMA TEORICO COSTRUTTIVISTA**, però a differenza della proposta di Helmholtz, l'attività costruttiva si riferisce al costruirsi dell'interfaccia e non alla soluzione di un problema di ottica inversa.

Tale attività corrisponde a una forma di inferenza induttiva basata su funzioni che massimizzano la fitness.

POSSIBILI DOMANDE PREAPPELLO BRUNO

1. Descrivere le leggi psicofisiche di Weber, Fechner e Stevens discutendo somiglianze e differenze

$$\text{Legge di Weber } K = \frac{\Delta I}{I}$$

La legge postula che la sensibilità di un sistema sensoriale sia inversamente proporzionale all'intensità dello stimolo di riferimento. Questa legge è una generalizzazione empirica perché risulta vera nella maggior parte dei casi e per la maggior parte dei canali sensoriali ma non vale per intensità molto alte o molto basse.

$$\text{Legge di Weber-Fechner } S = c \log(I) \quad C = \frac{1}{\log(1+K)}$$

Fechner si rese conto che se la legge di Weber è corretta, allora il modello matematico che meglio descrive questa relazione è una curva accelerata negativamente perché cresce rapidamente quando I è piccolo e poi tende a rallentare man mano che I cresce. Fechner modifica quindi la formula trasformandola in una funzione logaritmica, mentre la legge di Weber corrispondeva l'equazione di una retta.

Questa nuova formula descrive meglio il fatto che al progredire di S (sensazione) corrisponde una crescita geometrica di I .

L'equazione di Weber – Fechner è un primo esempio di equazione psicofisica in quanto mette in relazione la capacità discriminativa con l'intensità dello stimolo presentato.

Entrambe queste leggi fanno parte della psicofisica indiretta in quanto non si misura direttamente la sensazione del soggetto ma si studia il suo comportamento discriminativo dal quale si ricavano delle soglie.

$$\text{Legge di Stevens } S = u * I^a$$

Stevens sviluppa una formula di psicofisica diretta in cui la forma della funzione psicofisica non viene ricavata indirettamente studiando la capacità discriminativa ma chiedendo direttamente ai partecipanti di quantificare l'intensità della stimolazione.

Stevens sviluppò quindi una legge psicofisica che vale per tutta la sensorialità (a differenza della legge di Weber - Fechner) e che non è una funzione logaritmica ma di potenza secondo cui la sensazione è proporzionale all'intensità dello stimolo elevata a un esponente a caratteristico della modalità sensoriale. Questa funzione non prevede una sola curva ma una famiglia di curve.

2. Spiegare cosa è un grating (reticolo) facendo riferimenti ai concetti di contrasto, frequenza spaziale, orientazione e fase. Quindi dare un esempio di utilizzo di questo particolare stimolo in psicofisica della visione

I grating sono uno stimolo molto usato in psicofisica perché permette di studiare l'effetto congiunto del contrasto fisico e della frequenza spaziale sul contrasto percepito. I grating sono stimoli costituiti da barre di uguale orientazione che si ripetono ciclicamente dei quali può essere variato

- Profilo di luminanza → alto o basso contrasto che varia solo lungo la dimensione acromatica (asse delle y quindi più alta l'onda maggiore luminanza e contrasto fisico)
- Frequenza spaziale → numero di cicli per unità di spazio (alta frequenza significa che le barre verticali sono più vicine tra loro)

Tramite i grating viene quindi valutata la sensibilità al contrasto = rispetto a quale livello di contrasto e frequenza spaziale non si distingue più questo stimolo da uno sfondo grigio omogeneo.

Un'onda sinusoidale è descritta da 3 parametri:

- Fase = punto in cui inizia
- Frequenza = numero di cicli per unità di spazio o tempo
- Ampiezza = differenza fra il massimo e il minimo in ordinata

Nel caso del grating, l'ordinata rappresenta lo spazio lungo una sola direzione, l'ascissa rappresenta la luminanza, la frequenza misura il numero di cicli per unità di spazio (cicli/grado di angolo visivo).

Non solo frequenza spaziale e contrasto sono importanti in un grating, ma anche l'orientazione → è stato visto che a parità di frequenza spaziale la sensibilità al contrasto è migliore per variazioni di luminanza in orizzontale e verticale rispetto a quelle oblique

L'utilizzo dei grating è molto utile per ottenere la CFS (la funzione di sensibilità al contrasto)

3. Criticare l'analogia tra macchina fotografica e occhio, facendo riferimento alla struttura della retina e al fenomeno Craik-O'Brien

L'occhio viene spesso descritto in analogia alla macchina fotografica ma questa analogia in parte non è corretta. Infatti, sia la macchina fotografica che l'occhio presentano un'apertura, nel caso dell'occhio è la pupilla, attraverso cui passa la luce. La luce passa poi attraverso una camera oscura per poi essere proiettata sul fondo dell'occhio o della macchina fotografica (retina/pellicola). Sia macchina fotografica che occhio hanno due lenti:

- La prima è quella attraverso cui passa la luce ed è un meccanismo modificabile per variare la quantità di luce in ingresso. Per l'occhio è la pupilla che si contrae o espande grazie ai muscoli dell'iride, mentre per la macchina fotografica è il diaframma
- La seconda lente è quella che si modifica per variare la messa a fuoco. Per l'occhio è il cristallino

Queste somiglianze fanno pensare che la funzione dell'occhio sia quella di registrare un'immagine come avviene nella macchina fotografica. Questo però non avviene in quanto la visione è influenzata in primo luogo dallo stimolo iniziale che viene elaborato inizialmente da processi di basso livello che analizzano caratteristiche base come contrasto, frequenza spaziale, orientazione e movimento a livello locale. Queste caratteristiche vengono poi integrate da processi di livello intermedio per dare un percepito di tipo globale. La percezione è influenzata però anche da processi di alto livello, come memoria, attenzione e conoscenze pregresse. L'immagine generata dall'occhio non è quindi una istantanea ma è il risultato di un processo di elaborazione molto complesso.

L'effetto COCE è una dimostrazione di questa elaborazione visiva. In questo effetto si percepiscono due rettangoli di grigi diversi ma quando si copre la zona centrale di percepisce un grigio omogeneo. Questo dimostra che il sistema visivo non analizza una informazione, in questo caso il contrasto cromatico, in modo assoluto, come fa una macchina fotografica, ma attua una elaborazione differente a seconda della scala spaziale su cui avviene il cambiamento:

- Cambiamento graduale avviene su scala spaziale grande quindi non viene percepito
- Cambiamento brusco avviene su scala spaziale piccola, quindi, viene percepito → le cellule gangliari sono stimolate allo stesso moto in centro e in periferia, quindi, non rispondono tranne nella zona centrale in cui c'è un segnale di contrasto rilevabile

4. Una fonte di informazione spaziale è la parallasse di movimento. Spiegare cos'è, facendo riferimento alla geometria dei movimenti sulla retina in funzione della fissazione e dei movimenti nello spazio

La parallasse di movimento indica le trasformazioni ottiche che si verificano nell'assetto ottico come conseguenza di un cambiamento di posizione del pdv. La parallasse è un indicatore importante per la percezione delle distanze. Nel caso in cui un oggetto sia in fovea, il movimento del soggetto non modifica la

proiezione di quell'oggetto che rimarrà comunque in fovea passando da t0 a t1 quindi si muoverà insieme al soggetto. Nel caso invece degli oggetti che non sono in fovea, questi subiscono dei cambiamenti:

- Gli oggetti tra il soggetto e il punto di fissazione si muoveranno nella direzione opposta a quella di movimento
- Gli oggetti più lontani dal punto di fissazione si muoveranno nella stessa direzione di movimento del soggetto

Gli spostamenti degli oggetti sulla retina seguono i principi di disparità retinica per cui l'oggetto a t0 in fovea rimarrà in fovea anche a t1:

- La proiezione dell'oggetto vicino al t0 è più temporale e a t1 sarà in una posizione meno temporale
- L'oggetto più lontano a t0 è in posizione più nasale e a t1 lo è meno

Una manifestazione globale della parallasse di movimento è il flusso ottico che comprende i movimenti dell'assetto ottico in senso globale rispetto al soggetto che si muove in avanti o indietro di solito.

5. Descrivere l'effetto barber pole nella percezione del movimento. Quindi spiegare le implicazioni per la percezione del movimento, in riferimento al problema dell'apertura e in relazione agli esperimenti sul movimento percepito nei plaid

L'effetto Barber Pole dimostra che nella maggior parte dei casi non si può prevedere quale sarà il movimento percepito solamente utilizzando informazioni di tipo locale. Nel caso di questo effetto il palo ruota in senso orizzontale e il movimento percepito non è quello nella direzione ortogonale all'orientazione del segmento, al contrario si percepisce un movimento verso l'alto.

Questo avviene perché prevalgono i segnali dei terminatori i quali scivolano sui bordi del palo andando verso l'alto e di conseguenza viene percepito un movimento globale verso l'alto.

Da questo effetto si deduce che il sistema non fa semplicemente una media dei segnali locali senza considerare le caratteristiche strutturali dello stimolo.

Come avviene l'elaborazione del movimento globale emerge anche dagli studi che utilizzano i plaid, uno stimolo in cui sono presenti due grating con orientazione diversa. A livello di V5 ci sono infatti alcune cellule che analizzano i movimenti locali come quelle di V1 (quindi percepiscono le componenti ortogonali = component selective), ma ci sono anche altre cellule che invece rispondono a una somma delle due componenti (pattern selective)

6. Spiegare cosa si intende per canali opposenti nella codifica del segnale cromatico. In particolare, spiegare come i canali opposenti trasformano il segnale dei coni e come sono fatti i campi recettivi del genicolato che hanno una organizzazione opponente per i colori

La percezione del colore è resa possibile dal fatto che sono presenti 3 tipologie di coni, C-M-L sensibili rispettivamente a lunghezze d'onda corte, medie e lunghe ($c =$ tra 400 e 500, $m =$ tra 500 e 600, $l =$ tra 500 e 700). La presenza di queste 3 tipologie implica che per ogni porzione della retina ci sia un segnale proveniente dai coni che è una tripletta di attivazione e questo determina un sistema visivo tricromatico (dimostrato da Maxwell con il paradigma dell'uguagliamento metamerico). Dai 3 tipi di cono si passa poi alle cellule gangliari in cui si originano 3 canali distinti che rappresentano 3 dimensioni opposte:

- L+M
- L-M (rosso-verde)
- S - (L + M) (giallo-blu)

Si ritiene che questo passaggio sia necessario per distinguere maggiormente i canali M e L le cui sensibilità sono altamente sovrapponibili.

Nel NGL poi questi 3 canali oppONENTI corrispondono a cellule con campo recettivo circolare con organizzazione centro-periferia con opponenza cromatica → se centro on il centro è eccitatorio per uno dei termini della sottrazione (es S) e la periferia inibita per l'altro termine della sottrazione (- (L+M))

- Via magno codifica la luminanza
- La via parvo codifica l'opponenza L-M
- La via konio codifica l'opponenza S – (L+M)

Successivamente in V1 il colore è analizzato all'interno di strutture chiamate Blob.

**7. Spiegare cos'è la funzione di sensibilità al contrasto, come si misura e cosa ci dice sul sistema visivo.
Potete aiutarvi con un grafico se lo ritenete utile, ma anche una spiegazione verbale va bene**

Attraverso i metodi psicofisici può essere studiata la relazione tra contrasto fisico e contrasto percepito e quindi ricavare la funzione che descrive la sensibilità al contrasto che è una visualizzazione della capacità globale di codificare il contrasto, per esempio tramite il metodo dell'aggiustamento (partecipante regola il contrasto del grating fino a quando non raggiunge la soglia).

La funzione della sensibilità al contrasto ha la forma di una U rovesciata. Usando gratings con frequenze spaziali diverse è stato misurato il contrasto soglia necessario per il loro riconoscimento rispetto a uno sfondo grigio omogeneo e l'inverso di questo valore soglia è stato messo nel grafico sull'asse delle y che rappresenta la sensibilità al contrasto. Sull'asse delle x è invece rappresentata la frequenza spaziale.

Emerge che la frequenza spaziale tale per cui la sensibilità è ottimale è per 4/5 cicli per grado e diminuisce per frequenze spaziali sia più alte che più basse.

La funzione della sensibilità al contrasto è molto utile sia in ambito clinico che nell'ambito della ricerca di base. Nell'uomo è possibile confrontare questa curva in vari periodi dello sviluppo per comprendere come la sensibilità al contrasto cambia durante lo sviluppo. È molto utile anche in studi di tipo comparativo per capire come cambia la sensibilità al contrasto a seconda della specie.

**8. Cos'è la sindrome della mano anarchica? In cosa differisce dal comportamento di utilizzazione?
Secondo Della Sala, quali indicazioni fornisce alla neuropsicologia cognitiva?**

La sindrome della mano anarchica è un raro disturbo neurologico caratterizzato dalla perdita di controllo di una delle due mani. L'arto anarchico è come se avesse una propria volontà, agisce ostacolando l'altra mano e in casi estremi può anche agire ledendo il soggetto. Questa sindrome differisce da quella della mano aliena in cui il paziente percepisce l'arto come non appartenente a lui e può sfociare in casi di auto-amputazione.

Una possibile spiegazione di questa sindrome è ritrovabile nella funzione della SMA (area motoria supplementare che è anche l'area lesionata in questa sindrome). La SMA si attiva principalmente quando si esegue un'azione in modo volontario e sarebbe la sede di meccanismi inibitori. L'area premotoria ha invece un'attivazione più generale e anche in risposta a stimoli ambientali.

Nel caso della mano anarchica una certa affordance attiva un certo piano motorio che dalla premotoria viene mandato a M1 per effettiva esecuzione. Dal momento che i meccanismi inibitori della SMA sono lesionati, il paziente non riuscirebbe ad inibire la risposta automatica elicitata dall'affordance.

Un'altra interpretazione è che i pazienti non abbiano una percezione corretta di agentività.

9. Illustrare le caratteristiche principali del modello proposto da Biederman. Quindi indicare brevemente un dato empirico a favore ed uno contrario a tale modello.

La teoria del riconoscimento proposta da Biederman fa parte delle teorie indipendenti dal pdv. B propone che il riconoscimento avvenga grazie a un confronto tra una descrizione strutturale dell'oggetto presente in memoria e la descrizione strutturale che deriva dalla stimolazione. Queste descrizioni strutturali riguardano la struttura 3D quindi includono le relazioni tra le varie parti ma non rappresentano le loro caratteristiche metriche.

B ha proposto inoltre che qualsiasi oggetto possa essere descritto da una serie di elementi volumetrici primitivi, chiamati geoni, (36 in totale) in relazione. Ogni oggetto è quindi descritto da più geoni indipendenti dal pdv. Il riconoscimento avverrebbe a seguito di una rotazione mentale della descrizione strutturale in memoria fino alla corrispondenza con quella della stimolazione.

Per costruire la rappresentazione di ogni geone bastano una serie di proprietà non accidentali codificate a livello intermedio e che rappresentano il formato in cui sono rappresentate le descrizioni strutturali in memoria e anche quelle degli stimoli.

Un dato a sostegno di questa teoria viene da vari esempi come l'illusione della sedia riducente in cui viene percepita una sedia unita invece che due parti separate. Un altro esempio è relativo alla proprietà della curvilinearità per cui se il uno stimolo è presente un contorno curvo, è probabile che anche l'oggetto sia curvo: da ogni pdv da cui si guarda una ruota di una bici, questa apparirà sempre curva tranne in una posizione speciale in cui si vede un margine rettilineo.

Un dato che contrasta con questo modello è il fatto che il riconoscimento, se sono presenti tutti i geoni, non dovrebbe essere problematico, anche se pdv diversi. Invece numerose ricerche hanno dimostrato che il riconoscimento peggiora man mano che ci si allontana dal pdv più canonico (ricerca di Tarr con greebles)

10. Cos'è il problema dell'apertura nella percezione del movimento? Cosa sappiamo sulle strategie e sul sostrato corticale coinvolti nella soluzione di questo problema?

Il problema dell'apertura è stato analizzato da Hans Wallach nella sua tesi di dottorato nel 1935. Questo problema si riferisce al fatto che se si vede un segmento apparentemente infinito muoversi attraverso un'apertura, non si percepisce il movimento reale, ma un movimento ortogonale all'orientazione del segmento.

L'apertura rende impossibile per il sistema visivo utilizzare tutte le sue informazioni, quindi, vengono usati solo processi di basso livello e in questo caso l'analisi è a carico dei rilevatori di Reichardt.

Per ogni punto di questo segmento infinito il movimento fisico del punto può essere espresso da una componente parallela e da una ortogonale all'orientazione. Dato che il segmento è omogeneo non ci sono discontinuità lungo la direzione in cui è orientato, ma solo in quella ortogonale. Un rilevatore di movimento vede quindi solo la componente ortogonale e non riesce a restituire una percezione del movimento realistica.

Nel caso in cui il segmento attraverso l'apertura abbia una fine, ci sono dei segnali che non sono ambigui e sono quelli dei terminatori: in questi punti la direzione rilevata corrisponde a quella reale di movimento

11. Spiegare cosa sono le disparità binoculari e quale tipo di informazione contengono sulla posizione nello spazio degli oggetti. Quindi discutere come si può dimostrare che la disparità è una condizione sufficiente per la stereopsis

La profondità e la posizione degli oggetti nello spazio sono valutate tramite l'analisi di informazione che provengono da entrambi gli occhi. Se il soggetto fissa un oggetto, la sua proiezione cadrà in fovea in entrambi gli occhi quindi in posizioni corrispondenti. Tutti i punti che cadono sull'oroptere (insieme di punti di forma semicircolare che vanno dal centro verso le periferie) avranno anch'essi proiezioni corrispondenti in entrambi gli occhi.

Per tutte le altre posizioni dello spazio valgono le informazioni relative alla disparità binoculare quindi il fatto che la proiezione dell'oggetto cadrà in punti non corrispondenti nei due occhi. Queste sono informazioni molto importanti per distinguere la struttura 3D e la loro collocazione nello spazio.

Tutti i punti che si trovano tra l'oggetto e il punto di fissazione hanno disparità crociata il che significa che cadranno in posizioni più temporali rispetto alla fovea e il movimento gli occhi dovrebbero fare per portare questo oggetto in fissazione sarebbe una convergenza.

Tutti i punti che si trovano oltre il punto di fissazione hanno disparità non crociata il che significa che cadranno in posizioni più nasali rispetto alla fovea e il movimento necessario per portare questi oggetti in fissazione sarebbe una divergenza.

Della disparità è importante non solo il segno ma anche la magnitudine che dà informazione sulla posizione relativa degli oggetti rispetto al punto di fissazione ma non dà informazioni sulla loro posizione assoluta nello spazio → più l'oggetto si avvicina più aumenta la distanza dalla fovea

La stereopsi è la capacità visiva di percepire profondità dello spazio tramite meccanismi binoculari.

Wheatstone dimostra che la disparità è una condizione necessaria per la stereopsi tramite l'utilizzo di streogrammi che sono coppie di immagini che vengono presentate diversamente ai due occhi. Questi stimoli possono essere visti solo tramite la visione binoculare perché in condizioni monoculari il soggetto non percepisce niente.

Bela Julesz dimostra invece che la disparità è una condizione sufficiente alla stereopsi tramite l'utilizzo di streogrammi di punti casuali.

12. Differenze tra funzione psicofisica e psicométrica

Una funzione psicométrica mette in relazione le intensità fisiche degli stimoli rispetto ad una distribuzione di riferimento (che si ricava da una serie di dati), va a misurare una soglia e il risultato è una curva a sigmoide.

La funzione psicofisica ha lo scopo di formulare leggi che vanno ad identificare i principi che legano determinati elementi tra loro e il risultato è una curva accelerata negativamente.

